



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Alimentaires



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité: Agroalimentaire et contrôle de qualité

Thème

**Effet de l'altitude sur les caractéristiques
physico-chimiques de l'huile d'olive des variétés
endémiques de Kabylie**

Encadré par

- M. FACI.M

Réalisé par

- AIT CHEKDHDH Ammar
- OSMANI Kenza

Soutenu le 02/ 07/ 2024, Devant le Jury:

- **Président** : M. SADOUDI.R

Maître de conférences classe A

- **Examineur** : M. MOUALEK.I

Maître de conférences classe A

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Dieu qui nous a donné le courage, la patience et la force nécessaires pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre plus grand respect et nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Monsieur FACI M, notre promoteur, pour sa précieuse guidance, ses conseils éclairés, et son soutien constant tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son expertise et sa disponibilité ont été des atouts inestimables pour mener à bien ce projet.

Nous remercions également chaleureusement Monsieur Saadoudi R et Monsieur Moualek I, les membres du jury, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire. Leur expertise et leurs remarques constructives ont grandement contribué à l'amélioration de ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à l'ensemble du personnel des laboratoires où les analyses ont été réalisées, pour leurs conseils et leur aide constants.

Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous les enseignants de la faculté d'agrobiologie pour leur soutien et leur enseignement tout au long de notre parcours académique.

Dédicace

À ma famille,

Vos encouragements et votre soutien indéfectible m'ont porté tout au long de ce parcours académique.

À mes amis,

Merci pour les moments de partage, de rire et de réconfort qui ont rendu cette aventure plus agréable.

À mes camarades de promotion,

Votre camaraderie et votre esprit de collaboration ont été une source d'inspiration et de motivation.

Cette œuvre est le fruit de nos efforts conjugués et de notre détermination.

Je vous dédie ce travail avec toute ma gratitude et mon affection.

Dédicace

A mes chers parents ;

À travers les hauts et les bas de la vie, vous avez été mes piliers, ma source de force et d'amour inconditionnel. Chaque succès que j'ai atteint est le reflet de vos sacrifices et de votre dévouement à me voir grandir et réussir. À travers ce travail, je vous rends hommage et vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi. C'est grâce à vous que je suis capable d'atteindre mes objectifs et de devenir la personne que je suis aujourd'hui.

À mes chers frères, Abdelkader, Nabil, Yanis et Lounes ;

À travers les années, vous avez été bien plus que des frères pour moi ; vous avez été mes guides, mes protecteurs et mes amis les plus proches. Merci pour votre présence constante, votre inspiration et votre amour inconditionnel. Je suis fière et reconnaissante d'avoir des grands frères aussi exceptionnels.

Je tiens à remercier infiniment la famille LOUNES pour leurs présence et soutien.

A mes amies ;

Numidia, Djamila, Melissa, Lyly, Ferroudja, Yasmine, Sylia, Ryma, Amina, vous avez été là pour moi avec vos mots d'encouragement, vos épaules sur lesquelles m'appuyer. Votre présence a fait toute la différence, et je suis profondément reconnaissante.

À tous mes camarades de promotion ; spécialement mon binôme Ammar.

Liste des abréviations

COI : Conseil Oléicole International

ITAF : Institut Technique Arboriculture Fruitière

ISO : Organisation Internationale de Standardisation

Tm1: Tazmalt 1

Tm2: Tazmalt 2

If1: Iferhounen 1

If2: Iferhounen 2

If3: Iferhounen 3

Se: Selloum

Ch1 : Cheurfa 1

Ch 2 : Cheurfa 2

Mch : M'chedallah

IP : Indice du peroxyde

P/N : Rapport pulpe/noyau.

A : acidité.

HR : Humidité relative.

Méq O2/kg : milliéquivalent d'oxygène par kilogramme

mg /kg : milligramme par kilogramme

°C : Degrés Celsius.

mm : millimètre

m : mètre

T/ha : tonne par hectares

nm : Nanomètre

g : gramme

Table des matières

Introduction	1
I Partie Bibliographique	2
1 Oléiculture	3
1 L'Oléiculture et l'Olivier : Une Histoire Millénaire	3
2 La Filière Oléicole Mondiale	4
3 L'oléiculture en Algérie	5
4 Répartition géographiques de l'olivier	5
4.1 Répartition mondial	5
4.2 Répartition en Algérie	7
5 L'oléiculture en Kabylie	7
6 Présentation de zone d'étude	8
6.1 La région de Tazmalt, Béjaïa	8
6.2 La région de Cheurfa, Béjaïa	9
6.3 La région de M'Chedallah, Bouira	9
6.4 La région de Selloum, Bouira	9
6.5 La région d'Iferhounen, Tizi Ouzou	9
7 Innovations technologiques et pratiques durables	10
8 Consommation mondiale d'huile d'olive	11
9 Défis et perspectives	12
2 Généralités sur l'olivier	13
1 L'olivier	13
1.1 Description d'olivier	13
2 Caractéristique morphologique	13
2.1 Système racinaire	13
2.2 Système aérien	14
2.3 L'olive	15
3 Classification et systématique d'olivier	16
4 Cycle de développement végétatif	17
4.1 Période de jeunesse (1 à 7ans)	17
4.2 Période d'entrée en production (7 à 35ans)	17
4.3 Période adulte (35 à 150 ans)	17
4.4 Période de sénescence (après 150 ans)	17
5 Cycle végétatif annuel	17
6 Variétés de l'olivier	18
7 Définition de l'huile d'olive	19

8	Différents types d'huile d'olive	20
8.1	Les huiles d'olives vierges	20
8.2	L'huile d'olive vierge raffinée	20
9	Composition chimique de l'huile d'olive	21
9.1	la fraction principale saponifiante	21
9.2	la fraction insaponifiable	22
3	Facteurs influencent sur la qualité de l'huile d'olive	25
1	Facteurs génétiques	25
2	Facteurs climatiques	25
2.1	Température	25
2.2	Pluviométrie	26
2.3	Sol	26
2.4	Lumière	27
2.5	Vent	28
3	Facteurs Géographique	28
3.1	Effet de l'altitude	28
4	Facteurs Agronomiques	29
4.1	Âge de l'arbre	29
4.2	Densité de plantation	29
4.3	Irrigation	29
4.4	Fertilisation	29
4.5	Variété d'olivier	30
4.6	La maturité des olives	30
5	Les Facteurs Technologiques	30
5.1	La récolte	31
5.2	Le transport	31
5.3	Le stockage	31
5.4	Effeillage et lavage	32
5.5	Le broyage	32
5.6	Le malaxage	32
5.7	Séparation solide/liquide	33
5.8	Séparation Huile/Eau	35
5.9	Le stockage de l'huile	35
II	Étude expérimentale	36
4	Matériels et méthodes	37
1	Échantillonnage	37
2	Indice de maturité	37
3	L'extraction	38
4	Analyses pomologiques	39
5	Acidité libre	40
6	Indice de peroxyde	40
7	Humidité	41
8	Dosage des polyphénols	41
9	Teneur en pigments	42

5 Résultats et discussions	43
1 Indice de maturité	43
2 Mesures pomologiques	44
2.1 Dimensions du fruit (longueur, largeur)	44
2.2 Poids de fruit	45
2.3 Rapport Pulpe/Noyau	45
3 Acidité libre	46
4 Indice de peroxyde	47
5 Humidité	48
6 Dosage des polyphénols	49
7 Teneur en pigments	50
7.1 Les chlorophylles	50
7.2 Les caroténoïdes	51
Conclusion	53

Table des figures

1 Le monde oléicole	6
2 Localisation des zones d'échantillonnage (Google earth,2024)	10
3 Le système racinaire d'olivier	14
4 Schéma d'un rameau fructifère de l'olivier. D'après Lousert et Brousse, 1978.	15
5 La morphologie du fruit	16
6 Type des sols convenables pour l'olivier (COI, 2013)	27
7 Un Oléidoseur (SIDL 20240- Ghiosonaccia)	38
8 Configuration de Mesure Pomologique pour les Olives	39
9 Les valeurs d'indice de maturité des olives	43
10 Les Dimensions des Olives	44
11 Variation du poids du fruit des olives.	45
12 Variation du rapport pulpe/noyau (P/N) des échantillons	46
13 Les valeurs d'acidité libre des huiles d'olive étudiées.	47
14 Les valeurs d'indice de peroxyde des huiles d'olive étudiées	48
15 Le pourcentage d'humidité des huiles étudiées	49
16 Teneur en polyphénol totaux des huiles d'olive	50
17 Teneur en chlorophylles en (mg/kg) des huiles étudiées.	51
18 Teneur en caroténoïdes en mg/kg des huiles étudiées	51

Liste des tableaux

1	Les principaux pays producteurs mondiaux	7
2	Production mondiale d'huile d'olive, surface cultivée et rendement moyen (2020-2023)	11
3	Consommation mondiale d'huile d'olive par région en 2023	11
4	La classification botanique de l'Olea europaea	16
5	Principales variétés d'olivier cultivées dans le monde (COI, 2013)	18
6	Principales variétés d'olivier cultivées en Algérie (Mendil & Sebai, 2006)	19
7	Norme d'acidité COI2019	21
8	Composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (COI, 2003)	22
9	Principaux triglycérides de l'huile d'olive (Ruiz-Gutiérrez et al., 1998a)	22
10	Besoins annuels de l'olivier en minéraux (Gazeau, 2012)	27
11	Coordonnées des régions d'échantillonnage	37
12	Coloration des olives au cours de la maturation	38

Introduction

L'olivier (*Olea europaea*) est une culture emblématique des régions méditerranéennes, cultivée depuis des millénaires pour ses fruits et son huile précieuse. Historiquement, l'huile d'olive a joué un rôle central non seulement dans l'alimentation, mais aussi dans les rites religieux, les médecines traditionnelles et les échanges commerciaux des populations méditerranéennes (Kiritsakis, 1998).

De nos jours, l'huile d'olive demeure un produit de grande valeur économique et culturelle, représentant une source majeure de revenus pour de nombreuses communautés rurales méditerranéennes. L'huile d'olive est riche en acides gras monoinsaturés, principalement l'acide oléique, ainsi qu'en composés phénoliques, flavonoïdes et autres antioxydants naturels. Ces composés jouent un rôle crucial dans la stabilité de l'huile et ses bienfaits pour la santé. Les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des phénols et des flavonoïdes contribuent à la prévention de diverses maladies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, les cancers et les troubles neurodégénératifs (Visioli & Galli, 2002).

La composition de l'huile d'olive est fortement influencée par une variété de facteurs agronomiques, technologiques et géoclimatiques. Les conditions de culture, telles que le type de sol, les pratiques de fertilisation et d'irrigation, et les techniques de récolte, peuvent affecter la qualité et la composition chimique de l'huile (Tous & Romero, 1994).

De même, les méthodes de transformation, y compris le type de presse utilisé et les conditions de stockage, jouent un rôle déterminant dans la préservation des composés bénéfiques de l'huile. Enfin, les caractéristiques géoclimatiques des vergers méditerranéens, comme l'altitude, la température et l'exposition au soleil, influencent significativement la teneur en acides gras et en antioxydants de l'huile d'olive (Inglese et al., 2002).

La région de Kabylie, en Algérie, est réputée pour ses oliviers et la qualité exceptionnelle de son huile d'olive. Les vergers oléicoles de Kabylie se distinguent par leur topographie unique, caractérisée par des montagnes et des vallées qui créent des microclimats variés. Cette diversité topographique influence les conditions de croissance des oliviers, et par conséquent, la composition de l'huile d'olive produite (Bengana et al., 2013).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de l'altitude sur la composition de l'huile d'olive dans les vergers oléicoles de Kabylie. En analysant les variations de la composition physico-chimique, cette recherche vise à mieux comprendre la relation entre les caractéristiques de la zone de culture sur la qualité de l'huile d'olive et à fournir des recommandations pour l'optimisation des pratiques agricoles et technologiques dans cette région.

Première partie
Partie Bibliographique

Chapitre 1

Oléiculture

1 L'Oléiculture et l'Olivier : Une Histoire Millénaire

L'oléiculture est l'une des plus anciennes et importantes arboricultures fruitières du monde. La culture de l'olivier (*Olea europaea*) a débuté il y a environ 6 000 ans dans le nord-est du Levant, couvrant des régions actuelles telles que l'Irak, la Syrie et la Palestine. Cette diffusion d'est en ouest à travers le bassin méditerranéen, caractérisée par la multiplication végétative des meilleurs cultivars, a été intimement liée à l'expansion des civilisations, aux migrations humaines et aux échanges économiques qui ont marqué l'histoire des Phéniciens, des Étrusques, des Grecs et des Romains (Terral et al., 2004).

L'olivier est profondément ancré dans les croyances et les symboles de nombreuses cultures, représentant la paix, la sagesse, la prospérité et la longévité. Ces valeurs symboliques ont contribué à la vénération de l'olivier dans diverses traditions religieuses et culturelles à travers les siècles. Par exemple, dans la mythologie grecque, l'olivier était consacré à Athéna, déesse de la sagesse, qui aurait offert cet arbre aux Athéniens comme symbole de paix et de prospérité. De plus, l'usage de l'huile d'olive dans les cérémonies religieuses et les rites sacrés a renforcé la place de l'olivier dans la vie spirituelle et culturelle des peuples méditerranéens (Morelli et al., 2020).

L'olivier est une espèce remarquablement rustique, capable de vivre plusieurs siècles, souvent jusqu'à 400 ans. Cet arbre robuste existait bien avant l'apparition de l'homme sur terre, des restes fossilisés de son ancêtre sauvage (*Olea sylvestris*) datant de 20 millions d'années ayant été découverts près de Livourne, en Toscane, en Italie. Par ailleurs, l'existence de l'olivier au paléolithique est attestée par la découverte de bois d'olivier datant de plus de 40 000 ans en Palestine, ainsi que de feuilles d'olivier fossilisées datant de 37 000 ans avant notre ère sur l'île de Santorin en Grèce. Ces découvertes témoignent de la longue et profonde histoire de l'olivier dans les civilisations méditerranéennes.

La domestication de l'olivier remonte, selon les archéologues, à une période comprise entre 5 700 et 5 200 ans avant notre ère (environ 3800 à 3200 avant J.-C.).

Des études archéo-biologiques et génétiques sur les populations d'oléastres (oliviers sauvages) et les variétés cultivées révèlent que cette domestication s'est produite indépendamment dans plusieurs régions du bassin méditerranéen, et probablement sur une longue durée. Cette sélection humaine visant à modifier certaines caractéristiques des plantes a conduit à l'apparition de l'olivier domestique, avec de nombreuses variétés régionales distinctes.

Les premières cultures d'olivier sont attestées en Palestine, en Syrie et en Phénicie. Cependant, c'est en Crète que l'olivier s'enracine véritablement et prospère. Sous le règne du roi Minos, les Crétois maîtrisaient déjà l'extraction de l'huile d'olive, comme en témoignent des tablettes d'argile datant de 2500 avant J.-C. Cette huile avait de multiples usages, allant de la consommation alimentaire à l'éclairage, et elle constituait un pilier de la civilisation grecque. Par ailleurs, certains auteurs suggèrent que les Phéniciens pourraient être les premiers cultivateurs de l'olivier. Des fresques découvertes dans les tombes royales égyptiennes montrent que l'olivier était également cultivé au temps des pharaons, il y a plus de 2000 ans avant l'ère chrétienne. Ces fresques révèlent non seulement l'importance économique et symbolique de l'olivier dans ces sociétés anciennes, mais aussi la diffusion de cette culture à travers les échanges commerciaux et les migrations de populations dans toute la région méditerranéenne (Gilbert et al., 2007).

L'oléiculture est l'une des plus anciennes et importantes arboricultures fruitières du monde.

La culture de l'olivier a débuté il y a environ 6 000 ans dans le nord-est du Levant, couvrant des régions actuelles telles que l'Irak, la Syrie et la Palestine. La diffusion de cette culture d'est en ouest à travers le bassin méditerranéen, caractérisée par la multiplication végétative des meilleurs cultivars, a été intimement liée à l'expansion des civilisations, aux migrations humaines et aux échanges économiques qui ont marqué l'histoire des Phéniciens, des Étrusques, des Grecs et des Romains (Terral et al., 2004).

L'olivier est profondément ancré dans les croyances et les symboles de nombreuses cultures, représentant la paix, la sagesse, la prospérité et la longévité. Ces valeurs symboliques ont contribué à la vénération de l'olivier dans diverses traditions religieuses et culturelles à travers les siècles. Par exemple, dans la mythologie grecque, l'olivier était consacré à Athéna, déesse de la sagesse, qui aurait offert cet arbre aux Athéniens comme symbole de paix et de prospérité (Terral et al., 2004). De plus, l'usage de l'huile d'olive dans les cérémonies religieuses et les rites sacrés a renforcé la place de l'olivier dans la vie spirituelle et culturelle des peuples méditerranéens (Morelli et al., 2020).

2 La Filière Oléicole Mondiale

L'oléiculture occupe une place prépondérante dans l'économie agricole de nombreux pays méditerranéens. En 2023, l'olivier représente environ 97% des plantations méditerranéennes et environ 95% de la production mondiale d'olives (COI, 2023).

La production d'huile d'olive est largement concentrée dans les pays du bassin méditerranéen et du sud de l'Europe, notamment l'Espagne, l'Italie, la Grèce et le Portugal, qui ensemble représentent environ 70% de la production mondiale (FAO, 2023).

Ces pays bénéficient de conditions climatiques favorables pour la culture de l'olivier, ce qui leur permet de produire des huiles d'olive de haute qualité. L'Espagne, par exemple, est le plus grand producteur mondial d'huile d'olive, avec une production annuelle dépassant 1,2 million de tonnes en 2022 (COI, 2023). L'Italie et la Grèce suivent avec des productions respectives de 300 000 et 200 000 tonnes.

L'oléiculture est une culture arboricole majeure en Méditerranée, couvrant environ 13 millions d'hectares en 2022 (FAO, 2023).

Ce secteur est vital pour l'économie régionale, employant des millions de personnes dans les exploitations agricoles, les moulins, les unités de conditionnement et les commerces. En outre, il contribue significativement au PIB agricole de nombreux pays méditerranéens, notamment en Espagne, en Italie et en Grèce.

L'industrie oléicole génère également des bénéfices considérables grâce à l'exportation d'huile d'olive vers les marchés internationaux, où la demande pour des produits de haute qualité, comme les huiles d'olive extra vierges et biologiques, est en constante augmentation. En 2022, la valeur des exportations mondiales d'huile d'olive a dépassé les 12 milliards de dollars (United Nations Comtrade, 2023).

Pour renforcer la compétitivité de ce secteur, les producteurs investissent de plus en plus dans des techniques agricoles durables et des innovations technologiques. Ces efforts visent à améliorer les rendements, à réduire l'impact environnemental et à répondre aux exigences croissantes des consommateurs en matière de qualité et de traçabilité des produits (Garcia & Lopez, 2023).

3 L'oléiculture en Algérie

L'oléiculture en Algérie est une tradition ancienne qui remonte à l'introduction de la plante par les Phéniciens en Afrique du Nord et en Algérie en particulier. Les pressoirs encore présents sur les hauts plateaux témoignent de cette activité millénaire (Mendil & Sebai, 2006).

Avec près de 34 739 080 oliviers occupant 5, 72% des terres agricoles du pays, l'oléiculture est la culture fruitière la plus répandue en Algérie. Selon les données du ministère de l'Agriculture, les surfaces oléicoles en Algérie ont presque triplé en dix-sept ans, passant de 170 000 hectares en 2000 à 487 000 hectares en 2017. (Orregia & Marinelli, 2017).

Cependant, la production d'huile d'olive est loin de suivre la croissance des surfaces cultivées, fluctuant en fonction des conditions climatiques et de l'entrée en production des jeunes oliveraies. Lors de la campagne 2003/2004, la production a culminé à environ 69 500 tonnes d'huile d'olive, avant de chuter à 21 500 tonnes en 2006/2007 (Hadjou et al., 2014).

En moyenne, la production d'huile d'olive en Algérie avoisinait 31 200 tonnes par an au cours de la décennie 1990/2000. Cependant, entre 2000 et 2017, la production a augmenté pour atteindre une moyenne de 41 500 tonnes par an, avec un pic de 83 000 tonnes en 2015/2016 (MADR 2017).

Sur le plan socio-économique, l'oléiculture algérienne est un pilier majeur de l'économie nationale. Elle représente une source de revenus essentielle pour plus de 800 000 agriculteurs et leurs familles, contribuant ainsi à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration du niveau de vie dans les zones rurales (Ben Miloud et al., 2021).

La filière oléicole génère environ 10 millions de journées de travail par an, participant ainsi à la lutte contre le chômage, notamment dans les régions rurales où les opportunités d'emploi sont limitées.

L'huile d'olive algérienne, réputée pour sa qualité, est de plus en plus exportée vers les marchés internationaux, générant ainsi des recettes importantes pour le pays. En 2022, les exportations d'huile d'olive ont atteint 14 000 tonnes, soit une valeur de 50 millions de dollars (MADR, 2023).

Cette performance témoigne du potentiel de cette filière à contribuer à la diversification de l'économie algérienne et à réduire sa dépendance aux hydrocarbures. Son rôle économique, l'oléiculture joue également un rôle social important en préservant le patrimoine culturel et les traditions liées à la culture de l'olivier. Les oliveraies, souvent transmises de génération en génération, constituent un élément central de l'identité rurale algérienne. De plus, l'oléiculture favorise la cohésion sociale en créant des liens entre les différents acteurs de la filière, des producteurs aux transformateurs et aux commerçants. Les fêtes et festivals liés à l'olive, tels que la Fête de l'olive de Tlemcen, rassemblent chaque année des milliers de personnes et contribuent à la promotion de la culture oléicole (Benzouche, 2018).

L'oléiculture en Algérie est bien plus qu'une simple activité agricole. Elle représente un levier de développement socio-économique, contribuant à la création d'emplois, à la sécurité alimentaire, à la diversification de l'économie, à la préservation du patrimoine culturel et à la promotion du tourisme rural. (MADR, 2017).

4 Répartition géographiques de l'olivier

4.1 Répartition mondiale

L'olivier est cultivé dans des zones géographiques où les précipitations annuelles moyennes sont de 350 à 400 mm, et les températures estivales atteignent 40°C. Cela correspond à la zone

tempérée située entre les 30e et 45e parallèles Nord et Sud. (Emberger, 1960).

La superficie mondiale consacrée à l'oléiculture était estimée à 11,6 millions d'hectares en 2022, avec plus de 1,2 milliard d'arbres (COI, 2023).

L'olivier, typiquement méditerranéen, compte environ 840 millions d'oliviers implantés en Méditerranée et 360 millions dans le reste du monde (COI, 2023).

La densité moyenne des oliveraies dans le monde est de 80 arbres par hectare, dont la variation est liée aux conditions climatiques, à la topographie et aux objectifs de production. Selon le COI la répartition mondiale de la superficie oléicole ,

65% reviennent aux pays de l'Union européenne (principalement Espagne, Italie, Grèce) ,
20% aux pays africains (principalement Tunisie, Maroc, Algérie),
10% aux pays du Moyen-Orient (principalement Turquie, Syrie),
et 5% aux pays du continent américain (principalement Argentine, États-Unis).

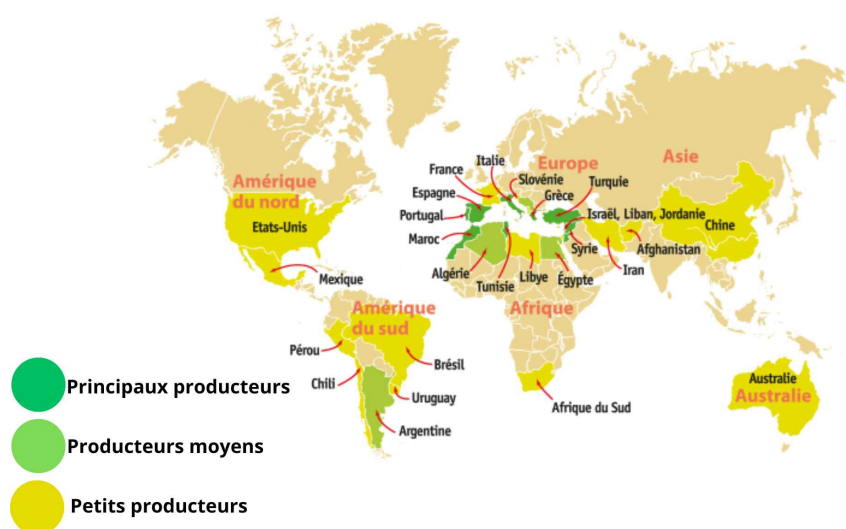


FIGURE 1 – Le monde oléicole

L'Espagne est le leader mondial de la production d'olives, suivie par l'Italie et la Grèce. (COI, 2023).

Ensemble, ces trois pays représentent plus de 60% de la production mondiale. Outre les pays européens, des pays comme la Turquie, la Tunisie et le Maroc jouent également un rôle important dans la production mondiale. De plus, des régions comme l'Amérique du Nord, l'Amérique du Sud, l'Australie et certaines parties de l'Asie ont développé leurs propres industries oléicoles, contribuant ainsi à la diversification géographique de la production.

	2021/22 (1000t)	2022/23 (1000t)	2023/24 (1000t)	2023/24 en %
Bassin de Production Occidental				
Espagne	1 492	666	766	15%
Italie	329	241	300	25%
Tunisie	240	180	200	11%
Portugal	206	126	150	19%
Maroc	190	107	106	-1%
Bassin de Production oriental				
Turquie	235	80	210	-45%
Grèce	232	345	200	-42%

TABLE 1 – Les principaux pays producteurs mondiaux .

4.2 Répartition en Algérie

L'oléiculture algérienne s'est considérablement développée au cours des dernières décennies. Selon les données les plus récentes du Ministère de l'agriculture et du Développement Rural (2023), la superficie oléicole nationale dépasse désormais les 450 000 hectares, , avec une estimation de 62 millions d'oliviers.

Cette croissance régulière a fait de l'Algérie l'un des principaux producteurs d'huile d'olive au monde, se classant au 7e rang international (Gani, 2023).

Cependant, la répartition géographique de l'oléiculture demeure irrégulière entre les différents territoires du pays. Les régions du nord, en particulier la Kabylie, concentrent toujours la majorité des oliveraies, héritage d'une tradition ancestrale et de conditions agroécologiques favorables. À titre d'exemple, les wilayas de Bejaia, Tizi-Ouzou et Bouira regroupent à elles seules près de 50% de la superficie oléicole nationale (Hadjou et al., 2013).

Néanmoins, des efforts sont déployés pour étendre la culture de l'olivier vers d'autres régions, notamment les Hauts Plateaux et les zones steppiques. Des programmes ambitieux de plantation ont été lancés, visant à atteindre une superficie totale de 900 000 hectares d'ici 2024 (Gani, 2023).

Cette expansion géographique s'accompagne de défis importants, notamment en termes d'adaptation variétale, de gestion de l'eau et de modernisation des techniques de production. L'oléiculture algérienne se trouve donc à un tournant de son histoire. Forte de son potentiel de production et de la qualité de ses huiles, elle aspire à renforcer sa position sur le marché mondial tout en préservant son patrimoine oléicole séculaire.

5 L'oléiculture en Kabylie

La Kabylie, région située au nord-est de l'Algérie, est l'une des principales zones oléicoles du pays, bénéficiant d'une tradition séculaire et de conditions agro-climatiques idéales. Les principales wilayas de Kabylie, à savoir Béjaïa, Tizi Ouzou et Bouira, abritent une grande proportion des oliveraies algériennes. En particulier, Béjaïa est reconnue comme le cœur de l'oléiculture kabyle, représentant environ 35% de la production nationale d'olives grâce à ses vastes étendues d'oliveraies et à des pratiques agricoles bien établies (Benmessaoud et al., 2020).

La topographie montagneuse de la Kabylie, combinée à un climat méditerranéen caractérisé par des hivers doux et humides et des étés chauds et secs, crée un environnement optimal pour la culture de l'olivier. Les oliveraies kabyles se trouvent souvent sur des terrains en terrasses,

une technique ancestrale qui maximise l'utilisation des terres et prévient l'érosion (Bensaïd et al., 2019).

Cette méthode de culture est particulièrement visible à Tizi Ouzou, où les oliveraies en terrasses couvrent les pentes des montagnes, exploitant ainsi au mieux le relief escarpé de la région. Tizi Ouzou est également réputée pour la diversité de ses variétés d'oliviers. Cette diversité génétique est un atout majeur, car elle permet de produire une huile d'olive aux profils organoleptiques variés et d'une qualité exceptionnelle. Les variétés locales telles que la "Chemlal" et la "Azzeradj" sont particulièrement prisées pour leurs caractéristiques spécifiques en termes de goût et d'arôme. (Mahmoudi et al., 2021).

Cependant, l'oléiculture en Kabylie n'est pas sans défis. La fragmentation des exploitations est l'un des principaux obstacles à une production efficace et compétitive. De nombreuses exploitations sont de petite taille, ce qui limite les économies d'échelle et complique l'accès aux technologies modernes et aux infrastructures de transformation (FAO, 2022).

Le vieillissement des oliviers, certains ayant plus de cent ans, pose également un problème de renouvellement des vergers. De plus, les techniques de récolte et de transformation, souvent artisanales, nécessitent une modernisation pour répondre aux exigences du marché international. Face à ces défis, des initiatives ont été mises en place pour soutenir les agriculteurs kabyles. Le ministère de l'agriculture et du Développement Rural a lancé des Programmes de subventions pour le renouvellement des plantations et l'acquisition d'équipements modernes. Des formations techniques sont également proposées pour améliorer les pratiques culturales et les techniques de transformation, avec un accent particulier sur la production d'huile d'olive biologique et de qualité supérieure (MADR, 2023).

6 Présentation de zone d'étude

La région de la Kabylie, située dans le nord de l'Algérie, est caractérisée par une grande diversité de conditions géographiques et plusieurs zones climatiques. Le littoral et la Kabylie maritime sont de climat méditerranéen. L'hiver y est plutôt doux comparé au reste de la région, avec une température de 15 °C en moyenne. La période estivale, rafraîchie par les vents marins, présente une température moyenne de 35 °C environ. Sur les hauteurs, le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures négatives et une neige abondante l'hiver et des étés très chauds, très secs, notamment vers le sud où la pluviométrie est moindre.

6.1 La région de Tazmalt, Béjaïa

La région de Tazmalt se situe dans la wilaya de Béjaïa, à environ 120 km à l'est d'Alger. Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, au sud par les monts Bibans, à l'est par la wilaya de Jijel et à l'ouest par la wilaya de Tizi Ouzou.

Elle se caractérise par un climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La température moyenne annuelle est de 17°C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 600 mm et une qualité du sol fertile et bien drainé. Il est principalement composé de calcaire et d'argile.

La région est également riche en minéraux, notamment en phosphate et en potasse, avec une pluviométrie relativement élevée, avec une moyenne annuelle de 600 mm. Les précipitations sont réparties de manière assez uniforme tout au long de l'année, avec un maximum en hiver et un minimum en été.

6.2 La région de Cheurfa, Béjaïa

La région de Cheurfa se situe dans la wilaya de Béjaïa, à environ 150 km à l'est d'Alger. Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, au sud par les monts Bibans, à l'est par la wilaya de Jijel et à l'ouest par la wilaya de Sétif.

Le climat de la région de Cheurfa est méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La température moyenne annuelle est de 17°C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 700 mm.

Le sol de la région de Cheurfa est fertile et bien drainé. Il est principalement composé de calcaire et d'argile.

La pluviométrie de la région de Cheurfa est relativement élevée, avec une moyenne annuelle de 700 mm. Les précipitations sont réparties de manière assez uniforme tout au long de l'année, avec un maximum en hiver et un minimum en été.

6.3 La région de M'Chedallah, Bouira

La région de M'Chedallah se situe dans la wilaya de Bouira, à environ 120 km à l'est d'Alger. Elle est entourée par les montagnes du Djurdjura au nord et à l'est, et par la plaine de la Mitidja à l'ouest.

Elle se caractérise par un climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers froids et humides. La température moyenne annuelle est de 15°C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 700 mm, principalement en automne et en hiver. Le sol de la région est généralement fertile, avec des compositions variées incluant du calcaire et de l'argile.

La région de M'Chedallah est également riche en ressources naturelles, notamment en eau grâce aux nombreux cours d'eau et sources provenant des montagnes environnantes. Les activités économiques principales incluent l'agriculture, avec une production notable d'olives, de figes et de céréales, ainsi que l'artisanat traditionnel.

6.4 La région de Selloum, Bouira

La région de Selloum se situe dans la wilaya de Bouira, à environ 100 km à l'est d'Alger. Elle est bordée au nord par la wilaya de Tizi Ouzou, au sud par les monts Bibans, à l'est par la wilaya de Béjaïa et à l'ouest par la wilaya de Médéa.

Elle se caractérise avec le climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La température moyenne annuelle est de 17°C.

Les précipitations annuelles moyennes sont de 600 mm, et une qualité du sol fertile et bien drainé. Il est principalement composé de calcaire et d'argile..

La pluviométrie de la région de Selloum est relativement élevée, avec une moyenne annuelle de 600 mm. Les précipitations sont réparties de manière assez uniforme tout au long de l'année, avec un maximum en hiver et un minimum en été.

6.5 La région d'Iferhounen, Tizi Ouzou

La région d'Iferhounen se situe dans la wilaya de Tizi Ouzou, à environ 70 km à l'est d'Alger. Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, au sud par les monts Djurdjura, à l'est par la wilaya de Béjaïa et à l'ouest par la wilaya de Bouira.

Elle se caractérise climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La température moyenne annuelle est de 16°C.

Les précipitations annuelles moyennes sont de 800 mm et une qualité du sol fertile et bien drainé. Il est principalement composé de calcaire et d'argile et une pluviométrie relativement élevée, avec une moyenne annuelle de 800 mm.

Les précipitations sont réparties de manière assez uniforme tout au long de l'année, avec un maximum en hiver et un minimum en été.

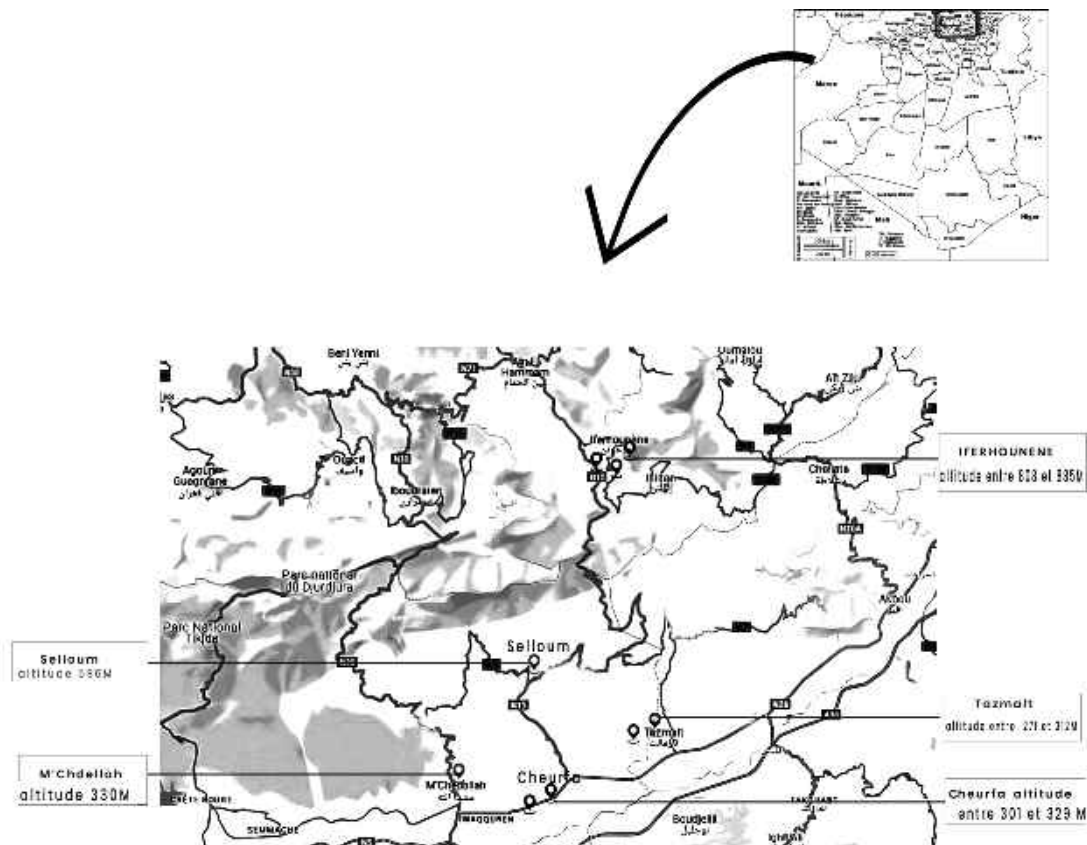


FIGURE 2 – Localisation des zones d'échantillonnage (Google earth,2024)

7 Innovations technologiques et pratiques durables

L'oléiculture a connu des progrès technologiques importants, ce qui a entraîné une amélioration de la productivité et de la durabilité. Selon [Gómez-Rico et al. \(2022\)](#), l'emploi de drones pour la surveillance des cultures permet de repérer les maladies et les parasites de manière précoce, ce qui permet de diminuer l'utilisation de pesticides et d'améliorer l'efficacité des traitements. En outre, les systèmes d'irrigation de haute précision, tels que l'irrigation goutte à goutte, permettent d'optimiser l'utilisation de l'eau, ce qui revêt une importance capitale dans les régions méditerranéennes souvent confrontées à la sécheresse.

Selon [Sanz-Cortés et al. \(2023\)](#) les pratiques agricoles durables comme la gestion intégrée des ravageurs (IPM), combinent des techniques biologiques, culturelles et chimiques afin de maintenir un contrôle durable sur les populations de ravageurs. L'oléiculture accorde également une grande importance à la diminution de son empreinte carbone, avec des initiatives comme la réutilisation des résidus de taille et la création de biogaz à partir des sous-produits de la production d'huile d'olive ([López-Bellido et al., 2022](#)).

Année	Production mondiale (tonnes)	Surface cultivée (hectares)	Rendement moyen (kg/ha)
2020	3 100 000	10 000 000	310
2021	3 000 000	10 200 000	294
2022	3 150 000	10 400 000	303
2023	3 200 000	10 500 000	305

TABLE 2 – Production mondiale d’huile d’olive, surface cultivée et rendement moyen (2020-2023)

8 Consommation mondiale d’huile d’olive

La consommation mondiale d’huile d’olive a connu une croissance significative au cours des dernières décennies, avec une expansion notable au-delà de ses marchés traditionnels.

En 2023, la consommation mondiale d’huile d’olive a été estimée à environ 3 millions de tonnes, montrant une augmentation continue par rapport aux années précédentes (FAO, 2023).

Cette augmentation est attribuée à plusieurs facteurs, dont la sensibilisation accrue aux bienfaits de l’huile d’olive pour la santé, la popularité croissante du régime méditerranéen, et les efforts de marketing des principaux producteurs et exportateurs. L’union Européenne (UE) reste le plus grand consommateur d’huile d’olive, représentant environ 60% de la consommation mondiale. Les principaux pays consommateurs au sein de l’UE sont l’Espagne, l’Italie, et la Grèce, où l’huile d’olive est un aliment de base. En 2023, la consommation totale dans l’UE a été estimée à environ 1,8 million de tonnes (COI, 2023). Les États-Unis, en tant que plus grand importateur d’huile d’olive en dehors de l’UE, ont une consommation estimée à environ 400 000 tonnes en 2023 (United States Department of Agriculture, 2023).

La popularité de l’huile d’olive aux États-Unis a augmenté en raison des campagnes de promotion, des recommandations nutritionnelles et des études sur les bienfaits pour la santé. Les pays du Moyen-Orient et de l’Afrique du Nord consomment également une grande quantité d’huile d’olive, avec une consommation collective estimée à environ 600 000 tonnes en 2023 (FAO, 2023).

Dans ces régions, l’huile d’olive est intégrée dans de nombreuses traditions culinaires et est consommée quotidiennement. En Asie, bien que la consommation soit historiquement faible, la demande augmente rapidement, en particulier en Chine et au Japon. En 2023, la consommation d’huile d’olive en Asie a été estimée à environ 150 000 tonnes (COI, 2023).

Région	Consommation (tonnes)
Union Européenne	1 800 000
États-Unis	400 000
Moyen-Orient et Afrique du Nord	600 000
Asie	150 000
Amérique Latine	50 000
Autres régions	100 000
Total	3 000 000

TABLE 3 – Consommation mondiale d’huile d’olive par région en 2023

Source : (FAO, 2023; COI, 2023)

L'un des principaux moteurs de la consommation d'huile d'olive est la prise de conscience croissante de ses bienfaits pour la santé. Des études ont montré que l'huile d'olive, en particulier l'huile d'olive extra vierge, est riche en antioxydants et en acides gras monoinsaturés, qui sont bénéfiques pour la santé cardiovasculaire et peuvent réduire le risque de maladies chroniques (Beltrán, 2022).

La popularité du régime méditerranéen, souvent considéré comme l'un des régimes les plus sains, a également contribué à l'augmentation de la consommation d'huile d'olive. Ce régime met l'accent sur la consommation d'huile d'olive, de fruits, de légumes, de céréales complètes et de poisson, et est associé à une réduction du risque de maladies cardiaques et d'autres problèmes de santé (FAO, 2023).

Les perspectives pour la consommation mondiale d'huile d'olive sont positives. La demande devrait continuer à croître, soutenue par l'augmentation de la sensibilisation aux bienfaits pour la santé, la popularité continue du régime méditerranéen, et l'expansion des marchés émergents. Les efforts pour améliorer la durabilité de la production d'huile d'olive et les certifications de qualité continueront de renforcer la confiance des consommateurs (COI, 2023).

9 Défis et perspectives

L'oléiculture est confrontée à plusieurs défis majeurs, dont le changement climatique, qui provoque des fluctuations de production en raison de phénomènes météorologiques extrêmes. Les maladies des oliviers, comme la *Xylella fastidiosa*, représentent une menace sérieuse, ayant déjà causé des dommages considérables en Italie et en Espagne (Scheda et al., 2023).

Malgré ces défis, les perspectives pour l'oléiculture restent optimistes. La demande mondiale d'huile d'olive continue de croître, en particulier pour les huiles d'olive de haute qualité et biologiques. Les efforts de recherche et développement se concentrent sur la résistance aux maladies, l'amélioration des rendements et l'adaptation au changement climatique (Montemurro et al., 2023).

Les initiatives politiques et les programmes de soutien, tels que ceux promus par le Conseil Oléicole International, sont également essentiels pour promouvoir des pratiques agricoles durables et fournir une assistance technique aux producteurs (COI, 2023).

Chapitre 2

Généralités sur l'olivier

1 L'olivier

Les différents cultivars d'olivier se distinguent par la couleur et la forme du feuillage, la composition de l'huile, la morphologie des fruits et la phénologie. Ils peuvent être identifiés par 42 caractéristiques morphologiques spécifiques du fruit, de la feuille et du noyau. Les variétés d'olives sont utilisées à la fois pour l'alimentation et pour la production d'huile, ce qui fait de cette plante un élément central de l'agriculture et de la culture méditerranéennes (Mushtaq et al., 2020).

1.1 Description d'olivier

L'olivier cultivé (*Olea europaea L.*) est une plante vivace à feuilles persistantes originaire des côtes Est de la méditerranée 98% des oliveraies du monde sont situées sur les pourtours méditerranéens, région traditionnelle de culture de l'olivier. Cultivé dans de nombreux pays, le fruit de l'olivier est l'un des produits fruitiers les plus importants au monde (Poljuha et al., 2008).

Olea europaea L., communément appelé olivier, est une espèce typiquement méditerranéenne. Cet arbre peut atteindre une hauteur moyenne de 10 à 15 mètres, avec un tronc vigoureux de 1,5 à 2 mètres de diamètre dans des milieux relativement chauds et humides. A l'état naturel, l'olivier adopte une forme caractéristique de boule serrée, souvent épineuse, qui lui permet de résister à des conditions climatiques difficiles. (Loussert & Brousse, 1978).

2 Caractéristique morphologique

2.1 Système racinaire

Selon (Loussert & Brousse, 1978), le développement du système racinaire d'un arbre est principalement déterminé par les caractéristiques physico-chimiques du sol. En effet, l'olivier ajustera son système racinaire à la profondeur du sol, en fonction de sa texture et de sa structure. Dans les sols sablonneux, il peut atteindre une longueur de 6m avec un système racinaire pivotant. Sur les sols argileux, les racines se développent latéralement en un système fasciculé pouvant atteindre 60m. Lorsque les sols sont lourds, les racines se trouvent près de la surface, à une profondeur de 0.1 à 0.6m.



FIGURE 3 – Le système racinaire d'olivier

2.2 Système aérien

La partie aérienne d'une plante d'olivier comprend : le tronc, les charpentières, les fruits les rameaux fructifères, les inflorescences et floraison (Loussert & Brousse, 1978).

2.2.1 Le tronc

Est tout d'abord lisse, gris verdâtre, jusqu'à la dixième année environ. Avec le vieillissement, il se déforme en devenant noueux, crevassé, fendu, élargi à la base et d'une couleur gris foncé presque noire (Pagnol, 1975).

2.2.2 Les charpentières

Sont de grosses ramifications destinées à former la charpente de l'arbre. Il s'agit des charpentières maîtresses ou branches mères qui prennent naissance sur le tronc et des sous-charpentières ou sous branches mères qui se développent sur les charpentières (Loussert & Brousse, 1978).

2.2.3 Les feuilles

Sont de forme ovale allongées, persistantes opposées. Elles sont portées par un court pétiole rétrécie à la base et mucronées à l'apex. Ses bords sont réfléchis de longueur de 4-10cm et de 1-3cm de largeur. La partie inférieure de la nervure est pubescente le long des veines blanches argentées et la face supérieure vert foncé luisant et lisse inodore, en été (Mezghani et al., 2008).

2.2.4 Les rameaux fructifères

Ce sont les branches de l'année ou de l'année précédente. Ils sont gris et verts et sa croissance se poursuit tout au long du printemps et de l'automne. Ils mesurent des dizaines de centimètres, selon la vitalité et les espèces de l'arbre (Loussert & Brousse, 1978), et les rameaux surnuméraires résultants de l'évolution des bourgeons surnuméraires (Daoudi, 1994).

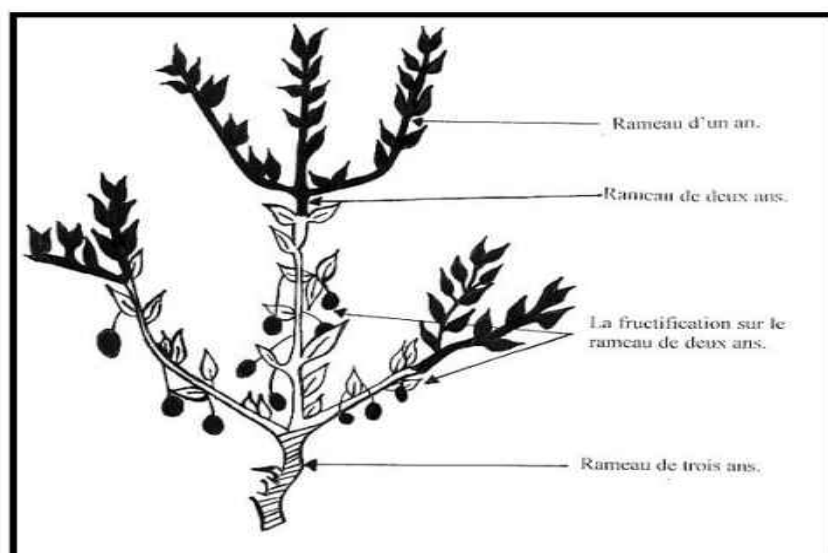


FIGURE 4 – Schéma d'un rameau fructifère de l'olivier. D'après Loussert et Brousse, 1978.

2.2.5 Les inflorescences et floraison

Les inflorescences naissent à l'aisselle de chaque feuille où elles contiennent environ 15–30 fleurs. Les bourgeons végétatifs deviennent florifères après les effets des températures les plus faibles de l'hiver. Ils commencent alors à grandir, produisant des inflorescences. Les fleurs commencent généralement à apparaître en mai. Les fleurs sont parfaites le pistil est grand, vert et remplit l'espace du tube de la fleur. La fleur de l'étamine est petite et ne remplit pas le tube de la fleur. Le style est blanc verdâtre et petit (Fernandez-Escobar et al., 1992).

2.3 L'olive

Est une drupe charnue ayant une forme plus au moins ovale, à peau lisse. Elle se compose de trois parties : le noyau (ou endocarpe), la pulpe (mésocarpe) et la cuticule (épicarpe) (Benrachou, 2012), pesant entre 2 et 12 g bien que certaines variétés puissent peser jusqu'à 20 g.

La taille des olives est variable et cela dépend de la variété, de la charge de fruits, de la fertilité du sol, de l'eau disponible et la pratique agricole (Therios, 2009).

La morphologie du fruit est composée de :

Épicarpe : c'est la partie de la peau représentant le fruit est généralement imperméable à l'eau.

Mésocarpe : c'est la partie la plus intéressante du fruit, elle est composée de cellules contenant des gouttelettes de graisse qui forment l'huile d'olive, Aussi connu sous le nom de pulpe du fruit.

Endocarpe : c'est le noyau avec des rainures sur la surface, qui peuvent être très lisses, Rugueux ou fort.

Semence ou amande : composé de protéines, c'est le tissu de réserve autour de l'embryon.

La composition chimique de l'olive : est complexe et comprend plusieurs composants importants.

L'épicarpe contient des composés phénoliques qui jouent un rôle dans la protection contre les agents pathogènes et les rayons UV.

Le mésocarpe est riche en lipides, principalement des acides gras monoinsaturés comme l'acide oléique, ainsi qu'en antioxydants tels que la vitamine E. L'endocarpe, formant le noyau, contient des fibres et des lignines, offrant une structure rigide au fruit.

Enfin, la semence ou amande est riche en protéines et en acides aminés essentiels, fournissant des nutriments vitaux pour le développement de l'embryon.

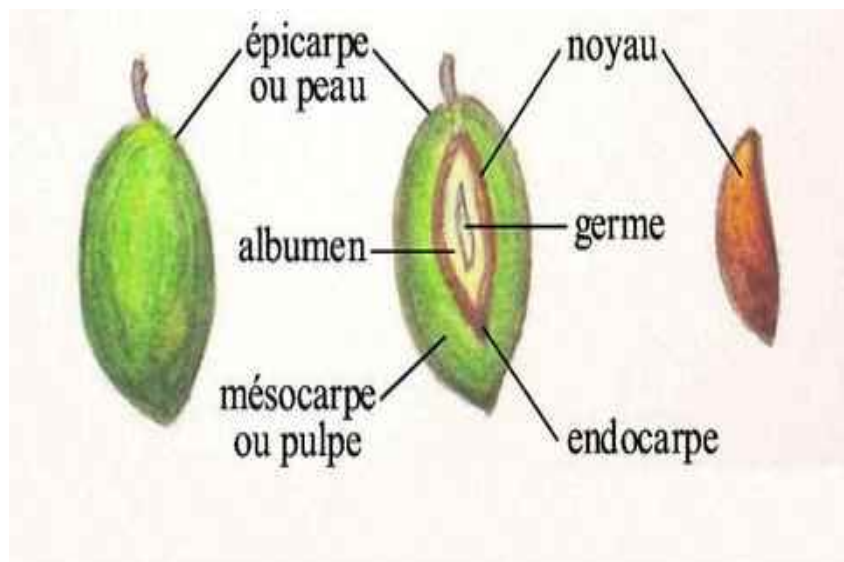


FIGURE 5 – La morphologie du fruit

3 Classification et systématique d'olivier

La plante appartient à la famille des oléacées, qui comprend 30 genres et 600 espèces. Le genre *Olea*, en particulier, regroupe quelque 30 à 35 espèces réparties entre l'Asie, l'Afrique et l'Europe, mais *Olea europaea* L. est la seule espèce comestible.

Embranchement	Spermatophytes
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Scrophulariales
Famille	Oleaceae
Genre	<i>Olea</i>
Espèce	<i>Olea europaea</i>

TABLE 4 – La classification botanique de l'*Olea europaea*.

4 Cycle de développement végétatif

La vie de l'olivier passe par quatre grandes périodes, la durée de chaque période variant selon les conditions de croissance et le type d'arbre (Haddou, 2017).

4.1 Période de jeunesse (1 à 7ans)

Cette période est connue sous le nom de croissance de la jeune plante. Elle débute en pépinière et se terminera au verger. Pendant cette phase, le système racinaire et les feuilles se forment, ce qui se caractérise par une multiplication cellulaire active (Meghaïchi & Merikhi, 2008).

4.2 Période d'entrée en production (7 à 35ans)

À partir de la première apparition du fruit jusqu'au stade de la puberté, la production peut débiter 4 à 5 ans après la plantation. La période d'entrée en production de l'olivier dépend de la variété et des conditions de croissances mises à disposition de l'arbre (Loussert & Brousse, 1978).

4.3 Période adulte (35 à 150 ans)

L'arbre termine sa croissance pendant cette période pour atteindre sa taille naturelle et entre ensuite en phase de pleine production, trouvant un équilibre entre le couvert et les fruits (Meghaïchi & Merikhi, 2008).

4.4 Période de sénescence (après 150 ans)

Durant cette période, l'arbre commence à décliner progressivement en production, et s'expose aux attaques parasitaires, et aux aléas climatiques, ce qui conduit à une accélération de cette étape (Meghaïchi & Merikhi, 2008).

5 Cycle végétatif annuel

D'après, le déroulement annuel du cycle végétatif de l'olivier est en étroite relation avec les conditions climatiques de son aire d'adaptation, caractérisée essentiellement par le climat méditerranéen. Au cours de son cycle annuel de développement, l'olivier passe par les phases suivantes :

Induction, initiation et différenciation florale : durant janvier et février.

Croissance et développement des inflorescences à l'aisselle des feuilles : au cours du mois de mars.

Floraison : durant le mois d'avril

Fécondation et nouaison des fruits : fin avril début mai.

Grossissement des fruits : durant juin-juillet et août.

Véraison : au cours du mois de septembre.

Maturation : le fruit atteint son calibre final en octobre et s'enrichit en huile.

Récolte des fruits : mi-novembre à janvier.

La période la plus intense du cycle annuel se déroule de Mars à Juin. Au cours de cette phase, les besoins en eau et en nutriments de l'arbre sont les plus intenses. La durée de vie de l'olivier s'étale sur plusieurs dizaines d'années à des siècles.

6 Variétés de l'olivier

L'olivier, espèce caractéristique du paysage méditerranéen, compte de nombreuses variétés ayant une diversité phénotypique importante .

Les principales variétés d'olivier dans différents pays sont listées dans le Tableau suivant :

Pays	Principales variétés
Albanie	Kaliniot
Algérie	Chemlal, Sigoise, Azeradj, Limli
Argentine	Arauco
Chypre	Ladoelia
Egypte	Aggezi Shami, Hamed, Toffahi
Espagne	Alfajara, Alorena, Arbequina, Blanqueta, castellana, Hojiblanca ; Lechin de Granada, Mollar de ceiza
France	Aglandau, Bouteillan, Languedoc, Lucques, Picholine
U.S.A	Mission
Grèce	Adramitini, Amigadalolia, Chalkidiki, Kalamone, Conservolia, Koroneiki, Mastoidis, Megaritiki, Valanlia
Italie	Ascolona Tenera, Biancolilla, Bosana, Canino, Carolea,
Liban	Soury
Maroc	Haouzia, Menara, Meslala, Pichline Marocaine
Palestine	Nabali Baladi

TABLE 5 – Principales variétés d'olivier cultivées dans le monde (COI, 2013)

On distingue les différentes variétés d'olivier en fonction de la destination finale du fruit :

Les olives à l'huile : leur production doit être constante et garantir une bonne rentabilité en termes de quantité et de qualité d'huile.

Les olives de table : elles impliquent une certaine grosseur du fruit et un contenu riche en pulpe et en noyau mais faible en huile.

Les olives mixtes : elles présentent des propriétés distribuées entre les deux groupes ; en fonction du moment de sa récolte et de son adaptation à la zone de culture, on destine le fruit soit à la table (une fois la taille adéquate atteinte) soit à l'extraction de l'huile .

L'oléiculture algérienne est constituée d'une gamme diversifiée de variétés d'olivier. Dans la région centre, la variété *Chemlal* est la plus représentative, elle occupe environ 55% de la superficie oléicole du pays. Dans la région oranaise, la variété *Sigoise*, occupe la plus grande partie des oliveraies (plaines de Sig et de Tlemcen) avec un taux de 80% à 90% (Saad, 2009).

D'après (Boukhari, 2014), Les variétés locales les plus cultivées sont :

Chemlal : c'est la variété la plus dominante en Algérie, elle représente près de 45% du patrimoine oléicole national.

Sigoise : c'est une variété auto-fertile, elle représente 20% du verger oléicole national. Généralement, elle se localise à l'Ouest du pays.

Azeradj et Bouchouk : elles accompagnent généralement les peuplements de *Chemlal* dont *Azeradj* améliore la pollinisation, elles présentent un gros fruit destiné à la conserverie et même à la production d'huile.

Limli : représente du verger oléicole national, elle se rencontre dans la région d'Oued Soummam.

Rougette de Mitidja : c'est une variété à huile installée dans la plaine de Mitidja et sur le piémont de l'Atlas, à faible altitude.

Les principales variétés d'olivier cultivées en Algérie sont représentées dans le Tableau suivant :

Variétés et synonymes	Origines et diffusion
<i>Azeradj</i> : <i>Aradj, Adjeraz</i>	Kabylie (Région de Sedouk-Willaya de Bejaïa) : occupe 10 % de la superficie oléicole national, souvent en association avec la variété <i>Chemlal</i> , dont elle est le pollinisateur
<i>Chemlal</i> : <i>Achamlal, Achamli, Achemlal</i>	Kabylie : occupe 40 % du verger oléicole algérien
<i>Grosse de Hamma</i> : <i>Qelb Ethour, coeur de boeuf</i>	Hamma (Constantine), diffusion restreinte
<i>Limli</i> : <i>Imli, limeli</i>	Sidi aiche (Bejaïa) : occupe 8 % du verger oléicole algérien, localisée sur les versants montagneux de la basse vallée de la Soummam jusqu'au littoral.
<i>Longue de Miliana</i>	Originnaire de Miliana, localisée dans la région d'El-Khemis Miliana, Cherchell et le littoral de Ténès
<i>Rougette de Mitidja</i>	Plaine Mitidja
<i>Sigoise</i> : <i>olive de Tlemcen, olive du Tell</i>	Plaine de Sig (Mascara) : occupe 25 % du verger oléicole algérien

TABLE 6 – Principales variétés d'olivier cultivées en Algérie (Mendil & Sebai, 2006)

7 Définition de l'huile d'olive

L'huile d'olive, produit phare de l'oléiculture, est une huile végétale extraite du fruit de l'olivier (*Olea europaea L.*). Obtenue par des procédés mécaniques ou physiques, elle se distingue par sa composition unique en acides gras, notamment en acide oléique, et par sa richesse en composés phénoliques aux propriétés antioxydantes (Boskou, 2006).

La qualité et les caractéristiques de l'huile d'olive varient en fonction de nombreux facteurs, tels que la variété d'olivier, le terroir, le stade de maturité des fruits, les techniques de culture et les procédés d'extraction (Baccouri, Salvador, & Zarrouk, 2008). Ces variations se reflètent dans la diversité des types d'huile d'olive disponibles sur le marché.

8 Différents types d'huile d'olive

L'huile d'olive se décline en différentes qualités selon son procédé de fabrication et les conditions du stockage des olives, les techniques culturales utilisées et la variété d'olivier cultivée. L'huile d'olive est classée en se basant trois critères majeurs : l'acidité, l'indice de peroxyde et la qualité organoleptique. Le Conseil oléicole international a clairement défini les différents types d'huile d'olive vierge, selon les critères suivants :

8.1 Les huiles d'olives vierges

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

- **L'huile d'olive vierge extra (HOVE) :** huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0.8 gramme pour 100 grammes, arômes et saveurs impeccables.
- **L'huile d'olive vierge :** huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 2 grammes pour 100 grammes , bonnes qualités gustatives.
- **L'huile d'olive vierge courante :** huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 3.3 grammes pour 100 grammes.
- **L'huile d'olive vierge lampante :** est l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est supérieure à 3.3 grammes pour 100 grammes.

8.2 L'huile d'olive vierge raffinée

8.2.1 L'huile d'olive raffinée

C'est une l'huile d'olive obtenue des huiles d'olive vierges par des techniques de raffinage qui n'entraînent pas de modifications de la structure glycéridique initiale. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0.3 gramme pour 100 grammes.

8.2.2 L'huile d'olive

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

Les normes de l'acidité fixées par le (COI, 2019) sont représentées dans le tableau suivant :

Type d'huile	Norme de l'acidité en %
Huile d'olive vierge extra	$\leq 0,8$
Huile d'olive vierge	$\leq 2,0$
Huile d'olive vierge courante	$\leq 3,3$
Huile d'olive vierge lampante	$< 3,3$

TABLE 7 – Norme d'acidité COI2019

9 Composition chimique de l'huile d'olive

Les huiles d'olive vierges jouent un rôle important dans l'industrie agroalimentaire et sont importantes en nutrition humaine pour plusieurs raisons.

En premier lieu car les lipides sont la principale source d'énergie pour le corps humain en comparaison de leur masse.

De plus l'intérêt pour les huiles d'olive a été accru depuis la découverte de leur richesse en vitamines liposolubles et en polyphénols qui sont des antioxydants.

Elles sont également une source importante d'acides gras poly-insaturés essentiels car non synthétisables par le corps humain.

Si les acides gras sont les constituants majeurs de l'huile d'olive, ce sont les constituants mineurs qui permettent l'authentification d'une huile, tant sur le plan de la provenance géographique que sur sa qualité physico-chimique (Sebastien, 2010).

La composition de l'huile d'olive change selon la variété, les conditions climatiques et l'origine géographique. Les composés peuvent être classés en deux grands groupes :

- Les substances saponifiables (triglycérides, acides gras,) (de 96 à 98% de l'huile)
- Les substances insaponifiables (stérols, vitamines liposolubles, caroténoïdes) (de 2 à 4% de l'huile) (Sebastien, 2010).

9.1 la fraction principale saponifiante

9.1.1 Les acides gras

L'huile d'olive contient des acides gras libres dont la proportion est variable et dépend des triglycérides.

Elle est caractérisée par une teneur élevée en acides gras mono insaturés, principalement l'acide oléique qui représente 77 à 78% des acides gras totaux.

Parmi les acides gras polyinsaturés, l'acide linoléique représente 4.9 à 22% des acides gras totaux.

Les principaux acides gras saturés sont l'acide stéarique et l'acide palmitique qui représentent 8.9 à 19.5% des acides gras totaux (Ruiz-Gutiérrez et al., 1998b).

La composition en acide gras est très variable et dépend de la variété d'olives, la région de production et de l'année de la récolte (Harwood & Aparicio, 2000).

Le Tableau suivant illustre à la fois la grande variété d'acides gras présents et la grande variabilité dans la composition de l'huile d'olive.

Acides gras	Formule brute	Teneur en %
Acide myristique	C14 :0	≤0,05
Acide palmitique	C16 :0	7,5-20,0
Acide palmitoléique	C16 :1 n-7	0,3-3,5
Acide heptadécanoïque	C17 :0	≤0,3
Acide heptadécénoïque	C17 :1	≤0,3
Acide stéarique	C18 :0	0,5-5,0
Acide oléique	C18 :1 n-9	55,0-83,0
Acide linoléique	C18 :2 n-6	3,5-21,0
Acide -linoléique	C18 :3 n-3	≤1,0
Acide arachidique	C20 :0	≤0,6
Acide gadoléique	C20 :1n-9	≤0,4
Acide béhénique	C22 :0	≤0,2
Acide lignocérique	C24 :0	≤0,2

TABLE 8 – Composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (COI, 2003).

9.1.2 Les triglycérides

Ce sont des esters d'acides gras et du glycérol. Les glycérides constituent le principal composant de l'huile d'olive, environ 98% (Ollivier et al., 2004).

Le triglycéride majoritaire de l'huile d'olive est la trioléine (ooo) (Ruiz-Gutiérrez et al., 1998b).

Les triglycérides qui sont trouvés dans des proportions significatives dans l'huile d'olive sont représentés dans le tableau ci dessous .

Nature	% des triglycérides
OOO	40-59
POO	12-20
OOL	12,5-20
POL	5,5-7
SOO	3-7

TABLE 9 – Principaux triglycérides de l'huile d'olive (Ruiz-Gutiérrez et al., 1998a).

O : acide Oleique ; P : acide Palmitique ; L : acide Linoléique ; S : acide Stéarique

9.2 la fraction insaponifiable

9.2.1 Les stérols

Ce sont des hydrocarbures cyclique à quatre cycle (tétracycliques) comportant le plus souvent 27-28-ou 29 atome de carbone avec au moins une fonction alcool et plusieurs doubles liaisons (Adicom, 1997). La quantité totale de stérols dans l'huile d'olive extra vierge est de 1000mg/kg (Codex Alimentarius, 1981).

Dans l'huile d'olive, le principal stérol est le -sitostérol, représentant jusqu'à 90 – 95% du total, et qui a une action anticarcinogène (Awad et al., 2000)

Le campistérol et le stigmastérol comptent respectivement pour 3% et 1% du total.

Il a été montré que les quantités de phytostérols apportées par un régime riche en huile d'olive extra vierge aient un effet bénéfique sur les concentrations sériques de cholestérol (Pelletier et al, 1995).

9.2.2 Les alcools

9.2.2.1 Les dialcools triterpéniques : les composés alcooliques contenu dans l'huile d'olive sont principalement des triterpéniques pentacycliques : l'erythrodiol et l'uvaol. et sont présents à hauteur de 100 à 300mg par 100g (Adicom, 1997).

La détermination de ces deux composés peut être utile pour la détection de l'huile de grignon dans l'huile d'olive vierge (Sanchez Casas et al., 2004).

9.2.2.2 Les alcools aliphatiques : les alcools aliphatique les plus importants rencontrés dans l'huiles d'olive le Docosanol C22, tetracosanol C24 et hexacosanol C26 .Selon Rivera del Álamo et al. (2004); López-López et al. (2008) le mode d'extraction des huiles influence fortement la teneur en alcool.

9.2.3 Les Composés phénoliques

L'une des caractéristiques les plus importantes de l'huile d'olive est sa richesse en composés phénoliques. La teneur de ces composés varie d'un composé à un autre.

Le tyrosol et l'hydroxytyrosol et leurs dérivés sont les composés les plus importants du point de vue de leur concentration (Yang et al., 2007) .

Les composés phénoliques de l'huile sont originaires du fruit. Les principaux composés phénoliques qui existent dans le fruit de l'Olea europea sont l'oleuropéine, la diméthyloléuropeine, ligstroside et la verbascoside. Le tyrosol et l'hydroxytyrosol sont directement dérivés de l'hydrolyse de l'oleuropéine et du ligstroside.

Les composés phénoliques sont transférés dans l'huile durant le processus de trituration.

Ce passage dans l'huile, se passe déjà au niveau des tissus, mais le processus de l'extraction ne fait que réduire leur concentration (Brenes et al., 2002) .

Ce sont des phénols simples qui existent dans l'huile tels que : tyrosol et hydroxytyrosol ; des phénols acides, particulièrement les dérivés des acides hydroxybenzoïque, hydroxycinnamique et d'autres produits de dégradation des glucosides : l'acide caféique, l'acide p-coumarique ou encore l'acide vanillique (Ocakoglu et al., 2009).

Des études montrent que ces composés ont des propriétés bénéfiques sur la santé humaine, ces effets bénéfiques permettent la prévention des phénomènes de vieillissement.

En effet, on a observé le rôle protecteur de l'huile d'olive face au vieillissement cérébral et de façon expérimentale, une augmentation de l'espérance de vie.

Le rôle antioxydant de ces composés pourrait de façon plus spécifique protéger les lipoprotéines des processus oxydatifs mais leur activité est variable selon leur structure (Benrachou, 2013).

9.2.4 Les Tocophérols

Les tocophérols sont reconnus pour leur double action bénéfique. En effet ils ont tout d'abord l'atout d'être une vitamine liposoluble (vitamine E) et ils ont également une forte activité anti oxygène (Burton et al ,1986).

La teneur totale en tocophérols dans les huiles d'olive est très variable (Boskou et al, 2006). L'alpha- tocophérol représente à lui seul 90% de la totalité des tocophérols, cette forme possède la plus forte activité vitaminique et est la plus active.

Elle s'oppose au rancissement et à la polymérisation de l'huile, et protège contre les mécanismes athérogènes (Sherwin, 1976), mais on trouve également un peu de beta et gamma tocophérols, alors que le delta tocophérol n'est présent qu'à l'état de traces (Psomiadou & Tsimidou, 2001).

9.2.5 Les hydrocarbures

Le squalène est l'hydrocarbure prédominant dans l'huile d'olive qui constitue, il représente 40% des composés de la fraction insaponifiable présente dans l'huile d'olive (Lomench, 2010). Ce triterpène apparaît dans la voie de la biosynthèse du cholestérol (Assmann & Wahrburg, 2000).

L'huile d'olive contient des hydrocarbures dont le squalène (C₃₀ H₅₀) qui représente 500 à 780 mg/100g de l'huile d'olive (Visioli & Galli, 2002). Il a des propriétés antioxydantes et effet scavenger (balayeur) des radicaux libres (Berra, 1998).

9.2.6 Les Pigments colorants

La couleur de l'huile d'olive est essentiellement liée à la présence des chlorophylles, de la phéophytine ainsi qu'aux caroténoïdes (Minguez-Mosquera & Gandul-Rojas, 1996).

La chlorophylle est un chlorine (quatre noyaux pyrroles en cercle), chélatant un atome de magnésium au centre, ainsi qu'un alcool à longue chaîne, le phytol. Elle présente une structure comparable à celle de l'hème (présente dans les globules rouges sanguins).

C'est la présence, dans sa structure, de nombreuses doubles liaisons conjuguées qui permet une absorption du rayonnement lumineux. Les chaînes latérales de chlorine sont variables et ceci entraîne une modification du spectre d'absorption entre les différentes familles de chlorophylles (Rowan, 1989 ; Hartmut et Lichtnetharler, 1987).

La composition et la teneur totale des pigments naturellement présents dans l'huile, sont des paramètres importants parce qu'elles sont corrélées à la couleur, qui est un attribut de base pour évaluer la qualité d'huile d'olive. Les pigments sont également impliqués dans les mécanismes de l'auto-oxydation et de la photo-oxydation. Leur contenu dans l'huile d'olive s'étend entre 1 et 20 ppm (Boskou, 1996), mais change selon la variété, la température et la durée du traitement thermique de l'olive (Paull et Chen, 2000 ; Garcia et al, 2001), ainsi que la culture, le sol, le climat, et le degré de maturation du fruit (Boskou, 1996 ; Criado et al, 2007).

Chapitre 3

Facteurs influencent sur la qualité de l'huile d'olive

L'huile d'olive, dont la composition est particulièrement équilibrée, est idéale pour la consommation humaine. L'huile d'olive est idéale pour la consommation humaine. Le processus qui détermine sa qualité commence avant la plantation de l'olivier, avec le choix de la variété, et se poursuit avec la préparation du terrain à planter, les pratiques agronomiques telles que le labourage, la taille, l'irrigation, les traitements phytosanitaires, la préparation du sol et la récolte, et se poursuit avec le processus d'extraction et les conditions de stockage de l'huile (López-Villalta, 1999).

1 Facteurs génétiques

Le patrimoine génétique de l'olivier, intrinsèque à chaque variété, exerce une influence déterminante sur la qualité de l'huile d'olive produite. Les gènes de l'olivier codent pour des enzymes et des protéines impliquées dans la biosynthèse des lipides, des composés phénoliques et des arômes, conférant à chaque cultivar une signature chimique unique (Belaj et al., 2010).

Certaines variétés, comme la *Picual*, sont génétiquement prédisposées à produire des huiles riches en acide oléique, tandis que d'autres, comme la *Leccino*, ont une teneur naturellement plus élevée en polyphénols, conférant à l'huile une stabilité oxydative accrue et des propriétés organoleptiques distinctes.

Le patrimoine génétique influence la synthèse des composés phénoliques, responsables de l'amertume et du piquant caractéristiques de l'huile d'olive. Des recherches ont mis en évidence des variations génétiques liées à la production d'oleuropéine, un puissant antioxydant présent dans l'huile d'olive (Soler et al., 2010).

De plus, les gènes de l'olivier jouent un rôle clé dans la formation des arômes. Chaque variété possède un profil aromatique spécifique, déterminé par la combinaison de différents composés volatils, dont la synthèse est contrôlée par des facteurs génétiques (Kalua et al., 2007).

Ainsi, la sélection de variétés d'olives aux caractéristiques génétiques spécifiques permet aux producteurs d'obtenir des huiles d'olive aux profils nutritionnels et sensoriels diversifiés, répondant aux attentes des consommateurs et aux exigences des marchés.

2 Facteurs climatiques

La culture de l'olivier et ses exigences sont associées à la zone méditerranéenne qui se caractérise par un hiver doux et humide et un été sec et chaud. Le climat influence sur la maturité des olives et donc sur la composition chimique de l'huile d'olive extraite.

2.1 Température

L'olivier est très exposé à de différentes températures, cette dernière joue un rôle décisif pour son accroissement notamment pendant la phase de floraison où il y a la formation des bourgeons floraux à la fin d'hiver (Hannachi et al., 2007).

Les températures élevées réduisent fortement la formation des fleurs (Boulouha, 2006).

Cependant, l'olivier peut résister à de sévères sécheresses et apte à bien supporter les températures très élevées de l'été, toutefois l'activité physiologique (Greven et al., 2009) et

photosynthétique sont fortement réduites (Boussadia et al., 2008) .

L'aspect léger de sa frondaison et l'épaisse cuticule qui recouvre ses feuilles lui permettent de supporter non seulement des températures élevées, mais aussi les vents chauds desséchants soufflant du Sahara.

L'olivier est susceptible de supporter les basses températures, tandis qu'il est vulnérable aux gelées printanières.

Les zones avec une grande diffusion de l'olivier sont caractérisées par des hivers doux, dont les températures sont rarement inférieures à 0° C et des étés secs avec des températures élevées (Boutkhil, 2012).

En outre, la composition de l'huile d'olive est fortement influencée par les changements de température de la zone de culture, en particulier celle des acides gras insaturés, principalement l'acide linoléique, qui augmente avec la diminution de la température (Ghezlaoui, 2011).

2.2 Pluviométrie

L'olivier est connu pour sa résistance à la sécheresse et son adaptation aux milieux chauds arides des régions méditerranéennes, mais il craint l'humidité (Labaali, 2009).

Les pluies automnales de (septembre/octobre) favorisent l'accroissement et la maturation des fruits.

L'olivier exige une pluviométrie bien supérieure (350 - 400 mm) et la limite estimée est à 200 mm pour une bonne rentabilité.

La période de l'été est très importante pour le développement des fruits , cependant si elle est trop sèche, une irrigation est vitale afin d'éviter la maturation précoce des olives et pour avoir plus de rendements en huile.

2.3 Sol

L'olivier ne présente aucune exigence particulière sur la qualité des sols, d'ailleurs il peut être cultivé dans des sols particulièrement pauvres, qu'ils soient argileux ou pierreux. La figure ci dessous montre les types de sols qui sont convenables pour l'olivier.

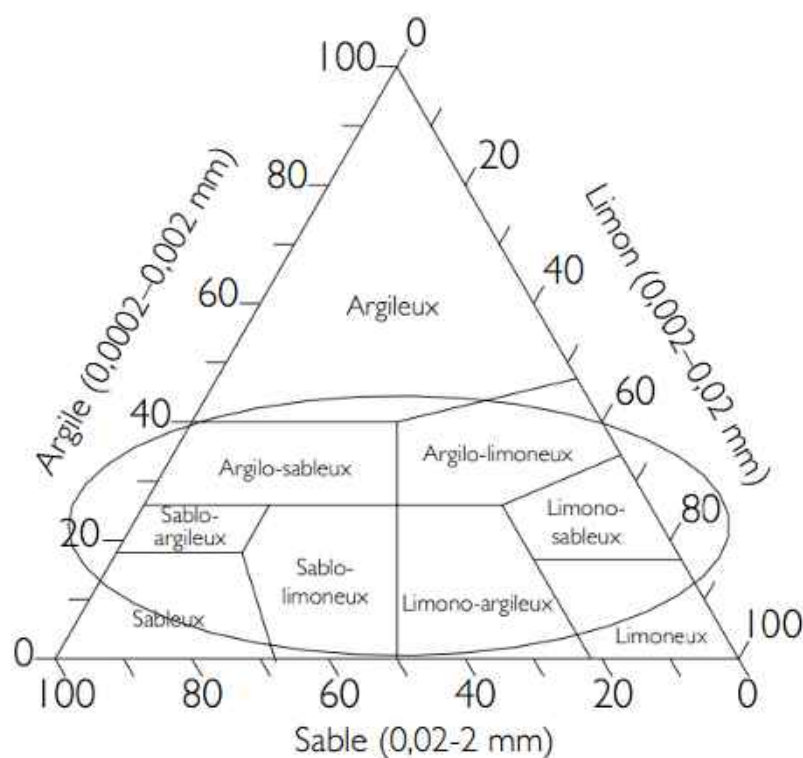


FIGURE 6 – Type des sols convenables pour l’olivier (COI, 2013)

Le système racinaire de l’olivier recouvre généralement les 50 à 70 premiers cm du sol, ce qui permet aux racines de nourrir l’arbre en parcourant un volume suffisant de terre (Duriez et al., 2004).

L’olivier préfère des sols proportionnellement pauvres qu’à des sols très fertiles (Gazeau, 2012, comme il préfère des sols très riches en azote (Hannachi et al., 2007).

En oléiculture, la distance entre les arbres sur le rang est adaptable selon les variétés entre 5 et 7 m (COI, 2007), car la distance de plantation permet aux frondaisons de capter la quantité maximale d’énergie solaire, et au système racinaire de puiser les nutriments de manière optimale.

Élément minéral	Azote N	Phosphore P ₂ O ₅	Potasse K ₂ O	Magnésie Mg O
Verger assez productif (2 à 3 T/ha)	30 à 50	15 à 25	50 à 60	15
Verger productif (3 à 5 T/ha)	50 à 70	20 à 30	60 à 80	20
Verger très productif (5 à 6 T/ha)	70 à 90	30 à 40	80 à 100	25

TABLE 10 – Besoins annuels de l’olivier en minéraux (Gazeau, 2012)

2.4 Lumière

Le photopériodisme n’est pas vraiment important pour l’olivier, mais la lumière reste un facteur de production de qualité (Boulouha, 2006). L’arbre doit être ensoleillé et aéré de façon à ce que l’humidité n’augmente pas à l’intérieur de la frondaison afin d’éviter les maladies qui se propagent et qui ont un impact sur la qualité des fruits (López-Villalta, 1999).

2.5 Vent

Le vent joue un rôle essentiel dans la production, car les courants d'air assurent généralement la pollinisation en transportant le pollen sur de longues distances. Malgré son importance, l'olivier craint les vents chauds qui peuvent causer des brûlures sur les arbres et le dessèchent des stigmates au moment de la floraison ce qui engendrerait la destruction de la récolte.

3 Facteurs Géographiques

Les facteurs géographiques jouent un rôle déterminant dans la composition chimique de l'huile d'olive, influençant ainsi sa qualité organoleptique et nutritionnelle.

Les conditions climatiques, notamment la température et les précipitations, affectent significativement la teneur en acides gras (Baccouri et al., 2011).

Par ailleurs, les huiles d'olive provenant de régions plus chaudes et moins élevées ont tendance à contenir davantage d'acides gras saturés (Iura et al., 2012).

La composition phénolique de l'huile d'olive, riche en antioxydants, est également influencée par les conditions environnementales.

Des recherches ont démontré que les régions bénéficiant d'une plus grande disponibilité en eau et de précipitations plus abondantes produisent des huiles d'olive avec une teneur réduite en composés phénoliques (Ryan & Robards, 2002).

De plus, le terroir, englobant le climat, le sol et les pratiques culturales, influence le profil aromatique de l'huile d'olive. Par exemple, les huiles d'olive de certaines régions méditerranéennes se distinguent par des arômes fruités et herbacés, tandis que d'autres régions produisent des huiles aux notes plus épicées ou amères (Baccouri et al., 2011).

Ainsi, la géographie façonne la diversité des huiles d'olive à travers le monde, offrant une palette de saveurs et de propriétés nutritionnelles uniques.

3.1 Effet de l'altitude

L'altitude à laquelle sont cultivées les olives exerce une influence notable sur la qualité de l'huile produite, impactant sa composition chimique et ses propriétés organoleptiques.

Des études ont mis en évidence que les oliveraies situées en altitude ont tendance à produire des huiles d'olive plus riches en acides gras monoinsaturés, notamment en acide oléique, reconnu pour ses effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire (Gomez-Caravaca et al., 2010).

Cette augmentation de la teneur en acide oléique serait liée à des températures plus fraîches en altitude, favorisant une maturation plus lente des olives et une accumulation accrue de cet acide gras.

Par ailleurs, l'altitude influence également la teneur en composés phénoliques de l'huile d'olive. Des recherches ont révélé que les olives cultivées en altitude ont tendance à présenter une concentration plus élevée en polyphénols, notamment en oleuropéine et hydroxytyrosol, aux propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires reconnues (Bendini et al., 2007).

Cette accumulation accrue de polyphénols serait due à un stress hydrique plus important en altitude, stimulant les mécanismes de défense de l'olivier et la production de ces composés.

En outre, l'altitude peut influencer le profil aromatique de l'huile d'olive. Les huiles d'olive produites en altitude sont souvent décrites comme plus herbacées, fruitées et complexes, avec des notes de pomme verte, d'amande et d'artichaut (Kalua et al., 2007).

Ces caractéristiques aromatiques seraient liées à une maturation plus lente des olives en altitude, permettant le développement d'une palette aromatique plus riche et diversifiée.

Ainsi, l'altitude joue un rôle clé dans la qualité de l'huile d'olive, influençant sa composition en acides gras, sa teneur en polyphénols et son profil aromatique. Les huiles d'olive produites en altitude se distinguent souvent par une qualité supérieure, tant sur le plan nutritionnel que gustatif (Gomez-Caravaca et al., 2010).

4 Facteurs Agronomiques

Les pratiques agronomiques influencent la qualité de l'huile d'olive en modulant la physiologie de l'olivier et la biosynthèse des composés qui déterminent les caractéristiques de l'huile.

4.1 Âge de l'arbre

Les jeunes oliviers, en phase de croissance active, mobilisent davantage de ressources pour la synthèse de composés phénoliques, tels que l'oleuropéine et le tyrosol, conférant à l'huile une amertume et un piquant plus prononcés, ainsi qu'une stabilité oxydative accrue (Gutiérrez et al., 2008).

En revanche, les arbres plus âgés, ayant atteint leur maturité physiologique, ont tendance à produire des huiles plus douces et fruitées, avec une teneur réduite en polyphénols (Zunin et al., 2008).

4.2 Densité de plantation

La densité de plantation influence la compétition entre les oliviers pour les ressources (lumière, eau, nutriments).

Une densité élevée peut entraîner un stress hydrique et nutritionnel, stimulant la production de composés phénoliques, mais pouvant également réduire le rendement en huile (Pastor et al., 2004).

À l'inverse, une densité plus faible favorise une meilleure interception de la lumière et une meilleure aération, contribuant à une maturation optimale des fruits et à une qualité d'huile supérieure.

4.3 Irrigation

L'irrigation joue un rôle crucial dans la qualité de l'huile d'olive. Un déficit hydrique modéré peut stimuler la synthèse de composés phénoliques, améliorant ainsi la stabilité oxydative et les propriétés organoleptiques de l'huile (Dag et al., 2010).

Cependant, un stress hydrique excessif peut réduire la production d'huile et altérer sa composition en acides gras. Une irrigation adéquate, adaptée aux besoins spécifiques de l'olivier et aux conditions climatiques, est donc essentielle pour optimiser la qualité de l'huile.

4.4 Fertilisation

La fertilisation, notamment l'apport d'azote, influence la croissance de l'olivier et la composition de l'huile. Un excès d'azote peut favoriser une croissance végétative excessive au détriment de la production de fruits, réduisant ainsi le rendement en huile (Fernández-Escobar et al., 2011).

De plus, une fertilisation azotée excessive peut diminuer la concentration en polyphénols et altérer le profil aromatique de l'huile. Une gestion raisonnée de la fertilisation, basée sur

l'analyse du sol et les besoins spécifiques de l'olivier, est donc primordiale pour garantir une huile de qualité.

4.5 Variété d'olivier

La variété d'olive exerce une influence prépondérante sur les caractéristiques de l'huile qui en résulte, conférant à chaque cultivar une identité unique. Des études ont révélé que la composition en acides gras varie significativement d'une variété à l'autre (Bendini et al., 2007).

Par exemple, certaines variétés, comme l'Arbequina, sont naturellement plus riches en acide oléique, tandis que d'autres, comme la Picual, présentent une teneur plus élevée en polyphénols, contribuant ainsi à une meilleure stabilité oxydative et à des propriétés organoleptiques distinctes (Gutiérrez et al., 2008).

Les composés phénoliques, responsables de l'amertume et du piquant de l'huile d'olive, varient également en fonction de la variété. Des recherches ont montré que certaines variétés, comme la Coratina, sont particulièrement riches en oleuropéine, un puissant antioxydant aux effets bénéfiques sur la santé (Rotondi et al., 2004).

De plus, le profil aromatique de l'huile d'olive est étroitement lié à la variété. Chaque cultivar possède un bouquet d'arômes spécifique, allant des notes fruitées et herbacées aux nuances plus complexes d'amande, d'artichaut ou de tomate (Angerosa et al., 2004).

Ainsi, le choix de la variété d'olive est un facteur déterminant pour les producteurs et les consommateurs, permettant d'obtenir des huiles d'olive aux profils gustatifs et nutritionnels variés, adaptées à différents usages culinaires et préférences personnelles.

4.6 La maturité des olives

La qualité de l'huile d'olive vierge est fortement influencée par le stade de maturité des olives, qui détermine la quantité de composés phénoliques présents. Pendant le processus de maturation, on observe une augmentation de la concentration en phénols totaux, atteignant un pic au stade de véraison, puis une diminution significative à mesure que les fruits mûrissent (Amiot et al., 1989).

Les niveaux les plus bas de polyphénols sont enregistrés au stade noir (Morelló et al., 2004).

Cette diminution notable des composés phénoliques affecte principalement les dérivés des sécoiridoïdes, l'hydroxytyrosol et le tyrosol (Gómez-Rico et al., 2006).

La baisse de la concentration en composés phénoliques dans l'huile extraite des olives en cours de maturation peut être attribuée à la réduction de leurs précurseurs dans l'olive, tels que l'oleuropéine et le ligustroside, ainsi qu'à une diminution de l'activité des enzymes hydrolytiques.

En raison des propriétés bénéfiques des composés phénoliques (sensorielles, antioxydantes, thérapeutiques), plusieurs chercheurs ont recommandé de déterminer le stade de maturité optimal pour la récolte des olives pour chaque cultivar, afin de produire des huiles d'olive vierge riches en ces biomolécules.

5 Les Facteurs Technologiques

Il est essentiel de procéder de manière rationnelle à la fertilisation, à la taille et à l'irrigation afin d'obtenir des productions équilibrées, des fruits bien développés qui atteignent leur maturité dans un état sanitaire et physiologique optimal. Par ailleurs, l'extraction à froid et l'utilisation de centrifugeuses modernes préservent les composés phénoliques et les arômes naturels, ce qui renforce la saveur et les bienfaits pour la santé. En outre, des techniques de conditionnement

et de contrôle appropriées garantissent des produits finis de qualité supérieure et constante (López-Villalta, 1999).

5.1 La récolte

Il ya lieu de tenir compte de deux facteurs dans la récolte l'époque et le système (Chemonics International, 2006).

L'époque de récolte est liée directement au degré de maturité des olives qui affecte aussi bien la qualité que le rendement d'extraction des huiles. Ainsi, pour assurer une production oléicole de qualité, il faut procéder à la récolte à un stade optimal de maturité.

L'époque optimale de récolte doit être déterminée en réalisant des contrôles périodiques de l'indice de maturité ou d'analyses des olives (extraction chimique ou à l'oléodoseur) (Frias Ruiz et al., 1991) .

Retarder la récolte porte préjudice à la qualité de l'huile en provoquant la chute naturelle des fruits qui peut être plus ou moins accusée selon la variété.

Les fruits ramassés du sol subissent une série d'altérations qui se traduisent par une augmentation de l'acidité et une détérioration de la qualité organoleptique de l'huile extraite de ses olives (Barranco et al., 2001).

Quant au système de récolte, il faut utiliser les systèmes qui ne détériorent pas l'olive, tout en évitant des blessures, des branches cassées ou des bourgeons abîmés.

5.2 Le transport

La dernière opération qui correspond à l'agriculteur c'est celle du transport de l'olive. Le fruit doit arriver à l'huilerie le moins altéré possible.

Le système le plus approprié est le transport dans des caisses perforées permettant la circulation de l'air et évitant des réchauffements préjudiciables causés par l'activité catabolique des fruits (Barranco et al., 2001).

Il est important de séparer les olives qui se trouvent sur le sol de celles fraîchement cueillis, les premières produisent des huiles de qualité inférieure (López-Villalta, 1999)

La séparation des olives qui proviennent des zones attaquées par des maladies ou des ravageurs qui affectent la qualité est aussi indispensable que la séparation des olives chutés de l'arbre. Ainsi le tri des olives est la première opération de la chaîne de trituration se déroulant à l'huilerie.

La difficulté de pouvoir réaliser une adéquate synchronisation entre la récolte de l'olive et son élaboration à l'huilerie provoque la nécessité de stockage des fruits.

5.3 Le stockage

Le stockage prolongé détériore le fruit, et si celui-ci n'est pas réalisé dans de bonnes conditions sanitaires, les huiles produites seront de très mauvaise qualité (Chemonics International, 2006) .

Les sacs en jute employés encore dans nombre de pays dénicoles sont à bannir car ils présentent un milieu favorable aux fermentations à cause de l'entassement des fruits et de l'influence d'agents extérieurs tel que la chaleur, l'humidité et l'absence d'aération (Amouretti & Comet, 2000).

Les microorganismes les plus actifs sont : *Penicillium custrorum* ,*Alternaria* sp , *Fusarium* sp , *Cladosporium* sp.

Les caractéristiques organoleptiques de ces huiles sont considérablement modifiées et leur stabilité est fortement réduite. Une modification de la fraction stérolique peut aussi avoir lieu, avec une augmentation du contenu en alcools (Barranco et al., 2001).

5.4 Effeillage et lavage

Le défeuillage consiste à enlever les brindilles et les feuilles par ventilation.

Le lavage consiste à immerger les olives dans des laveurs qui maintiennent l'eau en mouvement forcé afin d'améliorer le résultat de l'opération.

Pour obtenir une huile de qualité, il est important que l'eau utilisée dans cette phase soit propre et fréquemment renouvelée (Duenas & Herrera, 2001).

5.5 Le broyage

Le broyage des olives est une étape cruciale dans la production d'huile d'olive, car il influence directement sa qualité.

Un broyage fin et homogène favorise la libération des composés phénoliques, antioxydants naturels responsables de l'amertume et du piquant de l'huile, ainsi que de ses bienfaits pour la santé (Jiménez et al., 2017).

De plus, un broyage adéquat facilite l'extraction de l'huile, améliorant ainsi le rendement (Delgado et al., 2018).

Cependant, un broyage excessif peut entraîner une augmentation de l'oxydation, nuisant à la qualité de l'huile (Servili et al., 2019).

Il est donc essentiel d'optimiser le processus de broyage pour obtenir une huile d'olive de haute qualité, équilibrée en arômes et riche en composés bénéfiques.

Selon la norme du Conseil Oléicole International (COI), la durée de broyage ne doit pas dépasser 30 à 60 minutes. Si le broyage est plus prolongé, les polyphénols inhibiteurs naturels de l'oxydation ainsi que l'huile produite s'oxydent en présence de l'air et cette dernière perd de sa qualité (Chemonics International, 2006).

5.6 Le malaxage

Cette phase est très importante pour déterminer le bon compromis entre le rendement et la qualité de l'huile. Le facteur le plus important à tenir en compte est la température du malaxage. Cette température ne devant pas dépasser les 27°C, afin d'éviter l'accélération des processus d'oxydation (accroissement de l'acidité), la perte de composants volatils (arômes), et l'augmentation de la teneur en alcools gras supérieurs.

L'autre facteur important dans l'opération de malaxage est le temps et la vitesse de rotation des palettes mobiles. En effet, un temps prolongé de malaxage réduit le taux des polyphénols et augmente l'acidité de l'huile d'olive (un temps de malaxage d'environ 45 min est optimal). Concernant la vitesse de rotation des palettes, il faut éviter les grandes vitesses qui peuvent aboutir à l'échauffement de la pâte et peuvent provoquer l'apparition d'émulsions qui produiraient des structures stables qui rendraient ensuite difficile l'extraction de l'huile. La vitesse recommandée est comprise entre 15 et 20 tours par minute.

C'est une opération qui a pour but de rompre l'émulsion entre l'eau et l'huile et faire agglomérer les particules d'huile en gouttes plus grosses, se séparant spontanément de l'eau de végétation (Amouretti & Comet, 2000).

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 (Di Giovacchino, 1991).

5.7 Séparation solide/liquide

Elle consiste en la séparation du moût d'huile et des grignons (fraction solide constituée par les fragments de noyaux, des peaux et des morceaux de pulpe) (Amouretti & Comet, 2000) .

Cette étape constitue la partie fondamentale de l'obtention de l'huile. Elle est réalisée dans l'industrie par les systèmes de : filtration sélective, extraction par pression et extraction par centrifugation de pâte (Civantos et al., 1992) .

5.7.1 Décantation naturelle

La décantation naturelle, une méthode traditionnelle de production d'huile d'olive, repose sur la gravité pour séparer l'huile de l'eau et des solides sans l'utilisation de machines sophistiquées. Cette technique, bien que moins courante dans les grandes installations modernes, présente plusieurs avantages. Elle est simple et accessible, ne nécessitant pas d'équipements coûteux, ce qui est idéal pour les petits producteurs et les artisans. En outre, elle est écologique, n'utilisant pas d'énergie externe et générant moins de déchets par rapport aux systèmes de centrifugation (Clodoveo, 2013).

La qualité de l'huile obtenue est souvent élevée, grâce à une séparation lente qui réduit les risques d'oxydation (Tzia & Oreopoulou, 2003).

Cependant, la décantation naturelle a des inconvénients notables. Le processus est lent, pouvant prendre plusieurs jours ou semaines, ce qui limite la capacité de production et peut être contraignant pour répondre à une demande élevée (Inarejos-García et al., 2011).

De plus, cette méthode peut entraîner des pertes d'huile, car une partie reste souvent piégée dans les sédiments (Gómez-Rico et al., 2006). Enfin, bien que les volumes de sous-produits soient généralement inférieurs à ceux des systèmes de centrifugation, leur gestion demeure un défi.

5.7.2 Extraction par pression

L'extraction par pression est l'une des méthodes les plus anciennes utilisées pour obtenir de l'huile d'olive. Ce procédé repose sur l'application de pression mécanique pour extraire l'huile des olives broyées. Bien que ce soit une technique traditionnelle, elle est encore utilisée dans certaines petites exploitations et pour la production d'huiles d'olive de qualité supérieure.

L'un des principaux avantages de l'extraction par pression est qu'elle permet d'obtenir une huile d'olive de très haute qualité avec une faible acidité et un arôme riche, car le processus est doux et n'implique pas de chauffage ou de traitement chimique (Tzia & Oreopoulou, 2003). De plus, cette méthode est relativement simple et ne nécessite pas d'équipements coûteux, ce qui la rend accessible aux petits producteurs (Inarejos-García et al., 2011).

Cependant, l'extraction par pression présente également des inconvénients. Le rendement en huile est généralement inférieur à celui des méthodes modernes telles que la centrifugation, car une partie de l'huile reste piégée dans les grignons (Clodoveo, 2013). De plus, la gestion des sous-produits, notamment les grignons humides, peut poser des problèmes environnementaux et logistiques (Gómez-Rico et al., 2006). Enfin, le processus est plus lent et moins efficace pour de grandes quantités d'olives, limitant ainsi la capacité de production des exploitations qui utilisent cette méthode (Tzia & Oreopoulou, 2003).

5.7.3 Extraction par centrifugation

Ce système est considéré comme la méthode la plus moderne pour réaliser la séparation solide-liquide en utilisant la force centrifuge (Barranco et al., 2001)).

La pâte d'olive est centrifugée dans un cylindre conique tournant sur un axe central, désigné sous le nom de "décanteur horizontal". La vitesse de centrifugation est d'environ 3400 tours par minute.

Selon (López-Villalta, 1999), la centrifugation permet de séparer 2 ou 3 phases en raison des différences de poids spécifiques entre les divers composants de la pâte (huile, margine et grignons). Il existe trois catégories principales de décanteurs :

5.7.3.1 Le décanteur à trois phases : il s'agit du système le plus ancien, qui sépare la pâte d'olive par centrifugation en trois phases distinctes : le grignon, l'huile et les margarines. La dilution préalable de la pâte avec de l'eau est requise pour ce système. Dans la plupart des pays oléicoles, il a été abandonné en raison de ses nombreux défauts (Hermoso Fernández et al., 1995).

Cette technique présente plusieurs avantages. Tout d'abord, elle permet une séparation efficace de l'huile, de l'eau et des matières solides, améliorant ainsi la qualité du produit final (Clodoveo, 2013). Elle maintient une haute qualité de l'huile en minimisant son exposition à l'air et en réduisant les risques d'oxydation (Ranalli & Angerosa, 1996). De plus, la centrifugation est automatisée, ce qui réduit les besoins en main-d'œuvre et augmente l'efficacité opérationnelle (Baldari & Santulli, 2011).

Cependant, cette technique présente également des inconvénients. Les coûts d'installation et de maintenance des équipements de centrifugation à trois phases sont élevés, ce qui peut constituer un obstacle pour les petits producteurs (Servili & Montedoro, 2002). De plus, ce système consomme une grande quantité d'eau, ce qui peut être problématique dans les régions où cette ressource est rare (Camposeo & Vivaldi, 2012). Enfin, la centrifugation génère des sous-produits liquides (marges) qui nécessitent un traitement adéquat pour éviter la pollution environnementale (Paraskeva & Diamadopoulos, 2006).

5.7.3.2 Le décanteur à deux phases : il a été conçu pour pallier les inconvénients du système précédent. Les avantages de ce procédé résident dans le fait qu'il utilise moins d'eau et qu'il produit une huile de meilleure qualité, toutefois les rendements en huile diminuent significativement. La centrifugation ne sépare que deux fractions : le grignon humide et la phase huileuse (Carpio Duenas & Jiménez Herrera, 2001). Il produit une huile de meilleure qualité grâce à la réduction des interactions entre l'eau et l'huile, ce qui diminue le risque d'hydrolyse et d'autres réactions indésirables.

Il présente également des inconvénients significatifs. La principale limitation est la réduction des rendements en huile. En effet, la séparation ne produit que deux fractions : le grignon humide et la phase huileuse, ce qui signifie que davantage d'huile reste dans les résidus solides comparé au système à trois phases (Carpio Duenas & Jiménez Herrera, 2001). Cette diminution des rendements peut être un facteur limitant pour les producteurs cherchant à maximiser leur production d'huile.

5.7.3.3 Le décanteur à deux phases et demie : est le type le plus récent et reprend les mérites des deux systèmes. Le traitement nécessite l'ajout d'une quantité réduite d'eau et sépare trois fractions : grignons humides, marges, huile. L'avantage de ce système est qu'il produit

une quantité moindre de margines et avec une charge polluante plus réduite (Amouretti & Comet, 2000).

5.8 Séparation Huile/Eau

Les densités différentes entre les margines et l'huile permettent leur séparation par décantation naturelle ou par centrifugation (système plus rapide et continu) (Benyahia & Zein, 2003).

Les séparateurs centrifuges verticaux sont des machines qui effectuent la séparation en vertu d'une rotation à grande vitesse. Le séparateur centrifuge consiste en un réservoir cylindrique contenant le tambour tournant, composé d'une série d'assiettes coniques parfois et superposés. Le liquide (huile et l'eau) introduit par le haut du tambour et est soumis à une centrifugation à 6000-7000 tours/minute.

Sous l'effet de la différence de densité, l'huile et l'eau se séparent en deux écoulements différents. Pendant la rotation, il se produit une accumulation de résidus solides qui sont expulsés par l'intermédiaire d'un système de sécurité automatisé (Hermoso Fernández et al., 1995).

5.9 Le stockage de l'huile

Le stockage de l'huile d'olive doit se faire dans des conditions optimales pour préserver ses qualités organoleptiques et nutritionnelles.

Il est recommandé d'utiliser des récipients hermétiques, inoxydables et opaques pour minimiser l'oxydation et les effets de la lumière. La durée de conservation de l'huile d'olive extra vierge (HOVE) est définie comme la période pendant laquelle l'huile maintient ses caractéristiques sensorielles et ses paramètres de qualité dans les normes acceptées pour cette catégorie (Gómez-Alonso et al., 2019).

Même sous des conditions de stockage idéales, la qualité de l'HOVE se dégrade lentement mais inévitablement. Au fil du temps, l'huile subit une hydrolyse des triglycérides par les lipases, entraînant une augmentation de la teneur en acides gras libres. Cette augmentation est un indicateur clé de la perte de qualité de l'huile (Psomiadou & Tsimidou, 2002).

De plus, les composés phénoliques, qui sont essentiels pour les propriétés antioxydantes de l'huile d'olive, se dégradent progressivement. Cette dégradation est favorisée par l'activité des phénoloxydases, qui conduisent à l'oxydation et à la polymérisation des phénols libres (Bendini et al., 2007).

Ces changements réduisent non seulement les bénéfices pour la santé associés à l'huile d'olive, mais affectent également ses caractéristiques sensorielles, notamment l'amertume et le piquant.

Des études ont également montré que l'huile d'olive fraîche contient des micro-gouttelettes d'eau de végétation avec diverses espèces de levures. Certaines de ces levures améliorent les caractéristiques sensorielles de l'huile fraîche, tandis que d'autres peuvent être nuisibles, provoquant des saveurs désagréables et une hydrolyse des triglycérides au cours du stockage (Montedoro et al., 1992).

Ainsi, les conditions de stockage influencent de manière significative la qualité de l'huile d'olive, affectant ses propriétés chimiques et sensorielles.

Il est crucial de mettre en œuvre des pratiques de stockage rigoureuses pour prolonger la durée de vie et préserver la qualité de l'huile d'olive extra vierge.

Deuxième partie
Étude expérimentale

Chapitre 4

Matériels et méthodes

1 Échantillonnage

Les échantillons d'olives pour cette étude ont été prélevés au cours de la campagne oléicole 2023-2024, dans différents vergers d'oliviers des wilayas de Tizi Ouzou, Bouira et Bejaïa.

Les olives ont été cueillies à la main, selon la méthode d'échantillonnage représentative proposée par le Conseil Oléicole International (COI, 2019). Pour chaque verger, nous avons choisi presque 70% des arbres et nous avons collecté des olives de différentes parties de chaque arbre pour obtenir un échantillon représentatif, tout en faisant attention à ne pas les meurtrir. Les olives ont été ensuite stockées délicatement dans des bacs à récolte sous des conditions optimales pour préserver leur qualité jusqu'à l'analyse.

Échantillons	Régions	Variété	Altitude	Position
Ch1	Cheurfa 1	<i>Chemlal</i>	301m	36°21'07"N 4°18'58"E
Ch2	Cheurfa 2	<i>Chemlal</i>	329m	36°21'31"N 4°18'57"E
If1	Iferhounen 1	<i>Oléastre</i>	885m	36°31'10"N 4°22'29"E
If2	Iferhounen 2	<i>Chemlal</i>	808m	36°31'04"N 4°22'31"E
If3	Iferhounen 3	<i>Bou Yicher</i>	808m	36°31'04"N 4°22'31"E
Mch	M'Chedallah	<i>Chemlal</i>	330m	36°20'39"N 4°14'40"E
Se	Selloum	<i>Chemlal</i>	596 m	36°24'50"N 4°18'52"E
Tm1	Tazmalt 1	<i>Chemlal</i>	312 m	36°23'06"N 4°23'56"E
Tm2	Tazmalt 2	<i>Chemlal</i>	271m	36°22'35"N 4°23'42"E

TABLE 11 – Coordonnées des régions d'échantillonnage

Après la récolte, les échantillons ont été nettoyés en éliminant les feuilles, les fruits endommagés et les fruits attaqués par la mouche de l'olive (*Bactrocera oleae*), afin de ne sélectionner que les fruits les moins endommagés pour l'extraction de l'huile d'olive.

2 Indice de maturité

L'évaluation du degré de maturité s'est appuyée sur l'observation visuelle des couleurs du mésocarpe et de l'épicarpe de l'olive. L'indice de maturité (IM) a été calculé en utilisant la formule décrite par le Conseil oléicole international (COI en 2011)

L'indice de maturité est déterminé sur la base de l'appréciation de la coloration de 100 olives qui sont prélevées au hasard sur un échantillon.

Ces olives sont réparties en 8 classes allant des olives à épiderme vert intense ou vert foncé jusqu'aux olives à épiderme noir et pulpe entièrement foncée. L'indice de maturité des olives est calculé comme suit :

$$I.M = \frac{(0 \times n_0) + (1 \times n_1) + (2 \times n_2) + \dots + (7 \times n_7)}{100}$$



FIGURE 7 – Un Oléidoseur (SIDL 20240- Ghiosonaccia)

Classes	Coloration
Classe 0	Epiderme de couleur vert intense
Classe 1	Epiderme de couleur vert jaunâtre
Classe 2	Epiderme de couleur vert avec la moitié du fruit marquée par des taches rougeâtres
Classe 3	Epiderme de couleur rouge ou violet sur plus de la moitié du fruit
Classe 4	Epiderme de couleur noire et mésocarpe blanc
Classe 5	Epiderme de couleur noire et la moitié du mésocarpe violet
Classe 6	Epiderme de couleur noire et mésocarpe violet sans atteindre le noyau
Classe 7	Epiderme de couleur noire et tout le mésocarpe violet .

TABLE 12 – Coloration des olives au cours de la maturation

3 L'extraction

Les olives, non entassées, ont été transportées dans des caisses en plastique ventilées. La trituration des olives a été effectuée 24 heures après la récolte. L'extraction de l'huile d'olive est réalisée à froid et sans ajout d'eau, à l'aide d'un Oléidoseur (SIDL 20240- Ghiosonaccia).

Ce dernier, est un mini moulin à huile qui fonctionne avec un système de centrifugation à deux phases (grignon humide, huile d'olive).

La trituration des olives a été effectuée au niveau du laboratoire de l'Institut Technique Arboriculture Fruitière (ITAF) de Bejaia.

Le broyage des olives a été réalisé à l'aide d'un broyeur à marteaux, qui écrase les olives contre une grille perforée avec trous de 0,8 mm de diamètre, afin d'homogénéiser la pâte broyée sans séparer l'huile.

Ensuite, le malaxage de la pâte est effectué dans un malaxeur à huit postes, menés de huit bacs de malaxage.

Chaque récipient contient 920g de pâte et le malaxage dure 30 minutes à l'aide de palettes rotatoires, cela permet d'assurer une meilleure coalescence des gouttelettes d'huile, tout en limitant le phénomène d'oxydation.

La séparation des phases (huile et grignon humide) est effectuée au moyen d'une centrifugeuse verticale ayant une vitesse de rotation de 4845 tour /min pendant une minute.

Deux phases sont obtenues, une phase solide qui reste collée aux parois internes de la centrifugeuse, et une phase liquide composée de l'huile et de la margine qui se divise au fond de la centrifugeuse.

L'huile est ensuite séparée des margines par décantation naturelle dans des éprouvettes graduées. L'huile est récupérée et mise dans des flacons en verre fumé, étiquetés et placés au réfrigérateur à 4°C afin de les analyser.

Les échantillons obtenus sont conservés à l'abri de la lumière et de la fluctuation des températures.

4 Analyses pomologiques

Les caractéristiques morphologiques des drupes et des noyaux pour chaque échantillon d'olive ont été évaluées à partir de 40 fruits frais et sains, en suivant la méthode proposée par le COI (1997).

Un échantillon représentatif d'au moins 40 olives sont prélevés de chaque arbre. Puis, Les différents paramètres morphométriques (longueur et largeur) ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse.

Le poids de chaque fruit, ainsi que les noyaux après les avoir dénoyautés a été déterminé en utilisant une balance. Les indices pomologiques ont été calculés tels que : le poids fruits , longueur et largeur et rapport pulpe/noyau à fin de visualiser l'influence des conditions géo-climatiques sur la variabilité phénotypique de l'olivier cultivé.

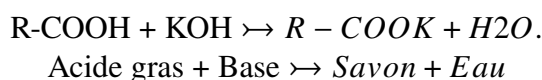


FIGURE 8 – Configuration de Mesure Pomologique pour les Olives

5 Acidité libre

L'acidité est exprimée en pourcentage d'acides gras libres présent dans un corps gras. Dans le cas de l'huile d'olive, elle est exprimée en acide oléique. Le taux d'acide gras libre dans les échantillons de l'huile d'olive est déterminé selon la méthode proposée par le Conseil Oléicole International (COI, 2017).

Elle se repose sur la mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants, puis titrage des acides gras libre présents à l'aide d'une solution éthanoïque d'hydroxyde de potassium.



Pour réaliser cette analyse, une prise d'essai de 5g d'huile d'olive a été prélevée de chaque échantillon. 50 ml du mélange des solvants éther diéthylique - éthanol à 50/50 (préalablement neutralisé) ont été ajoutés afin de dissoudre l'échantillon d'huile à froid. Ensuite, les solutions ont été titrées en agitant par une solution de KOH (0,1N) en présence de 0,3 ml de phénolphthaléine (1%) jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persistante pendant 10 secondes. Le volume (V) final d'hydroxyde de potassium utilisé est enregistré et 2 essais ont été effectués pour chaque échantillon.

L'acidité libre (A%) est calculé selon la formule suivante :

$$(A\%) = \frac{N \cdot V \times 282.2}{M \times 10}$$

N : normalité de la solution de potasse (mole/l).

282,2 : masse molaire de l'acide oléique.

V : volume de titrage de KOH en ml.

M : poids de la prise d'essai en g.

6 Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde (IP) représente la quantité d'oxygène liée à un acide gras. Il est exprimé en milliéquivalent d'oxygène actif par kilogramme d'huile (meq d'O₂/kg). Ce paramètre nous renseigne sur le degré d'oxydation de l'huile (COI, 2009).

La méthode utilisée est basée sur les recommandations de COI et de la norme American Oil Chemists' Society (1998).

Pour réaliser ce protocole, 2,5 g de chaque échantillon d'huile d'olive sont dissous dans un erlenmeyer de 250 ml avec un mélange d'acide acétique et de chloroforme (60 :40). Après agitation, on ajoute 0,5 ml d'iodure de potassium (KI), puis le mélange est laissé reposer à l'obscurité pendant 1 minute pour permettre la libération de l'iode. Ensuite, 30 ml d'eau distillée fraîchement bouillie sont ajoutés à la solution.

Après l'ajout de l'eau distillée, la solution est vigoureusement agitée pour assurer une bonne distribution de l'iode libéré.

La solution finale est titrée avec une solution de thiosulfate de sodium à 0,01 N, en agitant constamment jusqu'à ce que la solution vire du brun au jaune pâle. À ce stade, 1 ml d'empois d'amidon à 1% est ajouté comme indicateur coloré, ce qui fait virer la solution au bleu.

La titration est poursuivie jusqu'à disparition complète de la couleur bleue. Le volume de thiosulfate de sodium utilisé permet de calculer l'indice de peroxyde selon la formule spécifiée par le COI American Oil Chemists' Society (1998).

Calcul des résultats :

$$IP = \left(\frac{(V - V_0) \times N}{m} \right) \times 1000$$

V₀ = volume de l'essai à blanc.

V = volume de la prise d'essai.

N = normalité.

m = masse de l'huile d'olive.

7 Humidité

L'humidité de l'huile d'olive est une mesure essentielle qui détermine la teneur en eau et en matières volatiles.

Cette mesure est effectuée conformément à la norme de l'organisation internationale de standardisation (ISO 660,2016).

La procédure pour mesurer l'humidité de l'huile d'olive commence par le séchage d'une boîte de Pétri dans une étuve réglée à 103±2°C pendant une durée de 30 minutes.

Après refroidissement, une quantité de 5g d'huile d'olive est introduite dans un cristalliseur préalablement taré.

L'huile d'olive, est ensuite placée dans une étuve pendant 1 heure à 103°C. Après cette période, l'échantillon est refroidi dans un dessiccateur et pesé.

Cette opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant, indiquant que toute l'eau a été évaporée.

$$H(\%) = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} \times 100$$

M₀ : poids d'une boîte de pétri.

M₁ : poids d'une boîte de pétri et la prise d'essai avant le chauffage à l'étuve.

M₂ : poids d'une boîte de pétri et de la prise d'essai après chauffage et refroidissement.

8 Dosage des polyphénols

Les acides phénoliques ont été associés à la couleur, à la qualité sensorielle ainsi qu'aux propriétés antioxydantes des aliments liés à la santé (Cartoni et al., 2000).

La teneur en phénols totaux (PT), évaluée par la méthode Folin-Ciocalteu Singleton & Rossi (1965) en utilisant réactif de Folin-Ciocalteu. Cette méthode de dosage est connue comme une technique de routine pour l'évaluation non sélective des principaux composés phénoliques de l'huile d'olive.

Pour réaliser ce protocole, un mélange contenant du méthanol et de l'eau (80/20) est préparé dans un erlenmeyer.

Dans un tube à essai 2,5g de l'échantillon de l'huile d'olive est mélangé avec 10ml du mélange méthanol/eau.

Après agitation d'une durée de 5min, un bain ultrason est consacré pour tous les échantillons pendant 15min.

Après un temps de repos de 5min, les deux phases se séparent. 5ml de la phase aqueuse sont récupérés à l'aide d'une micropipette, et dilués avec 4,5ml du mélange méthanol/eau. 0,5 du Folin-Ciocalteu et 1ml de bicarbonate de sodium à 30% sont ajoutés aux solutions afin d'activer la réaction.

Le mélange est complété jusqu'à 20ml par le mélange méthanol/eau. Les solutions sont entreposées à l'obscurité pendant 1h. Pour finir l'absorbance de ces dernières est mesurée à 725nm.

Préparation de la gamme étalon de l'acide gallique :

Pour la solution mère, 1mg d'acide gallique est dissout dans 100ml de Méthanol/Eau (80/20). Des solutions diluées de 5ml on était préparé à des concentrations différentes de 0 mg/ml, 2 mg/ml, 4 mg/ml, 6 mg/ml, 8 mg/ml, 10 mg/ml. Ces dernières sont mélangées avec 0,5 du Folin-Ciocalteu et 1ml du bicarbonate de sodium à 35% .

Les solutions sont laissées au repos pour une durée de 5min. Après une brève agitation, elles sont complétées avec 20ml Méthanol/Eau (80/20). Enfin, les mélanges sont placés pendant 1 heure dans l'obscurité, puis leur absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre visible fixé à 725 nm.

9 Teneur en pigments

L'huile d'olive se caractérise par la présence de deux pigments essentiels qui sont les chlorophylles et les caroténoïdes, ces deux derniers sont responsables de la coloration et l'activité antioxydantes de l'huile d'olive. La présence de chlorophylles est responsable de la couleur caractéristique de l'huile d'olive, toute fois la teneur en chlorophylles diminue au fur et à mesure de la maturation des fruits (Ryan & Robards, 1998).

Les caroténoïdes sont responsable d'activité oxydative d'huile d'olive en raison de leur nature antioxydant dans l'obscurité et pro oxydante à la lumière (Ryan & Robards, 1998).

La teneur en chlorophylles et caroténoïdes est déterminée selon la méthode de spectrophotométrie proposé par Minguez-Mosquera & Gandul-Rojas (1996) à 470nm pour les pigments caroténoïde et 670nm pour les pigments en chlorophylles.

Pour effectuer cette analyse 7,5 g de l'échantillons huile d'olive sont mélangés avec 25ml de cyclo-hexane dissoudre 7,5 g d'huile dans 25 ml de cyclohexane.

A la fin nous avons effectué une lecture sur le spectrophotomètre à 670 nm et à 470 nm. les teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes exprimées en mg/kg.

Elle est donnée par les formules suivantes :

$$\text{Chlorophylle en (mg/kg)} = \frac{A(670) \cdot 10^6}{613 \cdot 100 \cdot d}$$

$$\text{Caroténoïdes en (mg/kg)} = \frac{A(470) \cdot 10^6}{2000 \cdot 100 \cdot d}$$

A : absorbance à la longueur d'onde indiquée.

d : épaisseur de la cuve en cm (1 cm).

Chapitre 5

Résultats et discussions

1 Indice de maturité

L'étude du processus de maturation de l'olive est fondamentale pour l'obtention d'une huile d'olive de qualité. De nombreux processus de transformation chimique et de synthèse de substances organiques ont lieu au cours de la maturation, en particulier la synthèse de triglycérides qui s'accumulent progressivement dans les vacuoles du fruit (Casas et al., 1999). Les résultats d'indice de maturité des olives sont présentés dans la figure ci-dessous.

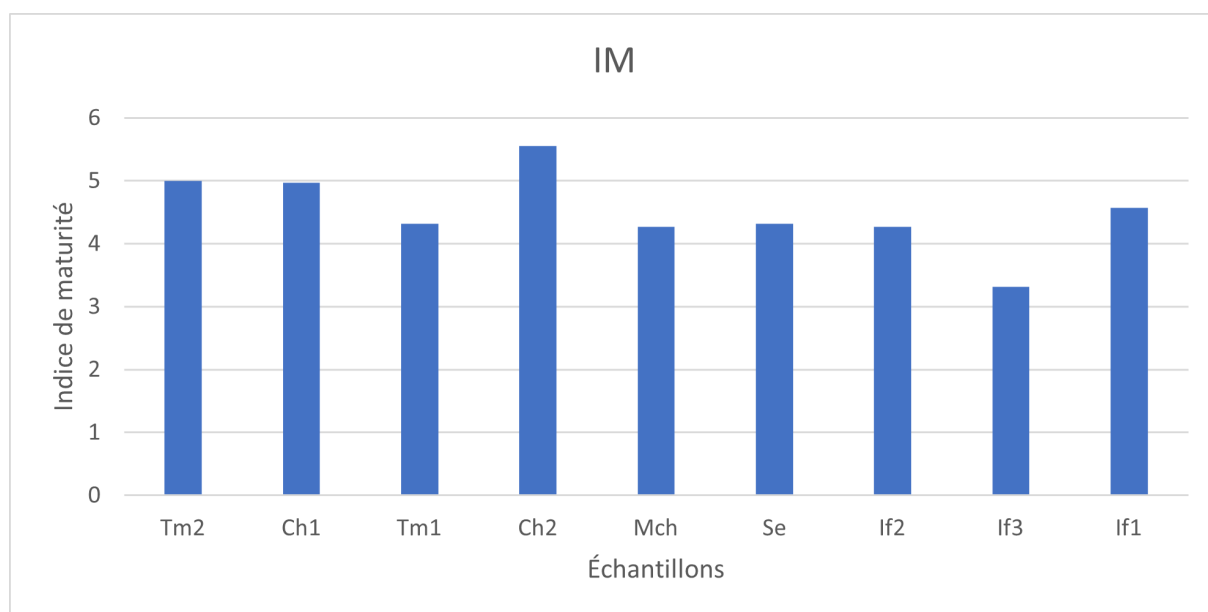


FIGURE 9 – Les valeurs d'indice de maturité des olives

Les résultats montrent que les indices de maturité (IM) varient entre 3,32 et 5,55, indiquant une maturité plus ou moins avancée des olives. Les valeurs obtenues montrent que les olives récoltées en altitude ont tendance à avoir des indices de maturité plus faibles. Ainsi, l'échantillon Ch2, situé à 329 mètres d'altitude, a un IM de 5,55, tandis que l'échantillon If3, situé à 808 mètres d'altitude, a un IM de 3,32.

Cette variation suggère que les conditions environnementales en altitude, telles que des températures plus basses et une exposition différente à la lumière, retardent la maturation des olives.

Les résultats de Mahfouz & Bassal (2007); Fiorino & Nizzi-Griffi (1991) confirment cette observation, en soulignant que la proximité de la mer et les basses altitudes favorisent une lipogenèse plus rapide, accélérant ainsi la maturation des olives. En revanche, les olives cultivées en altitude mûrissent plus lentement en raison de températures plus fraîches et d'une exposition solaire moindre.

Selon (Uttiyama et al., 2001), les altitudes élevées peuvent ralentir le processus de maturation des fruits, entraînant une accumulation plus lente des composés responsables de ce processus. Cette influence de l'altitude sur la maturation des fruits est cruciale pour les producteurs, car elle affecte non seulement le moment optimal de la récolte, mais aussi la qualité finale de l'huile. Un indice de maturité plus faible à des altitudes plus élevées peut signifier une meilleure

conservation des composés phénoliques, influençant positivement la qualité et la stabilité de l'huile d'olive (Baccouri, Guerfel, et al., 2008).

2 Mesures pomologiques

L'étude des critères pomologiques constitue la base de la classification et l'identification d'un grand nombre de cultivars (Mehri & Hellili, 1995)

2.1 Dimensions du fruit (longueur, largeur)

Les paramètres de dimensions pomologiques, tels que la longueur et la largeur des fruits, sont des indicateurs importants de la qualité et de la classification des variétés d'olive. Ces dimensions peuvent être influencées par des facteurs environnementaux comme l'altitude, qui peut affecter la croissance et le développement des fruits (Moutier et al., 2004). Les résultats obtenus, illustrés dans le graphique suivant.

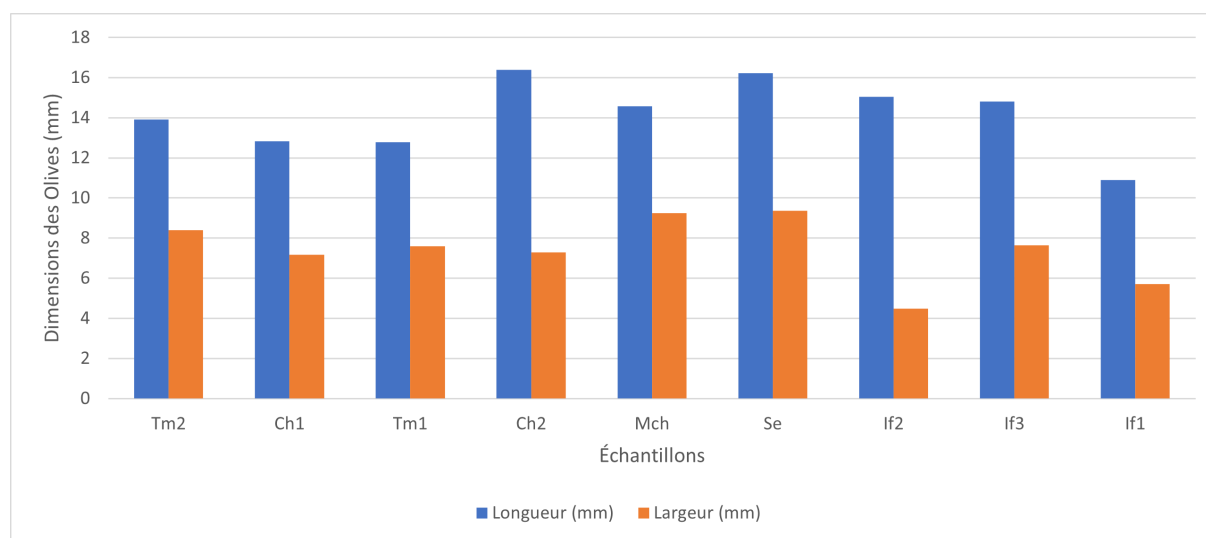


FIGURE 10 – Les Dimensions des Olives

Les données recueillies montrent que la longueur des fruits varie entre 10,9 mm et 16,83 mm, tandis que la largeur varie entre 5,7 mm et 9,35 mm en fonction du changement d'altitude. Les drupes les plus longues (16,83 mm) ont été produites dans la région de Cheurfa (Ch2) à une altitude de 329 m. En ce qui concerne la largeur, les fruits les plus larges (9,35 mm) proviennent de Selloum (Se) à une altitude de 596 m. Par ailleurs, les olives récoltées dans la région d'Iferhounen (If1 et If2) ont les dimensions les plus petites, avec une longueur de 10,9 mm et une largeur de 5,7 mm respectivement.

Il a été démontré que l'altitude peut influencer les caractéristiques morphologiques des fruits, y compris les olives. Comme l'ont noté Moutier et al. (2004) des conditions climatiques plus sévères limitent le développement des fruits.

La région de Cheurfa, à une altitude modérée, semble fournir des conditions optimales pour la croissance en longueur des olives. En revanche, la région d'Iferhounen, bien que située à une altitude élevée, produit des olives plus petites, ce qui suggère que les conditions environnementales à cette altitude ne favorisent pas une croissance optimale des fruits. Ces valeurs pourraient être liées aux températures plus basses de la région, qui ont favorisé des périodes de croissance des fruits plus courtes (Tous & Romero, 1998).

2.2 Poids de fruit

Le poids des olives a été évalué à partir de 40 fruits frais et sains, en suivant la méthode proposée par le COI (1997). Le poids du fruit est un caractère morphologique et agronomique très recherché dans la production oléicole (Mahhou et al., 2012). Le graphe ci-dessous montre les variations du poids des échantillons d'olive collecté.

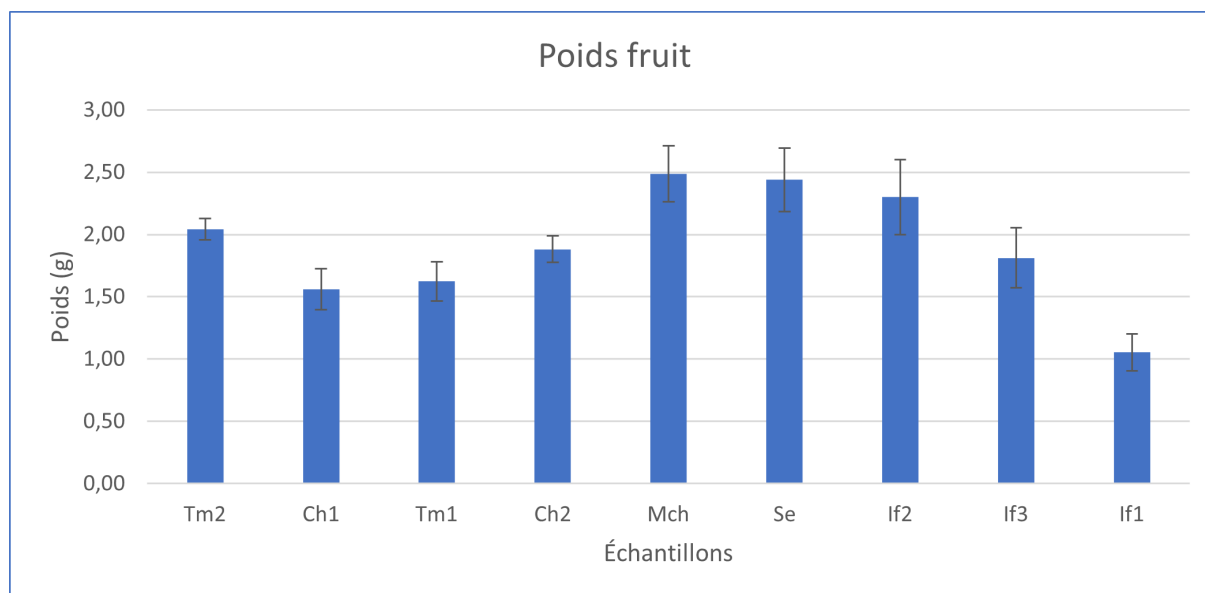


FIGURE 11 – Variation du poids du fruit des olives.

Les résultats montrent que les oliviers cultivés dans la région d'Iferhounnen produisent des olives présentant un poids réduit (1,05 g). Par contre, les olives récoltées dans la région de M'chedallah à une altitude de 330 m ont un poids élevé de 2,49 g. Cette augmentation de poids peut en fonction de l'altitude peut s'expliquer par une forte accumulation d'eau dans les olives, due à une meilleure alimentation des oliviers cultivés en basse altitude. Ainsi, les valeurs pomologiques obtenues révèlent la capacité d'adaptation des cultivars d'olivier aux changements des conditions géo-climatiques de la zone de culture. Les études de Hannachi et al. (2007) ont montré que la variabilité phénotypique de l'olivier dépend de sa variabilité génétique.

2.3 Rapport Pulpe/Noyau

Le rapport entre la pulpe et le noyau des olives joue un rôle crucial dans l'évaluation de la qualité des fruits, influençant à la fois les pratiques agricoles et les processus industriels de transformation (Smith et al., 2022). Le graphe ci-dessous illustre des variations du rapport pulpe/noyau (P/N).

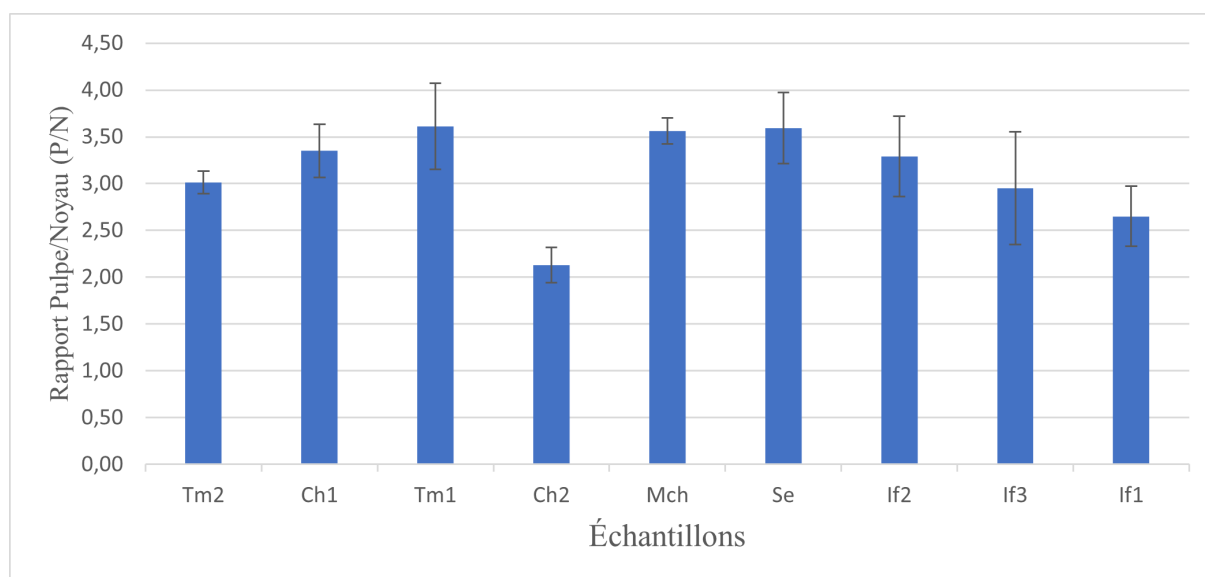


FIGURE 12 – Variation du rapport pulpe/noyau (P/N) des échantillons

Les résultats obtenus des olives révèlent une corrélation négative entre l'altitude et le rapport pulpe/noyau. Les fruits provenant de régions de basse altitude (Tazmalt, Cheurfa, M'Chedallah) présentent un rapport pulpe/noyau plus élevé, indiquant une plus grande quantité de pulpe par rapport au noyau. En revanche, les fruits cultivés à des altitudes plus élevées (Selloum, Iferhounene) affichent un rapport pulpe/noyau plus faible, suggérant une proportion de pulpe réduite par rapport au noyau.

Cette tendance pourrait être attribuée aux conditions climatiques et environnementales distinctes à différentes altitudes résultant en une pulpe moins développée. (Servili et al., 2013).

De plus, l'écart type, qui mesure la variabilité des données, est plus élevé pour certains échantillons, tels que If3 (0,60), ce qui suggère une hétérogénéité plus importante dans les caractéristiques des olives à cette altitude. Cela pourrait être dû à une plus grande variabilité des microclimats et des conditions de croissance dans les zones montagneuses (Loumou & Giourga, 2003).

Selon les normes du Conseil Oléicole International (COI), un rapport P/N optimal est un élément déterminant de la qualité de l'huile d'olive. Les travaux de Vossen (2007) ont montré que les olives ayant un rapport P/N plus élevé tendent à produire une huile aux meilleures propriétés sensorielles avec une meilleure stabilité oxydative. Ainsi, les rapports relativement faibles de Ch2 (2,13) et If1 (2,65) pourraient indiquer une proportion de pulpe insuffisante, potentiellement affectant la qualité de l'huile extraite.

3 Acidité libre

L'acidité libre est un indicateur de la qualité de l'huile d'olive, révélant sa détérioration par l'hydrolyse des triglycérides et la libération d'acides gras (Achouri et al., 2007).

Les valeurs moyennes de l'indice d'acidité des huiles d'olive étudiées sont présentées dans la figure ci-dessous.

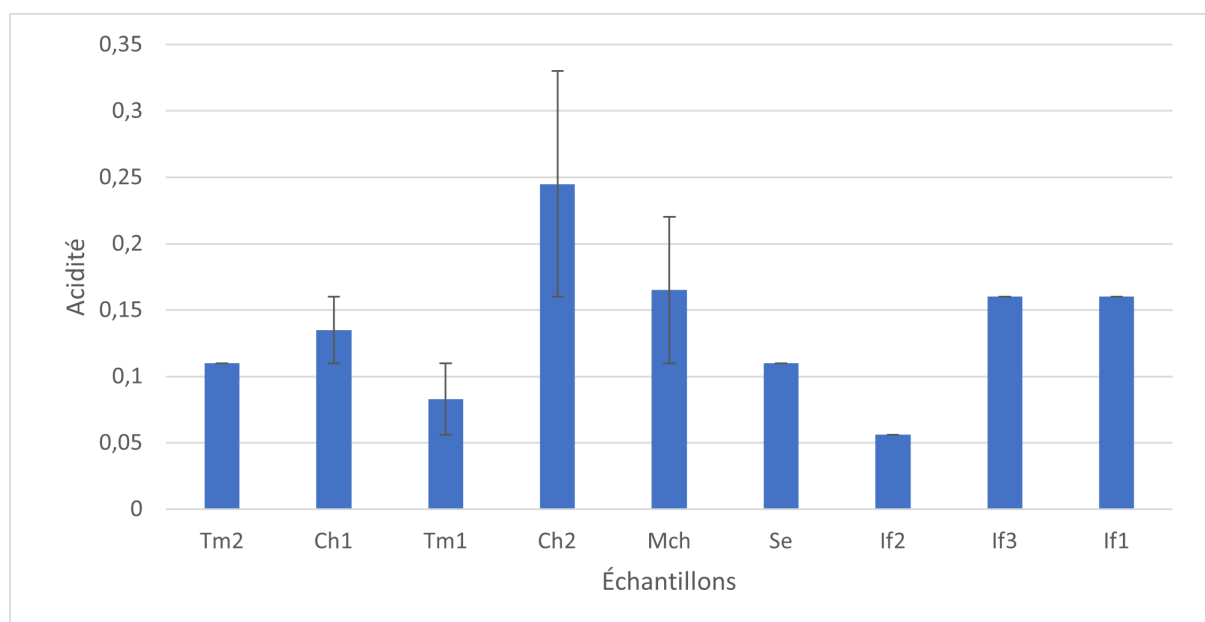


FIGURE 13 – Les valeurs d’acidité libre des huiles d’olive étudiées.

Les données obtenues montrent que tous les échantillons d’huile ont une acidité inférieure à 0,25%, largement en dessous de la limite de 0,8% fixée par le COI pour les huiles d’olive vierges extra. Ces résultats témoignent de la bonne qualité des olives utilisées et du respect de la procédure d’extraction.

L’analyse des échantillons révèle une variation significative de l’acidité en fonction de l’altitude. En effet, les huiles d’olive récoltées à des altitudes plus élevées, telles que Iferhounen (site 1) à 885 mètres et Iferhounen (site 2) à 808 mètres, présentent des niveaux d’acidité plus faibles (0,16 et 0,056 respectivement) par rapport à celles récoltées à des altitudes plus basses, telles que Cheurfa (site 2) à 329 mètres, avec un niveau d’acidité de 0,245.

Cette tendance suggère que l’altitude joue un rôle important dans la détermination des caractéristiques physico-chimiques de l’huile d’olive. La relation inverse entre l’altitude et l’acidité peut s’expliquer par plusieurs mécanismes potentiels. En altitude, les conditions climatiques telles que des températures plus fraîches et un stress hydrique réduit peuvent contribuer à une maturation plus lente et plus uniforme des olives. Ce mûrissement plus lent peut favoriser la préservation des composés phénoliques et réduire l’accumulation d’acides gras libres, ce qui se traduit par une acidité plus faible. En outre, des températures plus basses peuvent réduire l’activité enzymatique responsable de l’hydrolyse des triglycérides en acides gras libres, contribuant ainsi à une meilleure qualité de l’huile d’olive (Gómez-Rico et al., 2006).

4 Indice de peroxyde

Il estime l’état d’auto-oxydation de l’huile; c’est un mécanisme Cet indice renseigne sur l’état d’oxydation de l’huile d’olive. L’auto -oxydation résulte de la réaction des lipides et de l’oxygène atmosphérique, aboutissant à terme à une altération du goût et de l’odeur de l’huile. Cette réaction est très lente et les premières molécules de dégradation apparaissant sont des peroxydes. Ces molécules instables vont se décomposer par la suite en une série de produits, notamment des mélanges d’aldéhydes volatils (Leroy, 2011).

La détermination de l’indice de peroxyde des huiles d’olive permet d’évaluer le niveau d’oxydation primaire par l’oxygène. L’action direct d’oxygène et l’action indirect des autres

facteurs qui permettent à l’oxygène de se fixer sur les acides gras entraînent l’oxydation de l’huile (Meftah et al., 2013).

La figure ci-dessous présente les valeurs d’indices de peroxyde des huiles d’olive étudiées :

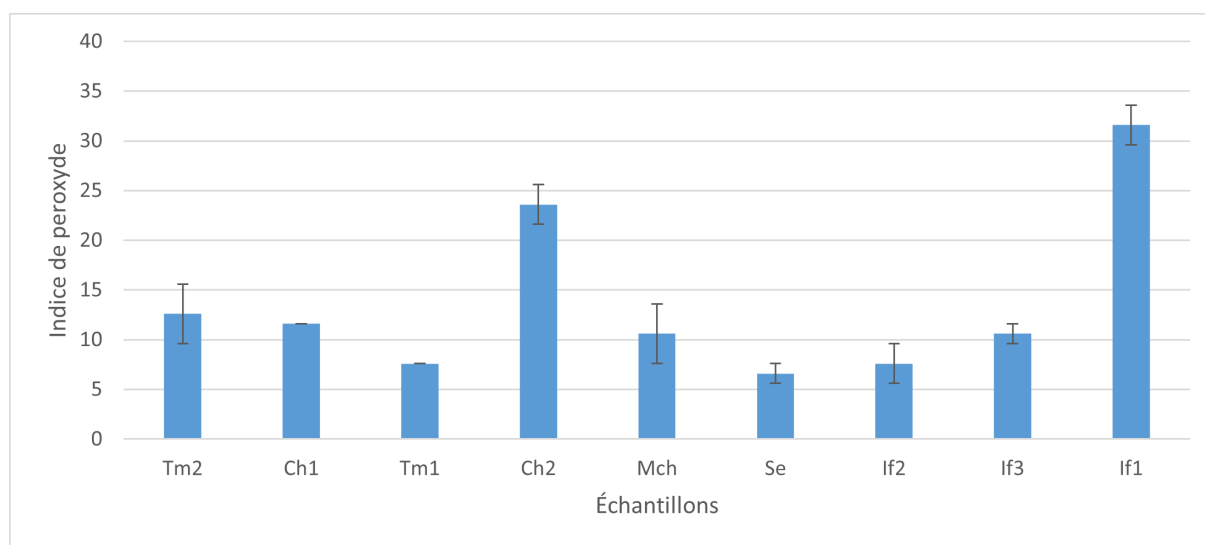


FIGURE 14 – Les valeurs d’indice de peroxyde des huiles d’olive étudiées

D’après les résultats présentés sur le graphe les échantillons prélevés à Iferhounen (site 1, 885 m) affichent l’indice de peroxyde le plus élevé, avec une moyenne de 31,6, tandis que ceux de Selloum (596 m) et Tazmalt (site 1, 312 m) montrent des indices beaucoup plus bas, avec des valeurs de 6,6 et 7,6 méq O₂/kg, respectivement. Les échantillons de Cheurfa (site 1, 301 m) et Iferhounen (site 2, 808 m) montrent des indices modérés, avec des valeurs de 11,6 et 7,6 méq O₂/kg respectivement.

Ces résultats indiquent qu’il n’y a pas de relation claire entre l’altitude et l’indice de peroxyde, bien que tous les autres facteurs aient été contrôlés pour être homogènes, sauf l’altitude.

Les normes internationales, telles que celles établies par le Conseil oléicole international (COI), stipulent qu’un indice de peroxyde acceptable pour l’huile d’olive extra vierge doit être inférieur à 20 méq O₂/kg. Selon ces normes, les échantillons (Iferhounen site 1) (31,6 méq O₂/kg) et (Cheurfa site 2) (23,6 méq O₂/kg) dépassent ce seuil, suggérant une oxydation excessive, potentiellement due à l’altitude ou à d’autres facteurs environnementaux non contrôlés. En revanche, les autres échantillons se situent bien en dessous de cette limite, respectant les normes de qualité pour l’huile d’olive extra vierge, les résultats montrent qu’il n’y a pas de relation claire entre l’altitude et l’indice de peroxyde.

5 Humidité

La quantité d’eau et de matière volatile est un indicateur de qualité principalement utilisé pour évaluer la qualité de l’huile d’olive. En effet, l’eau présente dans l’huile est considérée comme une impureté et peut avoir un impact sur sa qualité (Romain et al., 2006).

C’est un paramètre essentiel à l’échelle économique, une teneur en eau optimale influence directement la qualité et la stabilité de l’huile, affectant ainsi sa valeur sur le marché. Les valeurs d’humidité des échantillons étudiés ont été insérer dans le graphe ci-dessous.

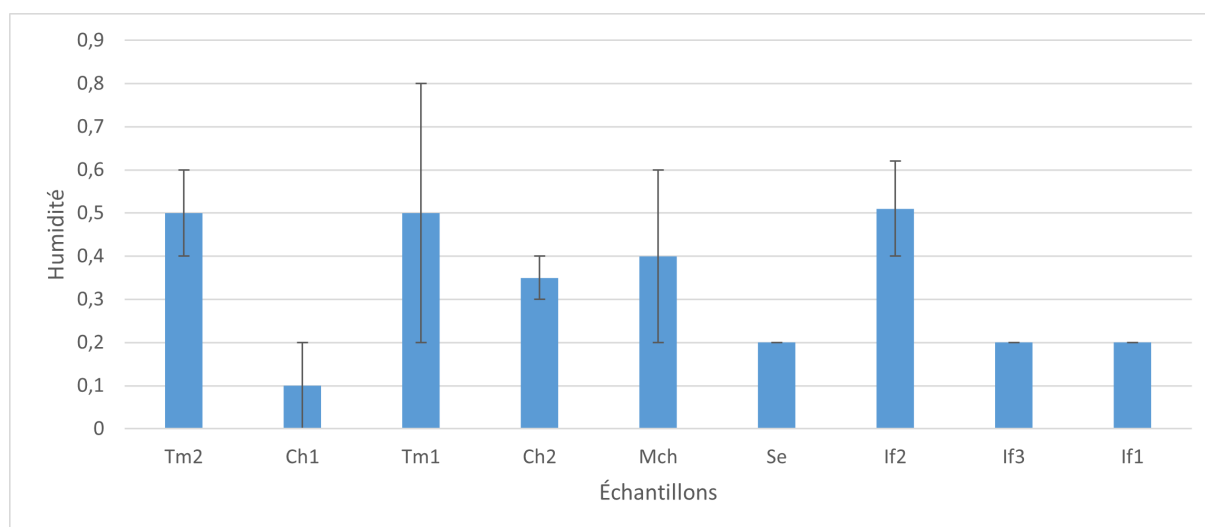


FIGURE 15 – Le pourcentage d’humidité des huiles étudiées

Les résultats obtenus montrent que la teneur en eau des huiles étudiées présente un maximum dans l’huile vierge des régions d’Iferhounen 2, de Tazmalt 1 et de Tazmalt 2, avec une valeur proche de 0,5%. À l’inverse, la teneur en eau est très faible dans l’huile vierge de la région de Cheurfa 1, avec une valeur proche de 0,1. La teneur en eau de nos échantillons présente une variabilité légèrement supérieure à celle rapportée par Kammoun et al (1999) pour la variété Chemlali qui a enregistré une teneur variante entre 0,25% et 0,35%, probablement en raison d’une forte variation du facteur altitude. En effet, la teneur en eau des olives est liée à leur développement biologique, mais aussi à des facteurs environnementaux tels que l’irrigation, la pluviométrie et la température (Brescia & Sacco, 2010).

6 Dosage des polyphénols

Les polyphénols sont présents en quantités variables dans les huiles d’olive et sont considérés comme de puissants antioxydants. La détermination des polyphénols est importante car ils sont considérés comme les substances qui assurent la stabilité des huiles et leurs caractéristiques organoleptiques (Arslan et Ok, 2019). Les polyphénols de l’huile d’olive ayant la plus forte activité antioxydante sont ceux appartenant au groupe d’ortho-diphénol principalement l’hydroxytyrosol (Tanouti et al., 2011), se trouvent en moyenne à 4,2 mg/100 g d’huile d’olive extra vierge (Owenet al, 2000), ainsi que l’oleuropéine en moyenne 2,8mg/100g dans l’huile extra vierge. L’extraction des composés phénoliques de nos échantillons est faite à l’aide d’un bain ultrason pendant 15min. Selon Kumar et al. (2021), l’ultrason est une énergie ou des ondes mécaniques liées au son à des fréquences supérieures à celles que l’oreille humaine peut détecter (20 Hz à 20 kHz), il permet d’effectuer des extractions en un court temps (quelques minutes) avec une grande reproductibilité (Chemat et al., 2011).

La quantité des polyphénols totaux dans les extraits a été déterminée à l’aide d’une courbe d’étalonnage linéaire ($y=ax+b$), réalisée dans les mêmes conditions que celles des échantillons, en utilisant l’acide gallique comme standard (Annexe2)

La teneur en polyphénols totaux des échantillons étudiés est insérée dans le graphe Ci-dessous.

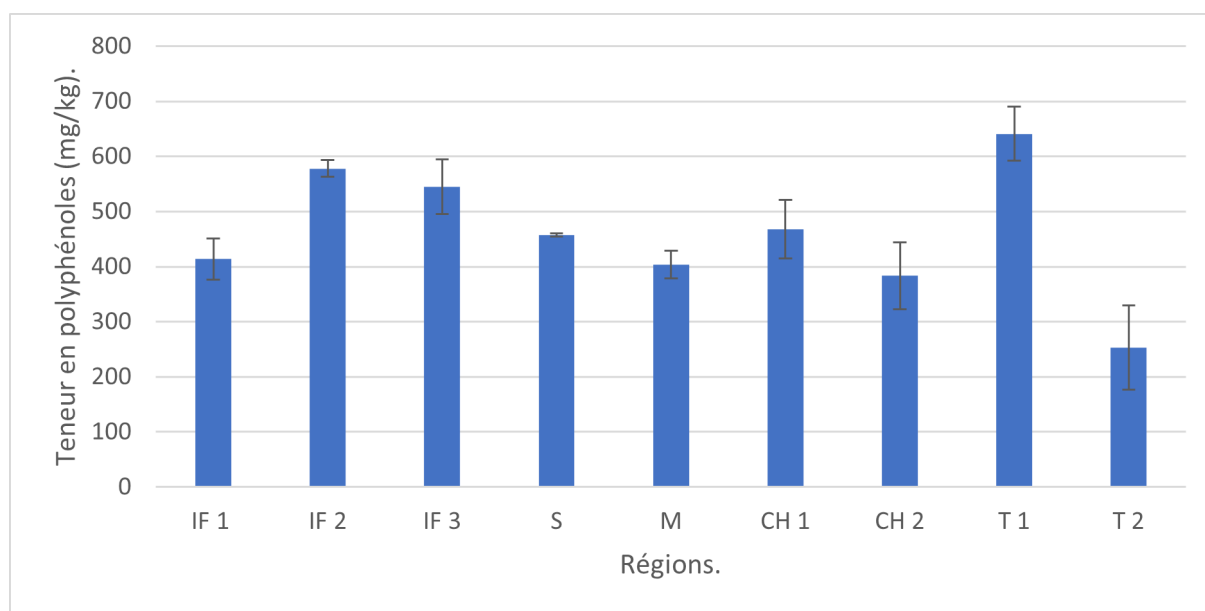


FIGURE 16 – Teneur en polyphénol totaux des huiles d’olive

Les résultats montrent que la teneur en polyphénols de l’huile d’olive de la région Tazmalt 1 est plus élevée que celle des autres régions étudiées, atteignant 675mg/kg. La région Tazmalt 2, quant à elle, présente la teneur la plus faible, soit 250mg/kg. Cette réduction peut être causée par la dégradation des polyphénols par leur activité antioxydante d’une part, et par l’activité de la polyphénols-oxydase (Zanoni et al., 2005). De plus, le taux de polyphénols dans l’huile d’olive issue des variétés irriguées est plus faible que dans celui issue des variétés non irriguées selon (Angerosa et al., 2004).

Par ailleurs, nos résultats sont approximativement les mêmes que ceux trouvés dans l’huile de la variété chemlal cultivées dans le bassin méditerranéen, dont les valeurs varient de 200 à 1000 mg/kg (Segura-Carretero et al., 2010).

7 Teneur en pigments

Parmi les composés mineurs présents dans l’huile d’olive, on retrouve les pigments, qui, en raison de leurs propriétés antioxydantes dans l’obscurité et pro-oxydantes dans la lumière, semble jouer un rôle essentiel dans la stabilité oxydative de l’huile pendant son stockage et dans la préservation de sa qualité (Tanouti et al., 2011).

La teneur totale en pigments est un paramètre de base pour l’évaluation de la qualité de l’huile d’olive.

7.1 Les chlorophylles

La chlorophylle, sa présence est visible car c’est elle qui donne la couleur verte de l’huile.

La teneur en chlorophylles en (mg/kg) des huiles étudiées ont été insérées dans le graphique ci-dessous.

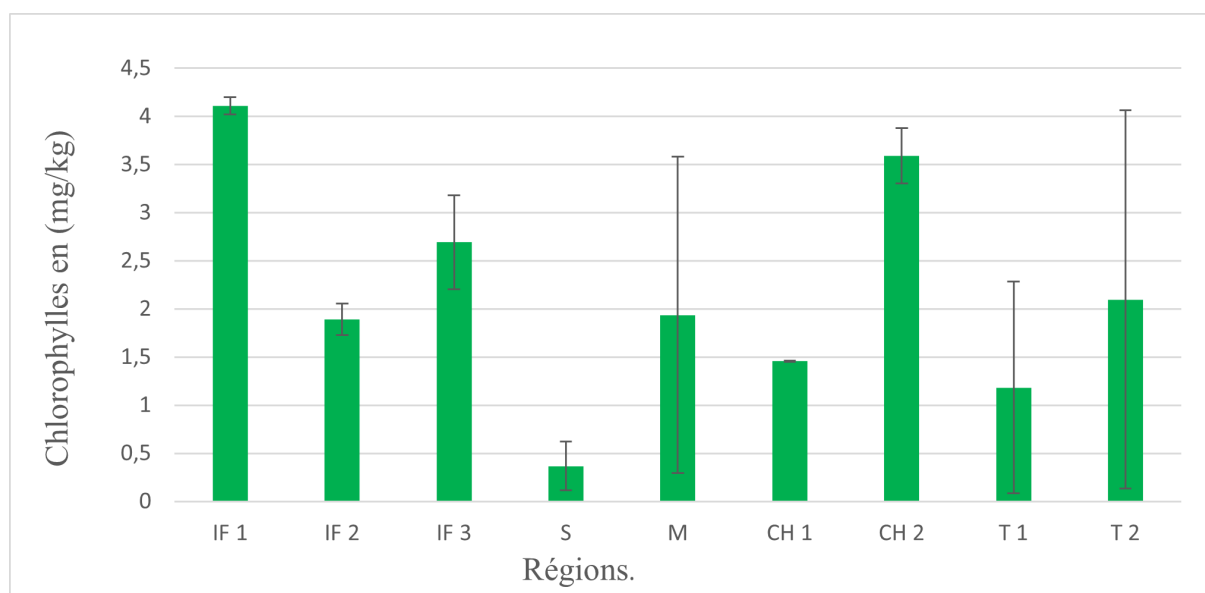


FIGURE 17 – Teneur en chlorophylles en (mg/kg) des huiles étudiées.

Les données obtenues montrent que la teneur en chlorophylle la plus élevée est enregistrée dans l'huile vierge provenant de la région Iferrhounen 1 avec un niveau de 4,25 mg/kg, quant à la teneur la plus faible est enregistrée dans la région de Selloum avec un taux de 0,45 mg/kg. Cette variation peut dépendre de la variété, du sol et des conditions climatiques selon (Psomiadou & Tsimidou, 2002).

Il est souhaitable d'avoir une faible teneur afin d'éviter l'action pro-oxydante des pigments chlorophylliens et de garantir une bonne conservation des huiles, car l'huile d'olive, en particulier riche en chlorophylle, est plus susceptible d'être oxydée (Boulfane et al., 2015).

7.2 Les caroténoïdes

La détermination des caroténoïdes est également essentielle en raison de leurs propriétés vitaminiques, nutritionnelles et antioxydantes (Reboul et al., 2007).

Les teneurs en caroténoïdes en (mg/kg) des huiles étudiées ont été illustrées dans le graphe ci-dessous.

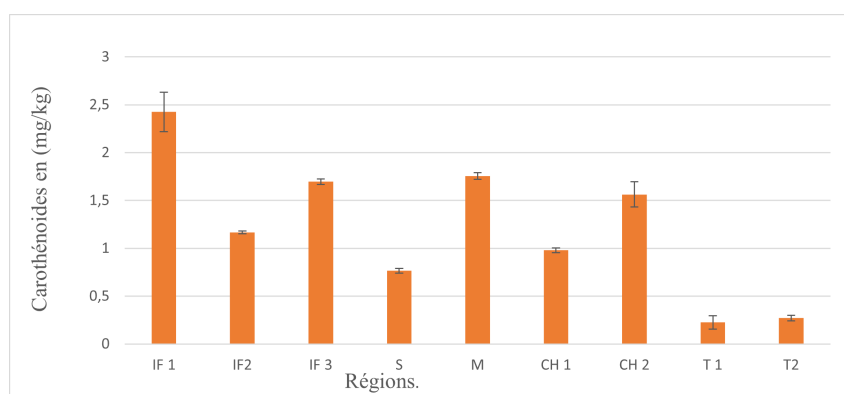


FIGURE 18 – Teneur en caroténoïdes en mg/kg des huiles étudiées

L'huile de la région d'Iferrhounen 1, présente la plus grande teneur en caroténoïdes avec une valeur de 2,4 mg/kg. La présence d'une concentration adéquate de caroténoïdes dans l'huile

retarde la photo-oxydation et maintient les caractéristiques qualitatives de l'huile pendant le stockage. Les valeurs les plus élevées de caroténoïdes peuvent être attribuées au facteur variétal (Rodrigues et al., 2018). La teneur la plus faible est enregistrée dans la région Tazmalt 1 avec une teneur de 0,25 (mg/kg), Selon Rouas et al., (2016), l'altitude de l'olivieraie a un impact sur la quantité de chlorophylles et de caroténoïdes des arbres. On déduit ainsi que, les régions les plus élevées en termes d'altitude ont une teneur en pigments de caroténoïdes plus importante et se dégradent à de basse altitude. Les résultats obtenus sont plus riches que celle étudié par (Jihed et al.2016) (0.4 et 0.88 mg/kg) respectivement pour les chlorophylles et caroténoïdes, cette variation trouvée peut être attribuée à la nature du sol, sa texture, son pH (les sols acides ne conviennent pas à la plantation d'olivier) et sa composition chimique (Bendini et al., 2007).

Conclusion

Cette étude a permis de déterminer l'effet de l'altitude sur les caractéristiques pomologiques des olives et les paramètres physico-chimiques des huiles d'olive produites dans la région de Kabylie. Les résultats ont montré que les caractéristiques pomologiques des fruits et la qualité des huiles d'olive sont spécifiquement influencées par les changements d'altitude de la région.

L'analyse morphométrique a révélé que les olives issues de basse altitude ont un rapport pulpe/noyau plus élevé et des dimensions plus importantes. Le poids des olives, compris entre 1,05 et 2,49 g, est également plus élevé à basse altitude, probablement en raison de conditions pluviométriques favorables présentes dans ces zones. Par ailleurs, les conditions climatiques en altitude semblent être défavorables à la croissance optimale des fruits de l'olivier.

En ce qui concerne la qualité de l'huile d'olive, la plupart des huiles extraites sont conformes aux normes établies pour l'huile d'olive vierge extra, en particulier les niveaux d'acidité libre et d'humidité, qui restent bien en dessous des limites établies (A% 0,8 %, H 0,2 %), des valeurs observées dans toutes les huiles étudiées. Les valeurs de peroxyde, indicateur de l'oxydation de l'huile, sont généralement conformes aux normes du Conseil oléicole international (COI), bien que des valeurs plus élevées soient enregistrées dans certaines huiles provenant d'altitudes plus élevées, telles que les huiles de la région Iferrhounen 1, Cheurfa 2 a présenté un indice de peroxyde de 31,6 méq O₂/kg, et 23,6 méq O₂/kg respectivement.

Les données de l'étude ont montré que la teneur en polyphénols varie considérablement en fonction de l'altitude, avec des valeurs allant de 250 mg/kg à 675 mg/kg. Ces variations de la teneur en composés phénoliques peuvent influencer la qualité antioxydante des huiles d'olive produites, en affectant notamment leur stabilité oxydative. La teneur en pigments chlorophylliens et caroténoïdes, responsable de la couleur et de la qualité sensorielle de l'huile, varie positivement en fonction de l'altitude de la zone de production. Ainsi, des teneurs plus élevées en caroténoïdes sont enregistrées dans les huiles provenant d'olives cultivées à haute altitude. Une concentration plus élevée de ces pigments peut renforcer la stabilité à l'oxydation et améliorer la qualité gustative des huiles provenant de cette région.

Pour conclure, cette étude a permis de mettre en évidence les effets non négligeables de l'altitude de la zone oléicole sur les caractéristiques pomologiques des fruits et les paramètres physico-chimiques de l'huile d'olive. Par ailleurs, il serait intéressant d'approfondir cette recherche en examinant l'influence d'autres facteurs environnementaux et agronomiques sur la qualité de l'huile d'olive. En outre, des analyses approfondies des profils phénoliques, des composés stéroliques et des acides gras, par chromatographie liquide et gazeuse, permettront de mieux comprendre l'influence des facteurs environnementaux sur les caractéristiques de l'huile d'olive de Kabylie.

Références

- Achouri, A., Boye, J. I., & Zamani, Y. (2007). Changes in soymilk quality as a function of composition and storage. *Journal of food quality*, 30(5), 731–744.
- Adicom, S. (1997). *L'huile d'olive et la santé*. Édition Comité Oléicole International.
- American Oil Chemists' Society. (1998). *Official methods and recommended practices of the aocs* (5th éd.). Champaign, IL : American Oil Chemists' Society.
- Amiot, M., Fleuriot, A., & Macheix, J. (1989). Accumulation of oleuropein derivatives during olive maturation. *Phytochemistry*, 28, 67–69.
- Amouretti, M., & Comet, G. (2000). *Le livre de l'olivier*. Edisud.
- Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S., & Montedoro, G. F. (2004). Characterization of virgin olive oil aroma of different cultivars by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(8), 2360–2365.
- Assmann, G., & Wahrburg, U. (2000). *Effets des composés mineurs de l'huile d'olive sur la santé (2eme partie)*. <https://www.olivae.com/effets-composes-mineurs-huile-olive/>.
- Awad, A. B., Chan, K., Downie, A., & Fink, C. (2000). Peanuts as a source of beta-sitosterol, a sterol with anticancer properties. *Nutrition and Cancer*, 36(2), 238–241.
- Baccouri, O., Guerfel, M., Baccouri, B., Cerretani, L., Bendini, A., Lercker, G., . . . Daoud Ben Miled, D. (2008). Chemical composition and oxidative stability of tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*, 109(4), 743–754.
- Baccouri, O., Medini, F., Anane, R., Hamrouni, L., Kchaou, S., El Benna, J., & Zarrouk, M. (2011). Phenolic composition and antioxidant activities of olive oils from different origins. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1086–1092.
- Baccouri, O., Salvador, M., & Zarrouk, M. (2008). Characterization of tunisian olive oils by their quality indices and fatty acid composition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(5), 449–456.
- Baldari, C., & Santulli, C. (2011). Automation in olive oil extraction plants : a review. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 854–868.
- Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., & Rallo, L. (2001). *El cultivo del olivo*.
- Belaj, A., Satovic, Z., Cipriani, G., Baldoni, L., Testolin, R., Rallo, L., & Trujillo, I. (2010). Genetic diversity and relationships in olive (*olea europaea* l.) germplasm collections based on ssr markers. *Tree Genetics Genomes*, 6, 465–478.
- Beltrán, A. M. P. . J. A., G. (2022). Innovations in olive oil production : Sustainable practices and challenges. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(4), 215–230.

- Bendini, A., Cerretani, L., Carrasco-Pancorbo, A., Gomez-Caravaca, A. M., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutierrez, A., & Lercker, G. (2007). Phenolic compounds in virgin olive oil : Methods of analysis and influence on the oxidative stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6369–6380.
- Bengana, M., Bakhouch, A., Lozano-Sánchez, J., Amir, Y., Youyou, A., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2013). Influence of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of chemlal extra-virgin olive oil. *Food Research International*, 54, 1868–1875.
- Benmessaoud, M., Bouziane, A., & Boudjemâa, T. (2020). La culture de l'olivier en kabylie : pratiques traditionnelles et perspectives de développement. *Revue d'Agriculture Méditerranéenne*, 20(1), 67-80.
- Ben Miloud, S., Chehat, F., & Lama, A. (2021). L'impact socio-économique de l'oléiculture en algérie : une analyse de la filière dans la wilaya de tizi ousou. *Revue des Sciences Sociales*, 36(1), 71-85.
- Benrachou, N. (2012). *Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'est algérien* (Thèse de doctorat non publiée). Annaba.
- Benrachou, N. (2013). *Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'est algérien* (Thèse de doctorat non publiée). Université Badji Mokhtar Annaba.
- Bensaïd, A., Abdelkader, S., & Lounis, M. (2019). L'oléiculture en algérie : état des lieux et perspectives de développement. *Revue des Sciences de l'Agriculture*, 15(2), 134-148.
- Benyahia, N., & Zein, K. (2003). Analyses des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. *Contribution spéciale de Sustainable Business Associates (Suisse) à SESEC II*, 28–29.
- Benziouche, S. (2018). The trajectory of evolution of the date palm chain in the ziban region (algeria), situation and prospects.» In *Oral communication in sixth international date palm conference* (pp. 19–21).
- Berra, B. (1998). Les composants mineurs de l'huile d'olive : aspects biochimiques et nutritionnels. *Olivae*, 73, 29–30.
- Boskou, D. (2006). *Olive oil chemistry and technology*. AOCS press Champaign, IL.
- Boukhari, R. (2014). *Contribution à l'analyse génétique et caractérisation de quelques variétés d'olivier et l'influence de l'environnement sur leurs rendements au niveau de la wilaya de tizi-ousou* (Mémoire de Magister). U.A.B.B. Tlemcen.
- Boulfane, M., et al. (2015). Physicochemical characterization of olive oils produced in traditional mills of the chaouia area.
- Boulouha, B. (2006, May 25). Forum oléa. In *Proceedings of the forum oléa*. Marrakech.
- Boussadia, O., Mariem, F. B., Mechri, B., Boussetta, W., Braham, M., & Hadj, S. B. E. (2008). Response to drought of two olive tree cultivars (cv. koroneki and mrski). *Scientia Horticulturae*, 116, 388–393.

- Boutkhil, S. (2012). Les principales maladies fongiques de l'olivier (*olea europea l.*) en algérie : répartition géographique et importance. *Mémoire de Magister en biotechnologie. Université d'Oran, faculté des sciences.*
- Brenes, M., Garcia, A., Rios, J., Garcia, P., & Garrido, A. (2002). Use of 1-acetoxypinoresinol to authenticate picual olive oils. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 615-625.
- Brescia, M., & Sacco, A. (2010). Ripening of tables olives : Use of magnetic resonanc.
- Camposeo, S., & Vivaldi, G. A. (2012). Water consumption in olive oil extraction. *Agricultural Water Management*, 105, 1–8.
- Carpio Duenas, A., & Jiménez Herrera, B. (2001). Características organolepticas y analisis sensorial del aceite de oliva. *Ed. Junta de Andalucia*, 22–26.
- Cartoni, G. P., Coccioli, F., Jasionowska, R., & Ramires, D. (2000). Hplc analysis of the benzoic and cinnamic acids in edible vegetable oils. *Italian Journal of Food Science*, 12(2), 163–173.
- Casas, J. J. S., Gordillo, C. D. M., & Exposito, J. M. (1999). La qualité de l'huile d'olive provenant de variétés cultivées en estrémadure en fonction de la composition et de la maturation de l'olive. *Olivae*, 75, 31-36.
- Chemat, F., Huma, Z., & Khan, M. (2011). Applications of ultrasound in food technology : Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813-835.
- Chemonics International, I. (2006). *Guide de bonnes pratiques de fabrication des huiles d'olive.* Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Royaume du Maroc.
- Civantos, L., Contreras, R., & Graña, R. (1992). *Obtencion del aceite de oliva virgen.* Madrid : Editorial Agrícola Española.
- Clodoveo, M. L. (2013). An overview of emerging techniques in virgin olive oil extraction process : strategies in the development of innovative plants. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(2), e123.
- Codex Alimentarius. (1981). *Norme codex pour les huiles d'olive vierges et raffinées et pour l'huile de grignons d'olive raffinée.* Codex STAN 33-1981 (Rév. 1989, 2003, 2015).
- COI. (2009). Méthode de détermination de l'indice de peroxyde. *International Olive Council, COIT.20/Doc. No 2/Rev. 7.*
- COI. (2019). *Rapport annuel sur la production d'huile d'olive 2019.* <http://www.internationaloliveoil.org/documents/viewfile/1234-rapport-annuel-2019.pdf>. (Consulté le : 5 juin 2024)
- COI. (2023). *Annual olive oil production statistics.* (Retrieved from IOC website)
- Dag, A., Orhan, E., Topak, R., Dag, S., & Balta, F. (2010). Effects of deficit irrigation on yield and quality parameters of olive. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1695–1702.

- Daoudi, L. (1994). *Etude des caractères végétatifs et fructifères de quelques variétés locales et étrangères d'olivier cultivées à la station expérimentale de sidi-aich (bejaia)* (Thèse de doctorat non publiée). Thèse de magister. Inst. Nat. Agr. El-Harrach. 132p.
- Delgado, C., Jiménez, A., Beltrán, G., & Aguilera, M. (2018). Olive paste malaxation and olive oil extraction : A review. *Food Research International*, 106, 976-990.
- Di Giovacchino, L. (1991). L'extraction de l'huile d'olive par le système de la pression, de la centrifugation et de la percolation : incidence des techniques d'extraction sur les rendements en huile. *Olivae*, 36, 15-40.
- Duenas, A. C., & Herrera, B. J. (2001). *Características organolepticas y analisis sensorial del aceite de oliva*. Ed. Junta de Andalucía.
- Duriez, O., Pastout-Lucchini, L., Boos, M., Chastel, O., Fritz, H., Ferrand, Y., & Clobert, J. (2004). Low levels of energy expenditure in a nocturnal, forest-dwelling wader, the eurasian woodcock scolopax rusticola. *Ardea*, 92(1), 31-42.
- Emberger, L. (1960). Les végétaux vasculaires. *Traité de botanique (systématique)*, 2.
- FAO. (2022). *Rapport annuel sur la production mondiale d'huile d'olive*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO. (2023). *Faostat : Crops and livestock products*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Fernandez-Escobar, R., Benloch, M., Navarro, C., & Martin, G. (1992). The time of floral induction in the olive. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2), 304-307.
- Fernández-Escobar, R., Moreno-Alías, I., Moreno, R., & Rallo, L. (2011). Nitrogen fertilization increases fruit yield but does not improve oil accumulation in olive (*olea europaea* L.) under water stress conditions. *Scientia Horticulturae*, 128(4), 375-381.
- Fiorino, P., & Nizzi-Griffi, F. (1991). Maturazione delle olive e variación di alcuni componenti dell'olio. *Olivae*, 35, 25-28.
- Frias Ruiz, L., Garcia Ortiz Rodriguez, A., Hermoso Feranandez, M., Jiminez Marquez, A., Llaverro Del Pozo, M., Morales Bernandino, J., ... Uceda Ojeda, M. (1991). *Analistas de laboratorio de almazara*.
- Gani, S. (2023). *L'algerie peut se positionner en tant que régulateur du marché mondial d'huile d'olive*. Consulté sur <https://www.agroligne.com/site-map/articles/212-e-agroligne/le-meilleur-de-l-info/25032-samir-gani-specialiste-de-la-filiere-oleicole-l-algerie-peut-se-positionner-en-tant-que-regulateur-du-marche-mondial-d-huile-d-olive.html>
- Garcia, J., & Lopez, M. (2023). Innovation and sustainability in the olive oil sector. *Agricultural Advances*, 45(3), 217-233.
- Ghezlaoui, M. (2011). Influence de la variété, nature du sol et les conditions climatiques sur la qualité des huiles d'olives des variétés chemlal, sigoise et d'oléastre dans la wilaya de tlemcen. *Mémoire de Magister. Université Tlemcen*, 213.

- Gilbert, B., et al. (2007). *L'olivier en méditerranée : du symbole à l'économie* (Rapport technique).
- Gomez-Caravaca, A. M., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutierrez, A., & Lercker, G. (2010). Influence of harvest date and olive ripeness degree on the phenolic profile and other quality parameters of virgin olive oil. *Food Chemistry*, *119*(3), 957–964.
- Gómez-Rico, A., Salvador, M. D., La Greca, M., & Fregapane, G. (2006). Phenolic and volatile compounds of extra virgin olive oil (olea europaea l. cv. cornicabra) with regard to fruit ripening and irrigation management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(19), 7130–7136.
- Greven, M., Neal, S., Green, S., Dichio, B., & Clothier, B. (2009). The effects of drought on the water use, fruit developments and oil yield from young olive trees. *Agricultural Water Management*, *96*, 1525–1531.
- Gutiérrez, R., Gutiérrez, F., Salamanca, G., & de la Rosa, R. (2008). Influence of olive cultivar and geographical origin on virgin olive oil aroma. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *88*(7), 1241–1251.
- Gómez-Alonso, S., Salvador, M. D., & Fregapane, G. (2019). Evolution of virgin olive oil sensory attributes during storage : A study on bottled and bag-in-box oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *67*(1), 530-540.
- Gómez-Rico, A., Salvador, M. D., & La Greca, M. (2022). Technological innovations in olive oil production : A review. *Journal of Olive Research*, *15*(1), 34-50.
- Gómez-Rico, A., Salvador, M. D., La Greca, M., & Fregapane, G. (2006). Phenolic and volatile compounds of extra virgin olive oil (olea europaea l. cv. cornicabra) with regard to fruit ripening and irrigation management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(18), 7130–7136.
- Haddou, D. (2017). *L'infestation de la teigne de l'olivier dans quelques vergers* (Mémoire de Master non publié).
- Hadjou, L., Lamani, O., & Cheriet, F. (2013). Labellisation des huiles d'olive algériennes : contraintes et opportunités du processus ? *New Medit*, *941*(35).
- Hadjou, L., Lamani, O., & Cheriet, F. (2014). Labellisation des huiles d'olive algériennes : contraintes et opportunités du processus ? *New Medit*, *13*(3), 35–42.
- Hannachi, H., Msallem, M., Elhadj, S. B., & El Gazzah, M. (2007). Influence du site géographique sur les potentialités agronomiques et technologiques de l'olivier (olea europaea l.) en tunisie. *Comptes Rendus Biologies*, *330*(2), 135–142.
- Harwood, J., & Aparicio, R. (2000). *Handbook of olive oil : Analysis and properties*. Gaithersburg, Maryland, USA : Aspen Publications.
- Hermoso Fernández, M., González Delgado, J., Uceda Ojeda, M., García-Ortiz Rodríguez, A., Morales Bernardino, J., Friaz Ruiz, L., & Fernández García, A. (1995). *Elaboracion de aceite de oliva de calidad. obtencion por el sistema de dos fases*.

- Inarejos-García, A. M., Gómez-Rico, A., Salvador, M. D., & Fregapane, G. (2011). Influence of malaxation conditions on virgin olive oil yield, overall quality and composition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(5), 695–702.
- Inglese, P., Famiani, F., Galvano, F., Servili, M., Esposito, S., & Urbani, S. (2002). Factors affecting extra-virgin olive oil composition. *Horticultural Reviews*, 31, 295-340.
- Jiménez, A., Uceda, M., Beltrán, G., & Aguilera, M. (2017). Influence of olive fruit crushing on virgin olive oil quality. *Food Chemistry*, 229, 599-607.
- Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood Jr, D., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., & Robards, K. (2007). Influence of cultivar and geographical origin on virgin olive oil aroma. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(11), 4577–4586.
- Kiritsakis, A. (1998). *Olive oil : From the tree to the table*. Food & Nutrition Press.
- Labaali, K. (2009). *Caractéristiques chimiques du sol des oliviers en période de fin floraison et début nouaison* (Mémoire ing. Agronomie). Univ. Cadi Ayad, Marrakech.
- Leroy, I. (2011). *L'huile d'olive dans tous ses états* (Thèse de doctorat). Université Henri Poincaré, France.
- López-Villalta, M. C. (1999). *Contrôle des parasites et des maladies de l'olivier*. Conseil oléicole international.
- Loumou, A., & Giourga, C. (2003). Olive groves : "the life and identity of the mediterranean". *Agriculture and Human Values*, 20(1), 87–95.
- Loussert, R., & Brousse, G. (1978). L'olivier. techniques agricoles et production méditerranéennes. *Maisonneuve et Larose, Paris*, 460.
- López-Bellido, R. J., García, A., & Mateos, P. (2022). Sustainability in olive oil production : Reuse and recycling of by-products. *Agricultural Systems*, 195, 103-112.
- López-López, A., Montaña, A., Ruiz-Mendez, M., & Garrido-Fernandez, A. (2008). Sterols, fatty alcohols, and triterpenic alcohols in commercial table olives. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(3), 253–262.
- MADR. (2017). *Rapport annuel sur l'agriculture*. Alger : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- MADR. (2023). *Données statistiques sur la filière oléicole en algérie*. Alger : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- Mahfouz, C., & Bassal, A. (2007). Influence de l'altitude et de la date de récolte sur la qualité de l'huile d'olive au liban sud. *Annales de recherche scientifique*(7), 97–103.
- Mahhou, A., Nabil, Y., Hadiddou, A., et al. (2012). Performances des variétés d'olivier : Arbéquine, haouzia et menara en conditions pluviales dans la région de meknès au maroc. *Bulletin*, 18, 3–18.
- Mahmoudi, M., Benabderrahmane, A., & Chabane, H. (2021). Développement de l'oléiculture dans les régions semi-arides de l'algérie : défis et opportunités. *Journal of Agricultural Research*, 33(4), 245-259.

- Meftah, H., Latrache, H., Hamadi, F., Gharby, S., Eloualli, M., & Mohammed, V. (2013). Lipid components of olive oil from tadla azilal area of morocco : Characterization and authenticity. *Chemical and Process Engineering Research*, 15, 11–17.
- Meghaichi, A., & Merikhi, M. (2008). *Caractérisation morphologique des variétés d'olivier dans la région de jijel* (Mémoire de Master non publié).
- Mehri, H., & Hellili. (1995). Biologie florale de l'olivier, problème de l'auto incompatibilité chez la variété « meski » et recherche de pollinisateur. *Revue Olivae*(55), 35-39.
- Mendil, M., & Sebai, A. (2006). Catalogue des variétés algériennes de l'olivier. *Ministere de l'agriculture et du développement rural, ITAF Alger, Algeria*, 98.
- Mezghani, M. A., El Hadj, S. B., Labidi, F., & Jebari, A. (2008). Structure du bourgeon végétatif et relation avec le résultat de la croissance chez l'olivier (*olea europaea* L.) : mise en évidence d'une préformation hivernale et estivale. *BASE*.
- Minguez-Mosquera, M. I., & Gandul-Rojas, B. (1996). Chlorophyll and carotenoid composition in virgin olive oils from various spanish olive varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 31–39.
- Montedoro, G. F., Servili, M., Baldioli, M., & Miniati, E. (1992). Simple and hydrolyzable phenolic compounds in virgin olive oil. 1. their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by hplc. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(9), 1571-1576.
- Montemurro, C., Petrelli, G., & Summa, A. (2023). Advances in olive breeding : Improving yield and disease resistance. *Plant Breeding Reviews*, 47, 175-198.
- Morelli, G., Mastroleo, G., & Greco, A. (2020). *Olive tree and olive oil in mediterranean diet*. Springer.
- Morelló, J.-R., Motilva, M.-J., Tovar, M.-J., & Romero, M.-P. (2004). Changes in commercial virgin olive oil (cv arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food chemistry*, 85(3), 357–364.
- Moutier, N., et al. (2004). Influence of altitude on fruit growth and development in olive tree. *Journal of Horticultural Science Biotechnology*, 79(4), 524-528.
- Mushtaq, A., Hanif, M. A., Ayub, M. A., Bhatti, I. A., & Romdhane, M. (2020). Olive. In *Medicinal plants of south asia* (pp. 541–555). Elsevier.
- Ocakoglu, D., Tokatli, F., Banu, O., & Figen, K. (2009). Distribution of simple phenols, phenolic acids and flavonoids in turkish monovarietal extra virgin olive oils for two harvest years. *Food Chemistry*, 113(2), 401–410.
- Ollivier, D., Boubault, E., Pinatel, C., Souillol, S., Guerere, M., & Artaud, J. (2004). Analyse de la fraction phénolique des huiles d'olive vierges. *Annales des falsifications, de l'expertise chimique et toxicologique*, 965, 169–196.
- Orregia, M., & Marinelli, L. (2017). Flos olei. *Del tribunal Di Roma. Italie. π Pyrotechnie> Sujet du message : exigences de l'olivier. Site officiel <http://agrotizi.xooit.fr/t103>*.

- Pagnol, J. (1975). L'olivier. 3eme édition, avignon (france). *Aubanel*, 180p.
- Paraskeva, P., & Diamadopoulou, E. (2006). Technologies for olive mill wastewater (omw) treatment : a review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology : International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 81(9), 1475–1485.
- Pastor, M., Gutierrez, F., Del Rio, C., Servili, M., Taticchi, A., & Montedoro, G. (2004). Influence of crop load on the phenolic and sensory characteristics of virgin olive oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3511–3516.
- Poljuha, D., Sladonja, B., Brkić Bubola, K., Radulović, M., Brščić, K., Šetić, E., . . . Milotić, A. (2008). A multidisciplinary approach to the characterisation of autochthonous istrian olive (*olea europaea* l.) varieties. *Food Technology and Biotechnology*, 46(4), 347–354.
- Psomiadou, E., & Tsimidou, M. (2001). Pigments in greek virgin olive oils : Occurrence and levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(7), 640-647.
- Psomiadou, E., & Tsimidou, M. (2002). Stability of virgin olive oil. 2. photo-oxidation studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 722-727.
- Ranalli, A., & Angerosa, F. (1996). Influence of virgin olive oil processing on its contents of volatile compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(10), 3415–3421.
- Rivera del Álamo, R., Fregapane, G., Aranda, F., Gomez-Alonzo, S., & Salvador, M. (2004). Sterols and alcohols composition of cornicabra virgin olive oil : The campesterol content exceeds the upper limit of 4by the eu regulations. *Food Chemistry*, 84(4), 533–537.
- Romain, J., Thomas, C., Pierre, S., & Gerard, B. (2006). *Science des aliments : autres constituants des aliments*. ED. Tec et Doc-Lavoisier.
- Rotondi, A., Bendini, A., Cerretani, L., Mari, M., & Lercker, G. (2004). Oleuropein hydrolysis and hydroxytyrosol production by olive (*olea europaea* l. var. coratina) fruit homogenate during processing. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(13), 4145–4150.
- Ruiz-Gutiérrez, V., Morgado, N., Parada, J., et al. (1998a). Composition of human vldl triacylglycerol after ingestion of olive oil and high oleic sunflower oil. *The Journal of Nutrition*, 128, 570-576.
- Ruiz-Gutiérrez, V., Morgado, N., Parada, J., et al. (1998b). Composition of human vldl triacylglycerol after ingestion of olive oil and high oleic sunflower oil. *The Journal of Nutrition*, 128, 570–576.
- Ryan, D., & Robards, K. (1998). Phenolics compounds in olives. *Analyst*, 123, 41–44.
- Ryan, D., & Robards, K. (2002). Influence of climate and cultivar on the content of minor constituents in australian virgin olive oil. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8(2), 97–104.
- Saad, P. (2009). *Etude de la stabilité des sucres réducteurs de l'hydrolysate acide des grignons d'olive dans un milieu synthétique* (Thèse de doctorat non publiée). Éditeur non identifié.
- Sanchez Casas, J., Osorio Bueno, E., Montañó Garcia, A., & Martinez Cano, M. (2004). Sterols and erythrodiol + uvaol content of virgin olive oils from cultivars of extremadura (spain). *Food Chemistry*, 87(2), 225–230.

- Sanz-Cortes, F., García-García, P., & Leon, L. (2023). Challenges and future directions in global olive oil production. *Olive Oil Science and Technology Journal*, 28(3), 215-230.
- Schena, L., Li Destri Nicosia, M. G., & Sanzani, S. M. (2023). Xylella fastidiosa : Current research and future perspectives in olive trees. *Phytopathology*, 113(2), 126-138.
- Sebastien, V. (2010). *Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : Entre tradition et innovation* (Thèse de doctorat non publiée). Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Servili, M., Esposito, S., Fabiani, R., Urbani, S., Taticchi, A., Mariucci, F., & Montedoro, G. F. (2013). Phenolic compounds in olive oil : antioxidant, health and organoleptic activities according to their chemical structure. *Inflammopharmacology*, 21, 1-18.
- Servili, M., & Montedoro, G. (2002). Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(9-10), 602-613.
- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposito, S., Montedoro, G., & Morozzi, G. (2019). Technological and biochemical aspects of olive oil extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(14), 3818-3834.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Smith, J., Brown, E., & Johnson, M. (2022). Impact of pulp to pit ratio on olive fruit quality and industrial processing. *Journal of Pomology and Horticultural Science*, 45(3), 123-135.
- Soler, M., Cubero, J. I., Gil, J., Harwood, J. L., & Beltrán, G. (2010). Genetic characterization of the main olive cultivars using microsatellite markers. *Scientia Horticulturae*, 126(2), 111-118.
- Tanouti, O., Bousliman, Y., Bouzidi, A., & Zizi, M. (2011). Caractérisation des composés volatils des huiles d'olive produites dans des coopératives de la région orientale du maroc.
- Terral, J.-F., Arnold-Simard, G., & Buxó, R. (2004). La culture de l'olivier et ses premiers développements en méditerranée occidentale : une approche pluridisciplinaire. *Journal of Archaeological Science*, 31(1), 1-16.
- Therios, I. N. (2009). *Olives* (Vol. 18). CABI.
- Tous, J., & Romero, A. (1994). Cultivation techniques of the olive. *International Olive Oil Council*, 6(1), 45-52.
- Tous, J., & Romero, A. (1998). Olive growing in the world and its importance in the spanish community. *Olint Magazine*, 3, 36-39.
- Tura, D., Marone, E., Zappaterra, M., Angilè, F., Biasioli, F., Pittia, P., & Baldoni, L. (2012). Influence of harvest date and ripening degree on olive (cv. coratina) oil quality. *Scientia Horticulturae*, 148, 216-223.
- Tzia, C., & Oreopoulou, V. (2003). Extraction of oil from olive drupes. In *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry* (pp. 225-243). Springer, Boston, MA.
- United Nations Comtrade. (2023). *International trade statistics*. <https://comtrade.un.org>.

- United States Department of Agriculture. (2023). *Olive oil imports and consumption in the united states*. Consulté sur <https://www.usda.gov>
- Uttiyama, M. C. B., Moraes, R. M. A., Yamada, M. M., & Crocomo, O. J. (2001). Influence of altitude on chemical composition and quality of coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4989–4993.
- Visioli, F., & Galli, C. (2002). Antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil. *Medicinal Research Reviews*, 22(1), 65–75.
- Vossen, P. (2007). Olive oil : history, production, and characteristics of the world's classic oils. *HortScience*, 42(5), 1093–1100.
- Yang, D., Kong, D., & Zhang, H. (2007). Multiple pharmacological effects of olive oil phenols. *Food Chemistry*, 104(3), 1269-1271.
- Zanoni, B., Bertuccioli, M., Rovellini, P., Marotta, F., & Mattei, A. (2005). A preliminary approach to predictive modelling of extra virgin olive oil stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(9), 1492–1498.
- Zunin, P., Bogoni, P., Grassi, S., & Caricato, G. (2008). Influence of olive ripeness and harvest date on virgin olive oil quality of the italian cultivar coratina. *Food Chemistry*, 107(3), 1125–1132.

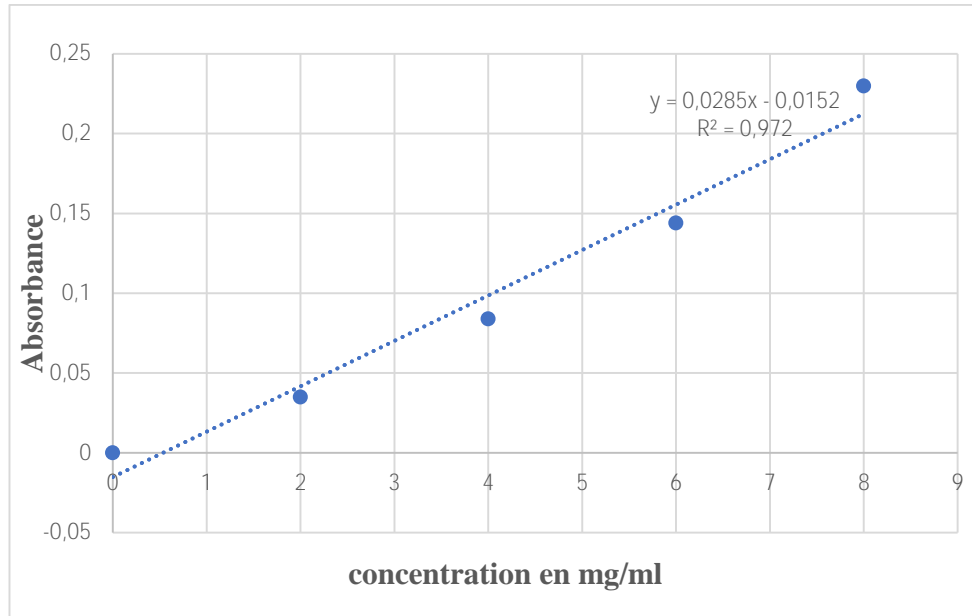
Annexe 01

Liste des appareils, matériels, de la verrerie et des produits.

Matériels et appareils	Verreries	Produits
<p>Matériels</p> <ul style="list-style-type: none">-Huile D'olive.-Pied A Coulisse.- Micropipettes (1000µl, 500µl).- Spatule.- Flacons.- Gants Stériles.- Bécher.- Tubes A Essai Stériles.- Burette Graduée.- Erlenmeyer.- Entonnoir.- Flacons Stériles.- Masques Chirurgical.-Passoire.-Centrifugeuse. <p>Appareils</p> <ul style="list-style-type: none">- Etuve.- Un Cristalliseur.-Un Dessiccateur.- Spectrophotomètre UV-VISIBLE.- Balance De Précision.-Bain A Ultrasons.	<ul style="list-style-type: none">- Verre A Montre.- Bécher.- Tubes A Essai Stériles.- Boites De Pétri En Verre.- Burette Graduée.-Thermomètre.- Erlenmeyer.- Entonnoir.- Flacons Stériles.	<ul style="list-style-type: none">- Folin-Ciocalteu.- Carbonate De Sodium.-Ether Diéthylique.- Ethanol.-Koh (0,1n).-Acide Gallique.-Phénolphtaléine (1%).-Acide Acétique.-Cyclohexane.-Chloroforme.-Iodure De Potassium (Ki).-Thiosulfate De Sodium A 0,01 N.-Empois D'amidon A 1%.-Bicarbonate De Sodium A 30%.- Eau Distillée.

Annexe 02.

Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux par l'Acide gallique.



Test de corrélation Pearson

Corrélations	Chlorophylles	Caroténoïdes	Polyphénols	Humidité	Longueur	Largeur	Poids	Poids du noyau	Pulpe	P/N	IM
Caroténoïdes	0,74										
Polyphénols	-0,40	-0,25									
Humidité	0,00	-0,19	-0,10								
Longueur	-0,63	-0,62	0,21	0,39							
Largeur	-0,63	-0,47	0,20	0,46	0,94						
Poids	-0,60	-0,40	0,14	0,47	0,92	0,98					
Poids du noyau	-0,47	-0,49	0,07	0,51	0,96	0,90	0,93				
Poids Pulpe	-0,62	-0,36	0,15	0,45	0,89	0,98	0,99	0,89			
P/N	-0,57	-0,03	0,22	-0,02	0,23	0,49	0,43	0,09	0,53		
IM	0,24	-0,13	-0,37	0,71	-0,13	-0,13	-0,13	-0,05	-0,14	-0,22	
Altitude	0,33	0,57	0,52	-0,38	-0,44	-0,39	-0,35	-0,40	-0,33	-0,10	-0,54

Annexe 04

Exemple de la méthode utilisé pour la détermination de la maturation du fruit de l'olivier.



Résumé :

L'huile d'olive est une denrée alimentaire très appréciée pour sa qualité gustative et sa grande valeur nutritionnelle. Sa qualité est influencée par divers facteurs environnementaux et technologiques, tels que la variété, les conditions géo-climatiques, la maturation des olives et le procédé d'extraction utilisé.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de l'altitude sur les caractéristiques pomologiques des fruits et les paramètres physico-chimiques des huiles d'olive produites dans la région de Kabylie. Des analyses morphométriques ont été effectuées, comprenant des mesures de longueur, de largeur, du rapport pulpe/noyau et du poids de la pulpe et du fruit, en examinant 40 drupes fraîches provenant de chaque zone d'étude. Parallèlement, des analyses d'humidité, l'indice d'acidité, l'indice de peroxyde, la teneur en polyphénols totaux et en pigments, ont été réalisées sur les huiles d'olive afin de déterminer l'évolution des caractéristiques physico-chimiques

Les paramètres du fruit ont déterminé que le rapport P/N et le poids du fruit sont élevés à basse altitude. Parallèlement ; les analyses physicochimiques de l'huile tels que l'humidité, l'indice de peroxyde, l'indice d'acidité, la teneur en polyphénols et en pigments respectent les normes établies pour les huiles extra vierge, déterminant ainsi les effets non négligeables de l'altitude.

Mot clés : pomologie, huile extra vierge, qualité, altitude, Kabylie.

Abstract:

Olive oil is a foodstuff much appreciated for its taste and high nutritional value. Its quality is influenced by various environmental and technological factors, such as variety, geo-climatic conditions, olive ripening and the extraction process used.

The aim of this study was to assess the impact of altitude on the pomological characteristics of the fruit and the physico-chemical parameters of the olive oils produced in the Kabylie region. Morphometric analyses were carried out, including measurements of length, width, pulp/core ratio and pulp and fruit weight, by examining 40 fresh drupes from each study area. At the same time, the olive oils were analyzed for moisture, acidity index, peroxide value, total polyphenol and pigment content, in order to determine changes in physico-chemical characteristics.

Fruit parameters showed that the P/N ratio and fruit weight are high at low altitudes. At the same time, physicochemical analyses of the oil, such as moisture content, peroxide value, acid value, polyphenol and pigment content, were all within the standards set for extra-virgin oils, demonstrating the significant effects of altitude.

Key words: pomology, extra virgin oil, quality, altitude, Kabylia.

الملخص:

زيت الزيتون مادة غذائية ذات قيمة غذائية عالية لمذاقها وقيمتها الغذائية العالية. وتتأثر جودته بالعديد من العوامل البيئية والتكنولوجية المختلفة، مثل التنوع والظروف الجغرافية المناخية ونضج الزيتون وعملية الاستخلاص المستخدمة.

كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير الارتفاع على الخصائص البومولوجية للفاكهة والمعايير الفيزيائية الكيميائية لزيت الزيتون المنتجة في منطقة القبائل. تم إجراء تحاليل مورفومترية، بما في ذلك قياسات الطول والعرض ونسبة اللب/النواة و وزن اللب والثمرة من خلال فحص 40 ثمرة طازجة من كل منطقة من مناطق الدراسة. في الوقت نفسه، تم تحليل زيوت الزيتون من حيث محتوى الرطوبة ومؤشر الحموضة وقيمة البيروكسيد ومحتوى البولي فينول الكلي والمحتوى الصبغى لتحديد التغيرات في خصائصها الفيزيائية الكيميائية.

أظهرت معاملات الثمار أن نسبة P/N ووزن الثمار مرتفعة في الارتفاعات المنخفضة. وفي الوقت نفسه، فإن التحاليل الفيزيائية الكيميائية للزيت، مثل محتوى الرطوبة وقيمة البيروكسيد وقيمة الحموضة ومحتوى البوليفينول والصبغة، جميعها تتوافق مع المعايير المحددة الزيوت البكر الممتازة، مما يشير إلى التأثيرات الكبيرة للارتفاع.

الكلمات المفتاحية: علم الثمر، الزيت البكر الممتاز، الجودة، الارتفاع، منطقة القبائل