

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Mohamed-Seddik Benyahia – Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option: Toxicologie de l'environnement

Thème :

*Evaluation de la contamination métallique de
l'huile d'olive de la wilaya de Skikda :*

Cas de la mine de Boudoukha

Présenté par :

BENGUESSOUM Khouloud

Jury de soutenance:

Présidente : M^{me} CHEBAB S.

Examineur : M^r BOUDJELAL F.

Encadreur : M^r MAYACHE B.

Session: Juin 2017

Numéro d'ordre:

Dédicace

*Je dédie ce travail à ma source de joie, à la bougie qui a éclairé mon chemin,
à la femme qui m'a donné la vie, l'envie de vivre et le désir d'exceller.
Ce travail est le fruit de tes efforts et soutien tout au long de mon parcours,
merci maman.*

A mon cher père, source inépuisable d'amour, d'affection et de sacrifices.

A ma sœur Boutaina.

A mon frère Sifou.

A mon adorable petite sœur Nadine.

A mon cher fiancé.

A mes amies Amal et Soumia.

A tous ceux que j'aime.

Remerciement

En premier lieu, je remercie Dieu, le tout puissant, de m'avoir donné la patience, la volonté et la force nécessaire pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier particulièrement Professeur Mayache Boualem, de m'avoir donné l'occasion de réaliser un travail original, pour la confiance qu'il m'a accordé et pour ses conseils avisés et constructifs. Merci pour sa disponibilité malgré son emploi du temps trop chargé.

Je le remercie pour son encadrement et ses encouragements.

Ce travail lui doit beaucoup.

Je suis très reconnaissante envers Madame Bencharif Naila, qui malgré ses nombreuses occupations a aimablement accepté de m'aider, pour sa gentillesse, son aide, son soutien, sa patience, sa disponibilité, ses relectures, ses conseils, merci beaucoup, je n'oublierai jamais.

Je tiens à remercier l'ensemble des membres de jury qui m'ont fait l'honneur en acceptant de juger mon travail.

Je remercie de tout cœur les ingénieurs du laboratoire d'écotoxicologie de l'université de Jijel « Nasiha, Aicha, Salima, Majda, Souraia, Assma, Nabila et Mokhtar » pour leur gentillesse, leur compréhension et leur aide.

Mes remerciements vont également à mes amies Amal et Soumia pour leur aide, leur encouragement et leur soutien.

Merci à ma famille pour son soutien sans faille et pour l'équilibre qu'elle m'apporte, pour ses encouragements et pour son écoute toujours attentive de mes histoires d'huile d'olive.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin merci.

Sommaire

Liste des abréviations	vi
Liste des figures	x
Introduction	01

Partie I : Synthèse bibliographique

I. Olivier et huile d'olive	03
I.1. Etude de l'olivier	03
I.1.1. Historique et répartition	03
I.1.2. Description botanique	03
I.1.3. Classification	04
I.1.4. Variétés d'oliviers	05
I.2. Huile d'olive	05
I.2.1. Définition	05
I.2.2. Composition et caractéristiques	05
I.2.3. Extraction de l'huile d'olive	06
I.2.4. Catégories d'huile d'olive	07
I.2.5. Qualité de l'huile d'olive	07
I.2.5.1. Critères d'évaluation de la qualité de l'huile d'olive	07
I.2.5.2. Facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive	08
I.2.6. Production et consommation d'huile d'olive	12

II. Contamination métallique de l'huile d'olive	13
II.1. Généralités sur les éléments traces métalliques	13
II.1.1. Définition	13
II.1.2. Origine des éléments traces métalliques	13
II.1.2.1. Origine naturelle	13
II.1.2.2. Origine anthropique	13
II.2. Eléments traces métalliques étudiés	14
II.2.1. Cadmium	14
II.2.1.1. Définition et propriétés physicochimiques	14
II.2.2. Cuivre	14
II.2.2.1. Définition et propriétés physicochimiques	14
II.2.3. Plomb	15
II.2.3.1. Définition et propriétés physicochimiques	15
II.2.4. Zinc	15
II.2.4.1. Définition et propriétés physicochimiques	15
II.3. Toxicité et tolérance	15
II.4. Origine de la contamination métallique de l'huile d'olive	16
II.5. Effets des ETM sur la qualité de l'huile d'olive	17

Partie II : Partie pratique

I. Matériel et méthodes.....	19
I.1. Présentation de la zone d'étude	19
I.1.1. Présentation de la région de Boudoukha	19

I.1.1.1. Situation géographique	19
I.1.1.2. Réseau hydrographique	19
I.1.1.3. Climat et végétation	19
I.1.1.4. Historique des travaux miniers de la région de Boudoukha	20
I.1.2. Présentation de la région de Boudriaa Ben Yadjis	20
I.1.2.1. Situation géographique	20
I.1.2.2. Climat et végétation	20
I.2. Echantillonnage et technique de prélèvement	21
I.2.1. Choix des emplacements de prélèvement	22
I.2.2. Conditionnement et conservation des échantillons	22
I.3. Analyse physicochimiques des huiles d'olive	22
I.3.1. Détermination de l'indice d'acidité	22
I.3.2. Détermination de l'acidité libre	23
I.3.3. Détermination de l'indice de peroxyde	23
I.3.4. Détermination de l'indice de saponification	24
I.3.5. Détermination de l'indice d'iode	25
I.3.6. Détermination de l'indice d'ester	25
I.4. Analyse des ETM.....	26
I.5. Analyse statistique	26
II. Résultats et interprétation	27
II.1. Caractéristiques physicochimiques	27
II.1.1. Indice d'acidité	27

II.1.2. Acidité oléique	28
II.1.3. Indice de peroxyde	29
II.1.4. Indice de saponification	29
II.1.5. Indice d'iode	30
II.1.6. Indice d'ester	31
II.2. Eléments traces métalliques	32
II.2.1. Cadmium	32
II.2.2. Cuivre	33
II.2.3. Plomb	34
II.2.4. Zinc	34
III. Discussion.....	36
III.1. Caractéristiques physicochimiques	36
III.1.1. Indice d'acidité	36
III.1.2. Acidité oléique	37
III.1.3. Indice de peroxyde	38
III.1.4. Indice de saponification	40
III.1.5. Indice d'iode	40
III.1.6. Indice d'ester	41
III.2. Eléments traces métalliques.....	41
III.2.1. Cadmium	41
III.2.2. Cuivre	43
III.2.3. Plomb	44

Sommaire

III.2.4. Zinc	45
Conclusion	47
Références bibliographiques	49
Annexes	

Liste des abréviations

A %: Acidité oléique;

Ag: Argon;

ANOVA: Analyse de la Variance;

Bi: Bismuth;

°C: degré Celsius;

Ca: Calcium;

Ca²⁺: Ions de Calcium;

Cd: Cadmium;

Cd²⁺: Ions de cadmium;

CFJ: Conservation des Forêts Jijel;

cm³: centimètre cube;

COI: Conseil Oléicole International;

Cu: Cuivre;

Cu²⁺: Ions de Cuivre;

DRDPA: Direction de la Régulation et de Développement de la Production Agricole;

DSR: Direction des Services Agricoles;

E.R.E.M: Etude et Réalisation d'Ensembles Mécaniques;

ETM: Elément Trace Métallique;

Fe: Fer;

Fe²⁺: Ions de Fer;

fig: figure;

g: gramme;

Ha: Hectare;

HAP: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques;

HClO₄: Acide perchlorique;

hl: hectolitre;

HNO₃: Acide nitrique;

H₂SO₄: Acide sulfurique;

I₂: Iode;

I_A: Indice d'acidité;

I_E: Indice d'ester;

I_i: Indice d'iode;

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique;

Ip: Indice de peroxyde;

Is: Indice de saponification;

ISO: International Organization for Standardization;

K: Potassium;

Kcal: Kilocalorie;

kg: kilogramme;

Km: kilomètre;

Km²: kilomètre carré;

KOH: Hydroxyde de Potassium;

l: litre;

Li: Limité inférieure ;

Ls: Limite supérieure ;

m: mètre;

M: Molarité;

meq d'O₂: mélléquivalent d'oxygène;

Mg: Magnésium;

mg: milligramme;

ml: millilitre;

mm: millimètre;

mn: minute;

N: Normalité;

NA: Norme Algérienne;

Na: Sodium;

NF NE: Norme Francaise Norme Anglaise;

nm: nanomètre;

OIN: Organisation Internationale de Normalisation;

Onfaa: Observatoire national des filières agricoles et agroalimentaires ;

Pb: Plomb;

Pb²⁺: Ions de Plomb;

pH: potentiel Hydrique;

ppm: partie par million;

SAA: Spectrophotométrie d'absorption atomique;

UE: Union Européenne;

V: Vanadium;

v: volume;

Liste des abréviations

WHO: World Health Organisation;

Zn: Zinc;

Zn²⁺: Ions de Zinc.

Liste des figures

Figure 01. Aire de répartition de l'olivier dans le monde	03
Figure 02. <i>Olea europaea</i> L	04
Figure 03. Photo satellite des régions d'étude	21
Figure 04. Variations de l'indice d'acidité dans les échantillons d'huile d'olive	27
Figure 05. Variation de l'acidité oléique dans les échantillons d'huile d'olive	28
Figure 06. Variation de l'indice de peroxyde dans les échantillons d'huile d'olive	29
Figure 07. Variations de l'indice de saponification dans les échantillons d'huile d'olive	29
Figure 08. Variation de l'indice d'iode dans les échantillons d'huile d'olive	30
Figure 09. Variation de l'indice d'ester dans les échantillons d'huile d'olive	31
Figure 10. Variations des teneurs en cadmium dans les échantillons d'huile d'olive	32
Figure 11. Variations des teneurs en cuivre dans les échantillons d'huile d'olive	32
Figure 12. Variations des teneurs en plomb dans les échantillons d'huile d'olive	33
Figure 13. Variations des teneurs en zinc dans les échantillons d'huiles d'olive	34

Introduction

Introduction

L'olivier est l'une des plus anciennes cultures ligneuses du monde où ces premières traces concluantes de domestication sont datées de 5500 ans avant J-C. Il est particulièrement répandue dans toute la région méditerranéenne et joue un rôle important dans l'économie rurale, le patrimoine local et la protection de l'environnement (Ouaouich et Chimi, 2007 ; Elbir et al., 2014).

L'olivier est un arbre d'une très grande richesse symbolique et est utilisé par de nombreuses civilisations, il est considéré comme un symbole de la sagesse dans la civilisation grecque, symbole de la paix dans la civilisation juive et chrétienne, l'arbre central, l'axe du monde et l'homme universel en Islam, il symbolise ainsi l'amabilité et la victoire au Japon, alors qu'il a une valeur tutélaire en Chine (Fourasté, 2002). De ce fait l'oléiculture représente une des plus anciennes activités agricoles dans le bassin méditerranéen où elle est transmise d'une génération à l'autre (Elbir et al., 2014).

Il existe de par le monde 2000 espèces de plantes oléagineuses dont on extrait environ 250 types d'huiles susceptibles d'être utilisées et consommées par les êtres vivants (Euagelia, 2005). L'huile d'olive occupe une position unique parmi les huiles alimentaires, en raison de son arôme délicat, de sa stabilité et de ses bienfaits sur la santé (Baccouri et al., 2006), il contribue à 4% de la production totale d'huile végétale avec une production mondiale d'environ 2 000 000 tonnes / an (Visioli et al., 2002).

Ce jus constitue l'apport principal de corps gras dans le régime méditerranéen grâce à ces particularités en ce qui concerne la santé (Ghalmi, 2012). Mais il contient parfois certaines impuretés qui influencent sa qualité, diminuent sa valeur nutritive et le rendent parfois toxique.

Les métaux ou les composés métalliques sont parmi les principaux facteurs qui affectent la qualité de ce jus en modifiant sa composition (Megahed et al., 2011), ses propriétés physicochimiques (Sahan et al., 2007) et même ses caractères organoleptiques (Ben Tekaya et Hassouna, 2005) ce qui peuvent avoir de graves conséquences sur la santé humaine (Duruibe et al., 2007).

Ces éléments peuvent se présenter dans cet extrait comme résultat de la contamination à partir des sols et des fertilisants et à partir de la technologie de production ou de stockage du produit final (Canario et Katskov, 2005).

Introduction

La composition géogène de la roche mère est l'une des principales origines de la contamination de l'olivier par les métaux lourds, c'est le cas noté le plus souvent pour les olives cultivées autour des régions minières (Lacoste, 2014).

La zone minière de Boudoukha est caractérisée par une végétation spontanée à vocation pastorale, avec de vaste plantation de lentisques, d'oliviers et d'autres arbres fruitiers. Il existe donc une possibilité réelle d'une contamination par les métaux lourds de toutes ces plantes et d'un transfert de ces contaminants vers les maillons supérieurs de la chaîne trophique.

L'objectif du présent travail est d'évaluer la contamination par les éléments traces métalliques (Cd, Cu, Pb et Zn) de l'huile d'olive de la région de Boudoukha en se référant aux valeurs de références.

Ce mémoire est structuré en deux parties interdépendantes:

La première partie est une synthèse bibliographique divisée en deux chapitres : le premier est consacré à des généralités sur l'olivier et l'huile d'olive, alors que le second abordera les éléments traces métalliques étudiés en plus de la contamination métallique de l'huile d'olive.

La deuxième partie représente l'étude expérimentale qui expose le matériel, les méthodes d'une part et les résultats et leur discussion d'autre part.

Le travail sera clôturé par une conclusion générale.

Partie I
Etude bibliographique

Chapitre I :
Olivier et huile d'olive

I.1. Etude de l'olivier

I.1.1. Historique et répartition

L'arbre est cultivé depuis le IV^{ème} millénaire avant J-C en Afrique du Nord, Phénicie et Syrie. Il se diffuse ensuite dans d'autres territoires de méditerranée orientale (Palestine, Egypte, Chypre) grâce aux échanges commerciaux des Phéniciens (Loumou et Giourga, 2003). Les grecs eux-mêmes participent à l'extension de l'aire oléicole avec leurs colonies d'Emilie et de Provence. Les Romains permettent ensuite une grande extension des oliveraies et un essor des échanges d'huile d'olive en plus d'une spécialisation oléicole dans certains de leurs provinces comme la Bétique (Andalousie) ou l'Apulie (Pouilles) (fig.01). L'olivier traverse à la suite même le détroit de Gibraltar pour voyager vers des pays plus "exotiques" comme la Californie, le Mexique, le Chili, l'Afrique du Sud et l'Australie (Vossen, 2007).

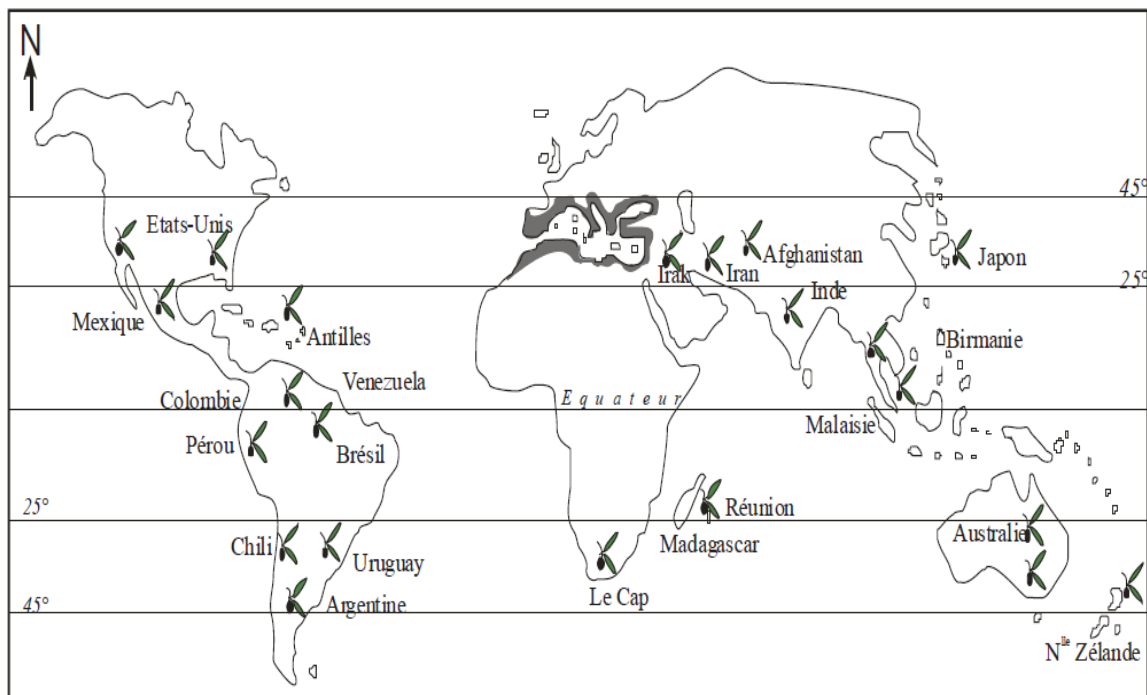


Figure 01. Aire de répartition de l'olivier dans le monde (Harir, 2010).

I.1.2. Description botanique

L'olivier est un arbre de 6 à 8 m de hauteur, à tronc tortueux et à écorce grisâtre et crevassée avec une structure du port variable selon la variété : retombant, étalé ou dressé (Mendil et Sebai, 2006 ; Botineau, 2010).

Il porte des feuilles blanches argentées sur la face inférieure, vertes grisâtres sur la face supérieure, opposées, persistantes, coriaces et lancéolées, et des fleurs, petites, blanches, à quatre pétales, réunis en grappes dressées (Boskou, 2006).

Il produit deux sortes de fleurs : une parfaite qui contient les deux sexes, mâle et femelle, et une staminée (Sidhoum, 2011). Le fruit est une drupe à épicarpe d'abord vert puis violet ou rouge et à maturité noirâtre, ce fruit est à peau lisse, à enveloppe charnue riche en matière grasse, renfermant un noyau très dur, osseux, qui contient une graine, rarement deux (Boskou, 2006) et à forme ovoïde ou ellipsoïde et à dimensions très variables selon les variétés. La masse d'olive varie de 2 à 12 g selon la variété et les conditions de développement. Sa composition moyenne comprend de l'eau (50%), de l'huile (22%), des sucres non celluloses (19,1%), de la cellulose (5,8%), des protéines (1,6%) et des cendres (1,5%) (Niaounakis et Halvadakis, 2004).

Cet arbre vivace caractérisé par une lente production, progressive mais durable et une meilleure adaptation aux conditions extrêmes de l'environnement (la sécheresse, la chaleur, la nature du sol... etc.) a la particularité de se multiplier facilement où il prend racines par toutes les parties qui le constituent, à l'exception des feuilles (Sidhoum, 2011), soit par la voie sexuée (par semis), ou par la voie asexuée, par l'utilisation des souches et rejets appelés « souquets » ou par la pratique des greffes et des bouturages (Visioli et al., 2002).

I.1.3. Classification

Olea est le nom commun d'environ 35 espèces d'arbustes et d'arbres de la famille *Oleaceae* (Niaounakis et Halvadakis, 2004). Parmi elles, on cite l'olivier (fig.02) qui présente la classification suivante:

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Spermaphytes (Phanérogames)

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones (ou Thérébinthales)

Sous-classe : Astéridées (ou Gamopétales)

Ordre : Gentianales (ou Lingustrales)

Famille : Oleacées

Genre : *Olea*

Espèce : *Olea europaea* L



Figure 02 : *Olea europaea* L (Fourasté, 2002)

Sous- espèce : *Sativa* (l'olivier cultivé), *Sylvestris* (l'oléastre ou l'olivier sauvage) (Green, 2002; Boskou, 2006 ; Ghalmi, 2012).

I.1.4. Variétés d'oliviers

L'olivier contient plusieurs variétés parmi elles on trouve 36 variétés autochtones, les plus distribuées sont : Sigoise qui est un très bon olive à table, Ferkani, Blanquette de Guelma et Abani qui sont de bonnes olives à huile, Chemlal et Azeradj qui sont considérées comme de très bonnes olives à double fin. Et des variétés étrangères, parmi elles on cite Manzanille, Arbequine en Espagne en plus de Coratina et Frantoio en Italie qui sont de bonnes olives à huile (Mendil et Sebai, 2006).

I.2. Huile d'olive

I.2.1. Définition

C'est la matière grasse provenant uniquement de l'olivier (*Olea europaea* L) à l'exclusion des huiles obtenues par solvants ou par procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (COI a, 2015).

I.2.2. Composition et caractéristiques

L'huile d'olive est composée essentiellement d'une fraction saponifiable qui représente 99% de sa composition, c'est la matière grasse répartie en triglycérides et acides gras classés selon leur degré de saturation en acides gras mono-insaturés (63-83%), acides gras polyinsaturés et acides gras saturés, et d'une fraction insaponifiable qui représente 1% de la composition de l'huile d'olive, constituée essentiellement des stérols et phénols, des dialcools triterpéniques, des vitamines (A, D, E, K), des cires, des substances colorantes (caroténoïdes, chlorophylles), des matières volatiles et des métaux lourds tel le fer et le cuivre (Visioli et al., 2002 ; Ben Tekaya et Hassouna, 2005 ; Boskou et al ; 2006 ; Ouaouich et Chimi, 2007).

Une huile d'olive de qualité est caractérisée par un point de fumée de 210 °C; une densité qui est de l'ordre de 0,92 g/cm³ à 20°C, une viscosité de 80 à 95, un apport calorique de 900 kcal pour 100 grammes, une couleur jaune claire à verte, une odeur irréprochable et un goût fruité, amer ou piquant (Ben Tekaya et Hassouna, 2005 ; Euagelia, 2005 ; Chimi, 2006) ; Elle se conserve mieux si elle est stockée au frais et protégée de la lumière en plus qu'il est préférable de la consommer dans les deux années suivant sa récolte (Ben Tekaya et Hassouna, 2005).

I.2.3. Extraction de l'huile d'olive

La production de l'huile d'olive exige tout d'abord la récolte des olives mûres en période de novembre à février (Vossen, 2007). La meilleure période de récolte des olives d'huile est selon le COI, (1984) correspond à la valeur de l'indice de maturation « 5 » (Boskou, 2006 ; Ghalmi, 2012).

Ce processus peut être effectué par des techniques de récolte traditionnelles qui se font à la main ou par le fait de frapper les branches pour faire tomber les olives. Comme il peut être effectué par des équipements qui sont utilisés actuellement en récolte mécanique et parmi eux on peut citer les crochets vibrants, les peignes oscillantes et les vibreurs (Mendil et Sebai, 2006).

Le schéma de l'extraction comprend quatre opérations principales, qui sont:

I.2.3.1. Nettoyage des fruits (défoliation, lavage des olives)

Après la récolte des olives mûres, les fruits subissent un nettoyage qui comporte deux opérations : l'effeuillage et le lavage qui sert à l'élimination des feuilles, des brindilles et des saletés (Hibler, 2003).

I.2.3.2. Préparation de la pâte (broyage, malaxage)

La première opération est destinée à broyer les cellules de l'olive et à libérer les gouttelettes d'huile contenues dans les vacuoles à l'aide d'un broyeur métallique (Uceda et al., 2006 ; Vossen, 2007). Alors que la deuxième opération qui est le malaxage est conçu pour renforcer l'effet d'écrasement et d'uniformiser la pâte pour augmenter le rendement de l'extraction (Hibler, 2003).

I.2.3.3. Séparation de la phase solide et liquide

Le produit de malaxage et de broyage est une pâte qui contient la matière solide et les fluides. La séparation des grignons du mélange huile/eau de végétation fait appel à des systèmes de pression discontinus, où elle se fait par simple pression dans une presse hydraulique au niveau des scourtins dans les meules (Chimi, 2006 ; Sanchez-Moral et Ruiz-Mendez, 2006), alors qu'elle s'effectue à l'aide des centrifugeuses horizontales avec ou sans addition d'eau pour le système à trois phases et à deux phases, respectivement, dans le cas d'utilisation des systèmes de centrifugation en continus (Roig et al., 2006; Vossen, 2007 ; Kapellakis et al., 2008),

en plus qu'elle se fait et très rarement par décantation qui est le plus ancien système d'extraction et qui nécessite une dilution préalable de la pâte avec de l'eau (Ghalmi, 2012).

I.2.3.4. Séparation des phases liquides

Le moût est séparé à la suite soit par décantation naturelle et/ou par centrifugation verticale pour donner une matière grasse qui est l'huile d'olive et une phase aqueuse appelée margine dans le cas de trituration équipée en presse et en centrifugation à trois phases (Chimi, 2006).

I.2.4. Catégories d'huile d'olive

L'huile d'olive a plusieurs catégories, et selon les critères physicochimiques et organoleptiques on peut classer les huiles d'olive en huiles d'olive vierges, extra vierges, vierges courantes, vierges lampantes, raffinées, en plus des huiles de grignon d'olive et des huiles de grignon d'olive raffinées (Chimi, 2001 ; COI, 2006 ; Kalua et al., 2007).

I.2.5. Qualité de l'huile d'olive

D'une façon générale, la qualité d'un produit est définie comme étant « la combinaison des attributs ou des caractéristiques d'un produit qui ont une signification en déterminant leur degré d'acceptabilité par l'utilisateur » (Prestwich, 2007).

I.2.5.1. Critères d'évaluation de la qualité de l'huile d'olive

Pour juger la qualité d'une huile d'olive, il faut procéder à plusieurs analyses quantitatives et qualitatives recouvrant la notion de la qualité intrinsèque qui correspond à des critères de composition et de valeur nutritive, de la qualité organoleptique englobant les aspects de la couleur, de la saveur et de la texture en plus d'innocuité du produit qui répond à leur constitution en certains contaminants (Codex Stan, 1989 ; COI, 1990 ; Ouaouich et Chimi, 2007).

a. Evaluation de la qualité physicochimique

Les caractéristiques physicochimiques de l'huile d'olive peuvent être déterminées par le calcul d'un ensemble d'indices, qui sont selon le Conseil Oléicole International: l'indice d'acidité, l'indice de peroxyde et les absorbances à 270 nm et au voisinage de 232 nm (COI, 1990 ; Boskou et al., 2006) en plus de l'indice de saponification et l'indice d'iode (Boskou et al., 2006).

b. Evaluation de la qualité organoleptique

Les caractéristiques sensorielles d'une huile d'olive peuvent être déterminées par un jury de dégustateurs et ont perçu chacun des attributs négatifs (chômé, moisi-humide, lies, vineux vinaigré, métallique, rance, brûlé, margines, saumure, terre, sec) et positifs (fruité, amer, piquant) (Aparicio et Harwood, 2013).

c. Evaluation de l'innocuité de l'huile

C'est en déterminant sa constitution en résidus de pesticides, métaux lourds, solvants halogénés et chlorés, hydrocarbures aromatiques volatils, HAP et en contaminants microbiologiques (Lacoste et al., 2004 ; COI a, 2015).

I.2.5.2. Facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive

Ce sont les facteurs agronomiques, climatiques en plus d'élaboration et de conservation qui influencent sur la composition chimique de ce jus (Vasilopoulos, 2013).

a. Facteurs agronomiques

Qui affectent directement l'olive, matière première de l'huile, ces facteurs sont classés en :

❖ Facteurs intrinsèques

Les facteurs intrinsèques ne peuvent que difficilement être modifiés, parmi ces facteurs : la variété et le lieu de culture où il y a une différence entre les huiles obtenues de différents cultivars et lieux, qui se reflètent sur quelques concepts de qualité ; Le choix de variété se reflète sur leur capacité à s'adapter au milieu de culture et à résister les maladies, ce qui influe sur la qualité de l'huile produite, en plus qu'elle manifeste son influence, tant sur la composition acide, en poly phénols, comme en tocophénols (Barranco et al., 2001 ; DSR, 2017).

Alors que le lieu de culture a une faible incidence sur la composition en acides gras des huiles d'une même variété, cependant il présente une claire influence sur la fraction insaponifiable, ce qui se traduit par des huiles de différentes caractéristiques sensorielles (D'Imperio et al., 2007 ; Lombardo et al., 2008). Ainsi la composition géogène de la roche mère est l'une des principales origines de la contamination de l'olivier surtout par les métaux lourds, c'est le cas noté le plus souvent pour les olives cultivées autour des régions minières (Lacoste, 2014).

❖ Facteurs extrinsèque

Qui peuvent être contrôlés avec relative facilité, pour l'agriculteur. On peut inclure dans cette partie :

➤ Techniques culturelles

La fertilisation, la taille et l'irrigation doivent être réalisés rationnellement afin d'obtenir des productions équilibrées et des fruits bien développés qui arrivent à maturité dans le meilleur état sanitaire et physiologique (García-Reyes et al., 2007).

Il est nécessaire aussi que l'arbre soit bien ensoleillé et aéré, de manière à ce que l'humidité ne soit pas élevée à l'intérieur de la frondaison pour éviter les maladies qui se développent et affectent la qualité des fruits (Orlandi et al., 2012).

➤ Récolte

Il faut tenir compte de deux facteurs dans la récolte : l'époque et le système. L'époque de récolte est liée directement au degré de maturité des olives qui affecte bien la qualité des huiles qui en sont produites (Polèse, 2007). Donc, pour assurer une production oléicole de qualité, il faut procéder à la récolte à un stade optimal de maturité (Boskou, 2006 ; Ghalmi, 2012).

Retarder cette récolte porte préjudice à la qualité de l'huile en provoquant la chute naturelle des fruits sur sol. Ces fruits subissent une série d'altérations qui se traduisent par une augmentation de l'acidité, un développement des microorganismes et une détérioration de la qualité organoleptique de l'huile extraite de ses olives (Barranco et al., 2001 ; DSR, 2017). En plus que les constituants phénoliques augmentent avec le degré de maturité jusqu'au stade semi-noir (semi-mûre). Au-delà, on assiste à une inversion de ce phénomène (Chimi, 2001). Alors que la récolte précoce des olives au stade vert donne des huiles riches en pigments chlorophylliens, favorisant l'oxydation de l'huile en présence de la lumière (Ouaouich et Chimi, 2007).

Quant au système de récolte, il faut utiliser les systèmes qui ne détériorent pas l'olive en produisant des blessures, ruptures des rameaux ou des tendres bourgeons (Polèse, 2007).

➤ Transport

La dernière étape est celle du transport de l'olive. Au cours de ce dernier, les graines oléagineuses peuvent être en contact avec des insecticides destinés au traitement des silos, et du matériel de transport (Lacoste et al., 2005). Le fruit peut subir aussi des lésions au niveau de ces drupes qui sont à l'origine du déclenchement de processus biologiques d'altération de la qualité de l'huile. Ainsi que le transport des olives dans des sacs en jute favorise l'activité catabolique des fruits (Allalout et Zarrouk, 2013).

b. Facteurs climatiques

Le climat a une influence majeure sur le processus de maturation de l'olive et donc sur l'accumulation d'huile et sa composition chimique (Aparicio et Luna, 2002 ; Manai et al., 2008).

La couleur, la teneur en huile, les activités enzymatiques et les divers profils phytochimiques, y compris les acides gras et la teneur total en polyphénol, sont alors changés constamment. Ces changements influent donc sur la fermeté des fruits, leur composition chimique et leur qualités sensorielles (Beltrán et al., 2004).

La concentration de l'acide oléique et la teneur total en polyphénol diminuent de façon linéaire avec des températures entre 16 et 32 ° C (Lombardo et al., 2008 ; Ripa et al., 2008 ; García-Inza et al., 2014). En plus que la relation directe relie le stress hydrique aux niveaux d'acides linoléiques et linoléiques élevés (Servili et al., 2007).

c. Facteurs d'élaboration et de conservation

Qui affectent directement la qualité de l'huile d'olive, ces facteurs sont :

❖ Stockage

Le stockage prolongé détériore le fruit, cause une fermentation et un développement des microorganismes. Les huiles produites seront donc de très mauvaise qualité dont une augmentation de l'acidité, de l'indice du peroxyde, une détérioration des propriétés organoleptiques, une modification de la fraction stérolique et une augmentation du contenu en alcools peut avoir lieu (Amouretti et Comet, 2000 ; Lacoste et al., 2005).

❖ Trituration

➤ Effeillage

Le poids de feuilles à tolérer ne doit pas dépasser 1% du poids du lot d'olives à triturer pour éviter une coloration trop verdâtre de l'huile, se traduisant par un excès d'amertume et par une moindre aptitude à la conservation (Jiménez Herrera et Carpio Dueñas, 2002).

➤ Lavage

Le lavage des olives est effectué pour éviter une interférence des terres avec la couleur et les autres propriétés organoleptiques (odeur, goût) de l'huile et ainsi pour éviter une durée de conservation réduite de ce jus (Jiménez Herrera et Carpio Dueñas, 2002 ; Ouaouich et Chimi, 2007).

➤ Broyage et malaxage

Selon la norme du conseil oléicole international, 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 (Ouaouich et Chimi, 2007).

L'opération de malaxage s'avère nécessaire et peut durer 20 à 40 mn et à des températures supérieures à la température ambiante mais ne dépasse pas 25 °C. En effet, des températures élevées de l'eau entraînent des modifications gustatives de l'huile d'olive (Ghalmi, 2012).

➤ Système de production ou d'extraction

Le système de presse peut donner une huile de mauvaise qualité physicochimique dont le contact prolongé de la pâte avec l'air déclenche l'autooxydation qui provoque la dégradation des acides gras insaturés et la formation des hydroperoxydes qui peuvent se décomposer et donner lieu à des produits volatils (aldéhydes, cétones..) conduisant à un état de rancissement oxydatif de l'huile. Cette huile est caractérisée ainsi par des défauts organoléptiques tell scourtin, lies, putride et margine (Jiménez Herrera et Carpio Dueñas, 2002 ; Chimi, 2006).

L'utilisation des installations d'extraction par centrifugation à 3 phases engendre aussi des effets néfastes sur la qualité de l'huile dont le malaxage prolongé à une température élevée et l'ajout d'eau chaude donne lieu à la production d'une huile appauvrie en composés aromatiques et phénoliques et par conséquence de faible résistance à l'oxydation (Chimi, 2006).

➤ Conditionnement et stockage de l'huile

Les récipients utilisés pour le conditionnement de l'huile peuvent causer le risque de leur contamination par des pesticides surtout organochlorés liposolubles et par des métaux lourds surtout de transition (COI a, 2015). Ainsi que certains récipients ont l'inconvénient de réagir avec l'huile et lui transférer des odeurs et des saveurs étrangères et causer son vieillissement prématuré et le développement de moisissures (Lacoste et al, 2005).

I.2.6. Production et consommation d'huile d'olive

I.2.6.1. Production de l'huile d'olive

Il y a aujourd'hui près d'un milliard d'oliviers et plus de cent variétés cultivées à travers le monde et cela sur presque tous les continents, mais plus de 90% des oliviers sont cultivés dans le bassin méditerranéen, notamment en Espagne, en Italie et en Grèce (Veillet, 2010). En conséquence, plus de 95% de la production mondiale d'huile d'olive est assurée par ce dernier, dont 75% proviennent de l'union européenne principalement des 3 pays déjà cités et le reste des pays maghrébins (Visioli et al., 2002).

L'Algérie avec un climat des plus propices à la culture de l'olivier (Mendil et Sebai, 2006), une superficie du verger oléicole au cours de la campagne 2015/2016 selon les chiffres provisoires de la DRDPA, qui atteint les 471 657 Ha, un nombre total d'oliviers de 6.2 millions, propagé aux quatre coins de son territoire : de Telemcen à Tébessa et d'Alger à Tamanrasset, avec près de 3.5 millions entre eux en rapport, une production de plus de 470 mille tonnes d'olive destinée à l'huile et une production de plus de 900 mille hl d'huile d'olive (Onfaa, 2015). L'Algérie est classée en neuvième position après l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Syrie, la Turquie, le Maroc, la Tunisie et le Portugal (fig.14 en annexe) qui sont par ordre d'importance, les plus gros producteurs d'huile d'olive (COI b, 2015).

I.2.6.2. Consommation d'huile d'olive

Les principales régions consommatrices de l'huile d'olive (fig.15 en annexe) sont automatiquement les régions productrices (Uceda et al., 2006). En moyenne, sa consommation mondiale est de 1 400 000 tonnes/an, cependant l'union européenne est la première consommatrice avec un volume moyen de 980 000 tonnes/an soit plus de 70% de la consommation mondiale (COI b, 2015).

Chapitre II :
Contamination métallique de
l'huile d'olive

II.1. Généralités sur les éléments traces métalliques

II.1.1. Définition

D'un point de vue chimique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments du tableau périodique formant des cations en solution, alors qu'il désigne d'un point de vue physique, les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments de numéro atomique 23 (V) à 83 (Bi)), caractérisés par une masse volumique supérieure à 5 g/cm^3 (Cambier et al., 2009).

Le terme « éléments traces métalliques » est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, tandis qu'ils se retrouvent souvent avec des concentrations inférieures à 0.1% pour chacun d'entre eux, et qu'ils représentent seulement 0,6 % du total des éléments de la croûte terrestre, en plus qu'ils ne sont pas tous des métaux (Steketee, 2010 ; Rahman et al., 2013).

II.1.2. Origine des éléments traces métalliques

Les ETM ont deux origines différentes, soit :

II.1.2.1. Origine naturelle

Les métaux sont naturellement présents dans la croûte terrestre. Ce sont des éléments lourds, concentrés dans le magma granitique. Ils suivent un cycle géochimique qui conduit à une distribution hétérogène de leurs concentrations à la surface du globe par des mécanismes d'érosion, de transport et de sédimentation à la suite (Eba et al., 2007 ; Berthelot, 2008 ; Steketee, 2010).

II.1.2.2. Origine anthropique

L'homme est responsable d'une forte proportion de la contamination métallique de l'environnement par les activités industrielles, le traitement des minerais et l'industrie métallurgique, la combustion du charbon et du fioul lourd, les rejets associés à la mise en décharge et à l'incinération des déchets en plus des activités agricoles (Le Goff et Bonnomet, 2004; Berthelot, 2008 ; Nagajyoti et al., 2010).

II.2. Eléments traces métalliques étudiés

II.2.1. Cadmium

II.2.1.1. Définition et propriétés physicochimiques

Le cadmium, élément du groupe 12, anciennement II-B du tableau périodique (Benavides et al., 2005), est un métal mou, ductile, blanc argenté qui résiste bien à la corrosion. Il est caractérisé par un poids moléculaire de 112.411 g/mol, un point de fusion de 321°C, un point d'ébullition de 767°C, une densité de 8.65 g/cm³ à 20 °C et un numéro atomique de 48 (Lide, 2003; Benavides et al., 2005 ; Augier, 2008).

Il est peu présent dans la nature avec une concentration moyenne de 0.2 mg/kg dans la croûte terrestre (Martelli et al., 2006). Cependant, il est principalement un sous-produit des procédés métallurgiques du zinc, du cuivre et du plomb, de la combustion du charbon et des produits pétroliers, des incinérateurs d'ordures ménagères et du traitement des effluents industriels et des mines (Lane et Morel, 2000).

II.2.2. Cuivre

II.2.2.1. Définition et propriétés physicochimiques

Le cuivre, élément essentiel du groupe 11, anciennement I-B du tableau périodique, est un métal essentiel coloré naturellement par le rose saumon, mais il apparaît souvent rouge brun par suite de son oxydation superficielle (Massaro, 2002).

Il est caractérisé par une forte conductibilité électrique et thermique, une résistance à la corrosion, un numéro atomique de 29, une masse moléculaire de 63.546 g/mol, un point de fusion de 1084 °C, un point d'ébullition de 2562 °C, et une densité de 8.92 g/Cm³ à 20°C (Lide, 2003 ; Pichard et al., 2005).

Il se rencontre dans la croûte terrestre à une concentration moyenne de 55 mg / kg avec une abondance dans les roches mafiques et les sédiments argileux, ces sources anthropiques sont l'industrie du cuivre et des métaux en général, l'industrie du bois, l'incinération des ordures ménagères, la combustion de charbon, d'huile et d'essence et la fabrication de fertilisants (Georgopoulos et al., 2001 ; Uriu-Adams et Keen, 2005).

II.2.3. Plomb

II.2.3.1. Définition et propriétés physicochimiques

Le plomb, élément du groupe 14, anciennement IV-A du tableau périodique (Augier, 2008), est un métal très présent dans l'écorce terrestre avec une concentration moyenne de 15 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011), il se trouve sous forme de minerai, principalement la galène, la cérusite et l'anglésite (Garnier et Poupon, 2006). Les progrès industriels ont conduit à l'augmentation des émissions de ce polluant dans les écosystèmes (Benavides et al., 2005 ; Amirah et al., 2013).

Ce métal est caractérisé par une couleur gris bleuâtre, un numéro atomique de 82, une masse moléculaire de 207.2 g/mol, une densité de 11.34 g/cm³ à 20°C, un point de fusion de 327.4 °C et un point d'ébullition de 1740 °C, en plus qu'il est dense, malléable et résiste très bien à la corrosion (Sposito et al., 1982 ; Lide, 2003 ; Cecchi, 2008).

II.2.4. Zinc

II.2.4.1. Définition et propriétés physicochimiques

Le zinc, élément du groupe 12, anciennement II-B du tableau périodique, est un métal lustré blanc bleuâtre (Plum et al., 2010), de numéro atomique 30, de masse moléculaire 65.409 g/mol, de densité 7.11 g/cm³ à 20°C, de point de fusion 420°C et de point d'ébullition 907°C (Lide, 2003 ; Rausch et al., 2013).

Il est présent dans l'écorce terrestre avec une concentration moyenne de 70 mg/kg principalement sous forme de blende, il est souvent associé au plomb et au cadmium dans les minerais (Plum et al., 2010 ; Kabata-Pendias, 2011). Il entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent de particules du sol, des éruptions volcaniques, des feux de forêts et d'émissions d'aérosols marins. Alors que ces apports anthropiques résultent des sources minières industrielles, des épandages agricoles et des activités urbaines (Rausch et al., 2013).

II.3. Toxicité et tolérance

Tous les ETM sont toxiques ou toxiques au-delà d'un certain seuil, grâce à leur toxicité pour les êtres vivants à de très faibles concentrations, et leur capacité de s'accumuler dans les matrices biologiques sans être biodégradés (Duruibe et al., 2007 ; Berthelot, 2008 ; Nabulo et al., 2011).

Cette toxicité dépend de la nature du métal, de sa teneur dans le milieu, de ses formes chimiques (spéciation), ainsi que des caractéristiques physicochimiques et minéralogiques du milieu et du type d'espèce affectée (Le Goff et Bonnomet, 2004; Steketee, 2010).

Parmi les espèces les plus sensibles aux métaux lourds, on peut citer les plantes. Les ETM vont être transportés vers toutes leurs parties et stockés dans les racines, les tiges, les feuilles et les fruits avec des concentrations différentes (Wagner, 1993 ; Andujar et al., 2010).

Leur pénétration peut être effectuée par voie racinaire à partir de la solution du sol grâce à un transport actif intracellulaire (voie symplastique), ou à un transport passif extracellulaire (voie apoplastique) (Benavides et al., 2005 ; Cecchi, 2008). Elle peut également être réalisée par voie foliaire, c'est le cas remarqué surtout dans les zones à forte contamination atmosphérique, par des retombées sèches ou humides (Leygonie, 1993 ; Elloumi et al., 2003 ; Uzu et al., 2010) via respectivement les stomates pour les ETM non solubles (forme gazeuse) ou les cuticules pour les ETM soluble (forme ionique) (Eichert et al., 2008 ; Ghellai, 2014).

Les plantes sont caractérisées par deux types de réponse vis-à-vis la présence des ETM, soit une carence ou une toxicité, provoquant des troubles physiologiques variables selon la plante concernée (Saur, 1990), dont les symptômes phytotoxiques les plus significatifs sont le retard de croissance, la chlorose, les brûlures et la nécrose en plus de la réduction du rendement en biomasse (Rout et Das, 2003). Seul un petit nombre d'espèces bien définies seraient capables de se développer sur des terrains fortement contaminés par les métaux lourds. Des processus évolutifs sont impliqués dans cette adaptation aux environnements métallifères ; Cependant, en plus du phénomène adaptatif, il apparaît que la tolérance peut être un caractère constitutif (Remon, 2006).

II.4. Origine de la contamination métallique de l'huile d'olive

La présence de métaux dans les huiles comestibles peut être due à :

- La contamination de l'olivier à partir de son milieu de culture ; à partir du sol contaminé soit naturellement ou après l'utilisation des engrais durant la culture (Maatoug et al., 2007 ; Steketee, 2010 ; Fuqha et al., 2015), à partir des ressources en eau contaminées (Maatoug et al., 2007) ou à partir des retombés atmosphériques contaminées humides ou secs (Leygonie, 1993 ; Elloumi et al., 2003).

- La contamination des olives durant la récolte, dont la pénétration des résidus métalliques à partir du sol est effectuée à travers des lésions produites au niveau des fruits après leur chute naturelle une fois la maturité est atteinte ou à cause de l'action du vent, ou encore par le fait de frapper les branches fructifères (Hibler, 2003).
- L'entrée des olives dans le processus d'extraction sans nettoyage cause le problème d'interférence des terres, des pierres et des poussières -qui contiennent également des métaux- avec l'huile extraite.
- L'utilisation des eaux contaminées durant le processus d'extraction, induit à la migration des métaux vers l'huile (Ouaouich et Chimi, 2007).
- L'introduction des métaux pendant le processus de raffinage à partir de l'extraction chimique des huiles par l'utilisation des catalyseurs cause l'apparition des métaux tel le nickel dans l'huile (Lacoste et al., 2005 ; Chimi, 2006).
- Le système d'extraction choisi qui influe sur le degré de contamination métallique de l'huile d'olive. Selon Moret et al., (1997), le procédé par pression augmente le transfert du plomb de l'olive vers l'huile, comparativement au procédé par centrifugation.
- La séparation de l'huile des margines par décantation souvent dans des bacs en argile laissent migrer les métaux (Fe, Cu) dans les huiles d'olive (Chimi, 2001).
- Le stockage des huiles dans des récipients non inertes tel le fer blanc donne lieu à une contamination métallique (Ben Tekaya et Hassouna, 2005).

II.5. Effets des métaux lourds sur la qualité de l'huile d'olive

Les ETM ont des effets néfastes sur la qualité physicochimique et organoleptique de l'huile d'olive, où il s'effectue :

- Une contamination de l'huile d'olive par les ETM et un risque d'augmentation de leurs concentrations avec le stockage ; Selon Fuqha et al., (2015), la concentration de ces métaux diffère d'une année à l'autre, cependant les échantillons de 16 ans ont plus de métaux que ceux de 2 ans.

- Les métaux de transition (Fe, Cu, Zn) se comportent comme des initiateurs et favorisent l'oxydation des triglycérides et des acides gras insaturés (Chimi, 2001), par conséquent une durée de conservation réduite de l'huile étant donné, dont la limite de validité proposée par le COI est de 18 mois pour les huiles emballées dans des récipients métalliques, alors qu'elle est de 2 ans pour d'autres matières de stockage (Ouaouich et Chimi, 2007; Megahed et al., 2011 ; Fuqha et al., 2015).
- Une contamination par les métaux augmente la formation des acides gras libres ce qui rend l'huile sensible à la corrosion. L'acidité de cette huile est donc augmentée et l'oxydation de certains métaux tel le plomb sera plus rapide (Sahan et al., 2007 ; Steketee, 2010 ; Fuqha et al., 2015).
- Au cours des procédés de raffinage et d'hydrogénation, la formation d'acides gras en configuration trans est à craindre (Lacoste et al., 2005).
- Les ETM affectent aussi l'indice de réfraction de l'huile d'olive ; Selon Fuqha et al., (2015), il semble qu'il y a une relation proportionnelle entre cet indice et les concentrations en Mg et Na dans l'huile. En plus qu'ils agissent sur la densité, ainsi à la température ambiante la plus importante densité est notée pour les échantillons de l'huile d'olive ayant des concentrations supérieurs en Fe.
- Une baisse du taux de la vitamine E, liée à l'augmentation de l'indice de peroxyde de l'huile (Perrin, 1992).
- Le gout de l'huile d'olive peut être aussi influencé par la présence des ETM, et selon Ben Tekaya et Hassouna, (2005), elle a présenté une flaveur de concombre, attribuée à la formation du 2-6 nonadiénal, qui se produit essentiellement suite à un conditionnement hermétique excessivement prolongé des huiles dans des récipients en fer blanc. Après 2 ans de stockage cette huile a présenté une flaveur de moisi-humide.

Partie II :
Partie expérimentale

Chapitre I:
Matériel et méthodes

I.1. Présentation de la zone d'étude

Pour la réalisation de notre étude, les échantillons d'huile d'olive obtenus sont issus de deux régions différentes : la région minière de Boudoukha au niveau des frontières Est de la wilaya de Jijel, à 80 km du chef-lieu de la wilaya de Skikda ; et la région montagneuse de Boudriaa Beni Yadjis, à 40 km au Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Jijel (DSR, 2017).

I.1.1. Présentation de la région de Boudoukha

I.1.1.1. Situation géographique

La région de Boudoukha qui fait l'objet de notre étude appartient à l'aire géographique de la Numidie Occidentale, dénommée Kabylie de Collo. Cette dernière occupe la partie centrale du massif cristallin de Petite Kabylie sur plus de 150 Km le long du littoral méditerranéen, entre la ville de Jijel à l'Ouest et la ville de Skikda à l'Est, sur une largeur d'environ 50 Km (Boufetouha, 2000).

Cette région est caractérisée par la présence d'une mine abandonnée « mine de Boudoukha » à la sortie du village, située à 5 Km à l'Ouest du village d'Ain-kechera et à 20 Km à l'Est de la ville d'EL Milia.

I.1.1.2. Réseau hydrographique

La région de Boudoukha est traversée par un certain nombre d'Oued notamment, Oued Boudoukha au Sud et Oued Bou El-Fessadja au Nord, qui sillonnent la région pour se jeter dans l'Oued Rezal.

I.1.1.3. Climat et végétation

Comme toute la Kabylie de Collo, la région de Boudoukha est caractérisée par un climat méditerranéen avec un été sec et chaud et un hiver doux et pluvieux, la pluviométrie atteint parfois 1500 mm/an, ce qui permet d'une part le développement d'une végétation très dense et souvent impénétrable.

Le couvert végétal de la région est constitué essentiellement de chênes lièges, chênes zènes, pins maritimes...etc, avec de vaste plantation de lentisques, d'oliviers et d'autres arbres fruitiers (Bouttine et Serir, 2002).

I.1.1.4. Historique des travaux miniers de la région de Boudoukha

La mine de Boudoukha comporte deux filons principaux et quelques filons secondaires dont la minéralisation est constituée par la blende, galène, un peu de la pyrite et de chalcopryrite qui sont caractérisés par leur régularité et leur étendue. En plus des filons de quartz à minéralisation sulfurée polymétallique (Cu, Zn, Pb, Fe, Ag,). Ces filons sont encaissés dans le corps grandioritique de Boudoukha ainsi que dans les formations du socle.

Ils ont été découverts en 1900 ; suite au tracé de la route EL-Milia-Tamalous. Alors que leur exploitation a commencé en 1910, avec l'installation d'une laverie très complète et trois sections de cribles à cinq compartiments. Par la suite il y a eu installation d'une usine de flottation sélective mais sans résultat. Ce n'est que vers 1945-1946 que les mines furent fermées. Vers les années 1970, L'E.R.E.M a effectué des travaux de prospection notamment l'implantation de sondages afin de délimiter les corps minéralisés et d'en estimer les réserves (Boufetouha, 2000).

I.1.2. Présentation de la région de Boudriaa Ben Yadjis

I.1.2.1. Situation géographique

La région de Boudriaa Beni Yadjiss, notre deuxième zone d'étude localisée à 36.59° N et à 5.80° E, est une commune de la daïra de Djimla située au Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Jijel, à la frontière Nord de la wilaya de Sétif, bordé au Nord par la municipalité de Texenna et de Djimla et par l'Eraguene à l'Ouest (DSR, 2017).

I.1.2.2. Climat et végétation

Comme toute la région de Jijel, Beni Yadjiss est caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux et froid en hiver et chaud et sec en été, avec une précipitation moyenne annuelle située entre 800 et 1200 mm/an, et des températures variant entre 20 et 35°C en été, et 3 à 15°C en hiver (CFJ, 2017).

La région de Beni Yadjiss, avec une surface de terrain de 80,09 km², une population (selon le recensement de 2008) de 10 710 habitants dont la majorité sont des agriculteurs, est une région montagneuse rurale dominée par l'agriculture maraîchère, mais surtout par l'oléiculture ;

C'est l'une des communes qui forment le pôle oléicole jijelien avec une surface oléicole totale estimée au cours de la campagne 2015/2016 par 930 Ha, dont 623 Ha d'entre eux sont en rapport, son verger oléicole est constitué de plusieurs variétés tels : Chemlal, Tabellout, El Hamra, Sigoise... etc (DSR, 2017).



Figure 03. Photo satellite des régions d'étude (Google Earth, 2017).

I.2. Echantillonnage et technique de prélèvement

L'échantillonnage est la première, et l'une des plus importantes étapes de l'étude. Dans ce travail l'échantillonnage aléatoire simple est opté comme technique de prélèvement. Six échantillons d'huiles d'olive multi variétés qui ont été extrait dans des huileries traditionnelles sous pression ont été prélevés sur deux emplacements (cinq échantillons dans la région de Boudoukha et un échantillon dans la région de Beni Yadjis). Les échantillons ont été collectés au cours de la période où les olives sont habituellement récoltées pour la production de l'huile (Novembre 2017).

I.2.1. Choix des emplacements de prélèvement

Les emplacements de prélèvement (figure 03) ont été choisis comme suit :

- Cinq échantillons dans la région de Boudoukha. Cette région est caractérisée par la présence d'une mine abandonnée à la sortie du village entourée de larges surfaces de cultures oléicoles ;
- Un échantillon dans la région de Beni Yadjis dans la localité de Tingalest ; où il a été noté l'absence de toutes sources de pollution minérale géo-gène apparente ou industrielle.

I.2.2. Conditionnement et conservation des échantillons

Les échantillons d'huile d'olive ont été placés dans un endroit sombre à température ambiante, emballés dans des bouteilles en plastique hermétiquement fermées.

I.3. Analyse physicochimiques des huiles d'olive

Pour déterminer la qualité physicochimique des échantillons d'huiles d'olive collectés, les analyses suivantes ont été réalisées:

I.3.1. Détermination de l'indice d'acidité

L'indice d'acidité d'une huile d'olive est la masse en mg d'hydroxyde de potassium nécessaire au dosage de tous les acides gras libres présents dans 1 g de ce dernier (Euagelia, 2005). Cet indice nous permet de vérifier la qualité d'huile, notamment en ce qui concerne sa dégradation avec le temps durant le stockage (Pérez-Arquillué et al., 2003 ; Manai et al., 2006 ; Benabid, 2009).

L'acidité a été déterminée par une prise d'essai de 1g d'huile d'olive dissoute dans l'éthanol. Le mélange a été titré à la suite par une solution d'hydroxyde de potassium 0,1 N en présence de phénolphtaléine. Un essai à blanc est effectué parallèlement dans les mêmes conditions précédemment décrites mais sans matière grasse (NF, EN ISO 660, 2009 in Haddam et al., 2013 ; OIN ISO 660, 1996 in Boulfane et al., 2015).

L'indice d'acidité est calculé par l'expression suivante (Dipage, 2010):

$$I_A = V \times 56,1 \times N / P$$

Où :

I_A : indice d'acidité (mg de KOH/ g de matière grasse) ;

V : volume de titration (ml) ;

56.1 : masse molaire de KOH ;

N : normalité de KOH ;

P : prise d'essai (g).

I.3.2. Détermination de l'acidité libre

L'acidité est la teneur de l'huile d'olive en acides gras libres. Elle est exprimée en pourcentage d'acide oléique et elle dépend non pas de la variété mais plutôt de l'état des oliviers et des procédés d'extraction (Manai et al., 2006).

L'acidité oléique est donnée par l'expression ci-dessous :

$$A \% = 1/2 I_A$$

I.3.3. Détermination de l'indice de peroxyde

C'est la quantité de peroxyde présent dans l'échantillon, exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif contenu dans un kilogramme de produit (Manai et al., 2006), oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode ; c'est ce qui indique en fait la quantité d'acide gras déjà rance (Euagelia, 2005).

L'indice de peroxyde a été déterminée par une prise d'essai de 1g d'huile d'olive dissoute dans un mélange d'acide acétique / chloroforme (3:2 v/v). Une solution d'iodure de potassium saturée a été additionnée au mélange qui a été placé ensuite à l'obscurité pendant 5 mn. 60 ml d'eau distillée et 1 ml d'une solution d'empois d'amidon ont été ajoutés ultérieurement (une couleur violette apparaît). Le mélange obtenu a été titré par une solution de thiosulfate de sodium à 0,01N.

Une réaction à blanc est effectuée parallèlement dans les mêmes conditions mais sans matière grasse (NF, EN ISO 3960, 2010 in Haddam et al., 2013 ; OIN ISO 3960, 2007 in Boulfane et al., 2015). L'indice de peroxyde est donné par l'expression suivante (Lecoq, 1965 in Akika et al., 2009) :

$$I_p = (V_{\text{blanc}} - V_{\text{essai}}) \times 80 / 5P$$

Avec :

I_p : indice de peroxyde (meq d'O₂/kg) ;

V : volume de thiosulfate de sodium (ml) ;

P : prise d'essai (g).

I.3.4. Détermination de l'indice de saponification

C'est le nombre de milligrammes de KOH nécessaires pour neutraliser les acides gras libres contenues dans un gramme de corps gras (Euagelia, 2005 ; Akika et al., 2009).

L'indice de saponification a été déterminé sur une prise d'essai de 1 g d'huile d'olive dissoute dans le potasse alcoolique. Ce mélange a été agité à la suite jusqu'à homogénéisation et porté à ébullition dans un bain marie pendant 15 à 30 mn tout en agitant de temps à autre.

Un titrage de l'excès de potasse avec l'acide chlorhydrique 0.5 N a été effectué jusqu'à décoloration en présence de phénol phtaléine. Une réaction à blanc est effectuée parallèlement dans les mêmes conditions précédemment décrites mais sans matière grasse.

L'indice de saponification est donné par l'expression suivante (Lecoq, 1965 in Akika et al., 2009) :

$$I_s = (V_{\text{HCl blanc}} - V_{\text{HCl essai}}) \times N_{\text{HCl}} \times M_{\text{KOH}} / P$$

Avec :

I_s : indice de saponification (mg de KOH/ g) ;

V_{HCl} : volume HCl nécessaire pour la décoloration ;

N_{HCl} : normalité de HCl ;

M_{KOH} : masse molaire de KOH = 56.1 g/mol ;

P : prise d'essai (g).

I.3.5. Détermination de l'indice d'iode

Cet indice mesure le degré d'insaturation d'un corps gras en déterminant le nombre de grammes d'iode fixant sur les doubles liaisons présentes dans 100 grammes de matière grasse. C'est une évaluation de sa facilité à rancir (Kyriakidis et Katsiloulis, 2000 ; Thomaidis et Georgiou, 2000 ; Euagelia, 2005).

L'indice d'iode a été déterminé par la méthode de Hubl sur une prise d'essai de 0.3 g d'huile d'olive dissoute dans le tétrachlorure de carbone. Le réactif de Hubl a été ajouté à la suite, et le flacon bouché a été agité jusqu'à homogénéisation et placé à l'obscurité pendant 12 à 24 heures. Une solution d'iodure de potassium à 30% et 300 ml d'eau distillée ont été ajoutés. Le titrage d'iode libéré a été effectué par le thiosulfate de sodium 0.1 N en présence d'empois d'amidon. Un essai à blanc doit être effectué (Lecoq, 1965 in Akika et al., 2009).

L'indice d'iode est exprimé par la formule suivante :

$$I_i = 1.269 \times (V_{\text{blanc}} - V_{\text{essai}}) / P$$

Avec :

I_i : indice d'iode (g d'iode/100g) ;

V : volume de thiosulfate de sodium (ml) ;

P : prise d'essai (g).

I.3.6. Détermination de l'indice d'ester

L'indice d'ester d'un corps gras est la quantité de potasse en milligramme nécessaire pour saponifier les acides gras combinés contenus dans un gramme de corps gras (Euagelia, 2005).

Il est calculé par la formule suivante :

$$I_E = I_S - I_A$$

Avec :

I_E : indice d'ester (mg de KOH/ g) ;

I_S : indice de saponification (mg de KOH/ g) ;

I_A : indice d'acidité (mg de KOH/ g de matière grasse).

I.4. Analyse des ETM

Pour le dosage des métaux, la technique de digestion humide (acide) a été réalisée. Le procédé d'extraction décrit par (Nnorom et Ewuzie, 2015) consiste à ajouter à 1 g d'huile d'olive un mélange d'acides constitué d'acide perchlorique, nitrique et sulfurique avec un volume de 1:2:2 respectivement dans une fiole conique de 250 ml et chauffer sur une plaque chauffante sous hotte aspirante jusqu'à apparition de fumées blanches. Après refroidissement, 20 ml d'eau distillée ont été ajoutés. L'échantillon a été filtré dans un flacon volumétrique de 100 ml et marqué avec de l'eau distillée.

Les échantillons ont ensuite été analysés pour le Cd, Cu, Pb et Zn en utilisant le spectrophotomètre à absorption atomique à flamme de marque SHIMADZU AA6200 Atomic Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre, au laboratoire de l'université de Jijel.

I.5. Analyse statistique

Pour le calcul des statistiques élémentaires et pour une meilleure illustration des résultats nous avons procédé au calcul des moyennes, d'écart types ainsi qu'une matrice de corrélation.

L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de la variance (ANOVA). Tous les calculs ont été effectués en utilisant les logiciels : Excel, EXCEL STAT, Langage R et Statistica (version 8.0).

Il existe une différence significative lorsque $p < 0,01$.

Chapitre II :
Résultats et interprétation

II.1. Caractéristiques physicochimiques

Les résultats de caractérisation physicochimique des échantillons d'huile d'olive sont illustrés dans les figures (04) à (09).

II.1.1. Indice d'acidité

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que les valeurs moyennes de l'indice d'acidité (fig.04) varient d'un échantillon à un autre, la valeur minimale (6.358 mg KOH/g d'huile) est signalée au niveau du premier échantillon de la région de Boudoukha, alors que la valeur maximale (27.489 mg KOH/g d'huile) est celle enregistrée au niveau du deuxième échantillon de la même zone d'étude. Cependant, l'échantillon de la région de Beni Yadjiss représente la deuxième grande valeur enregistrée pour cet indice avec une moyenne de 15.147 mg KOH/g d'huile. Ces valeurs présentent une variation hautement significative d'un échantillon à un autre avec $F = 152.475$; $p < 0.0001$.

Une corrélation positive hautement significative est enregistrée entre l'indice d'acidité et l'acidité oléique ($r = 1.000$) et une corrélation négative très significative avec l'indice de peroxyde ($r = - 0.7311$).

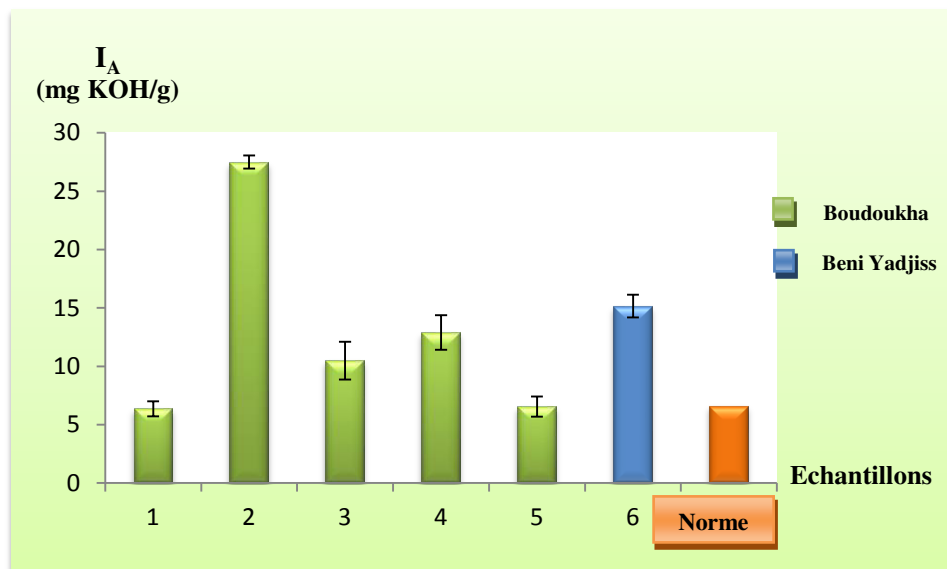


Figure 04. Variations de l'indice d'acidité dans les échantillons d'huile d'olive.

Les valeurs enregistrées dépassent la norme algérienne (1166/1990) qui est de 6.6 mg KOH/g d'huile d'olive au maximum, contrairement aux échantillons 01 et 05 de la région de Boudoukha qui se trouvent en dessous de cette dernière.

II.1.2. Acidité oléique

Les résultats de pourcentage d'acidité obtenus (fig.05), extraite à partir de celle de I_A ($r = 1.000$; $p = 0.00$) indiquent aussi que la valeur minimale (3.179 %) et maximale (13.7445 %) sont enregistrées respectivement au niveau des échantillons 1 et 2 de la première zone d'étude, alors que l'échantillon de la zone de Beni Yadjiss représente ainsi la deuxième grande valeur enregistrée pour cet indice (7.5735 %).

Des différences hautement significatives ont été enregistrées, $F = 152.475$; $p < 0.0001$. Ces valeurs dépassent la norme algérienne (1166/1990) ainsi que la norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive établis par le conseil oléicole international a, (2015) et le conseil oléicole international, (2006) qui est de 3.3 % contrairement à l'échantillon 01 et 05 qui se trouvent en dessous de cette dernière.

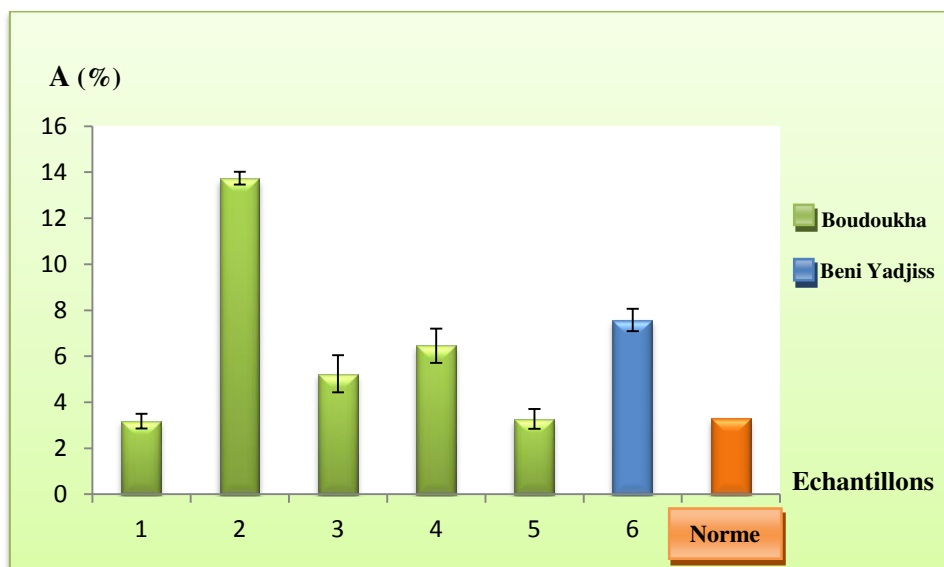


Figure 05. Variations de l'acidité oléique dans les échantillons d'huile d'olive.

II.1.3. Indice de peroxyde

La figure 06 nous montre qu'il y a des variations entre les différents échantillons ces dernières sont hautement significative ($F = 8.586$; $p = 0.001$). La valeur maximale est marquée au niveau des deux échantillons 1 et 3 avec 90.66 meq d'O₂/kg d'huile, alors que la valeur minimale est observée au niveau des échantillons 2 et 6 avec 50.66 meq d'O₂/kg d'huile.

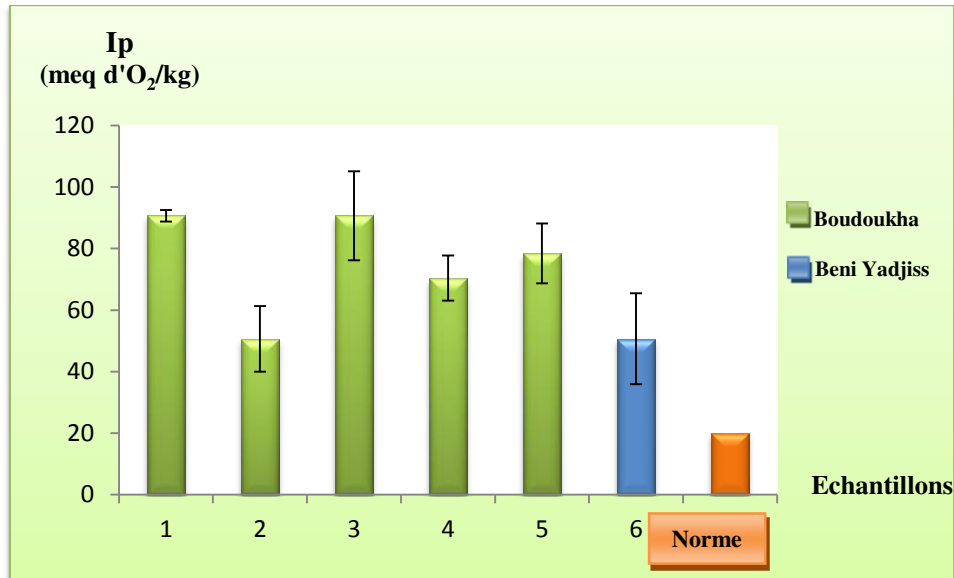


Figure 06. Variations de l'indice de peroxyde dans les échantillons d'huile d'olive.

Toutes les valeurs enregistrées dépassent largement la norme algérienne (1166/1990) ainsi que la norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive établis par le COI a, (2015) qui est de 20 meq d'O₂ actif/kg d'huile d'olive.

Une corrélation négative très significative entre l'Ip et l'I_A ($r = - 0.7311$) et avec l'acidité oléique ($r = - 0.7311$) a été signalée.

II.1.4. Indice de saponification

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que les valeurs moyennes de l'indice de saponification varient légèrement d'un échantillon à un autre (fig. 07). Ces différences sont néanmoins statistiquement significative car $F = 24.957$; $p < 0.0001$.

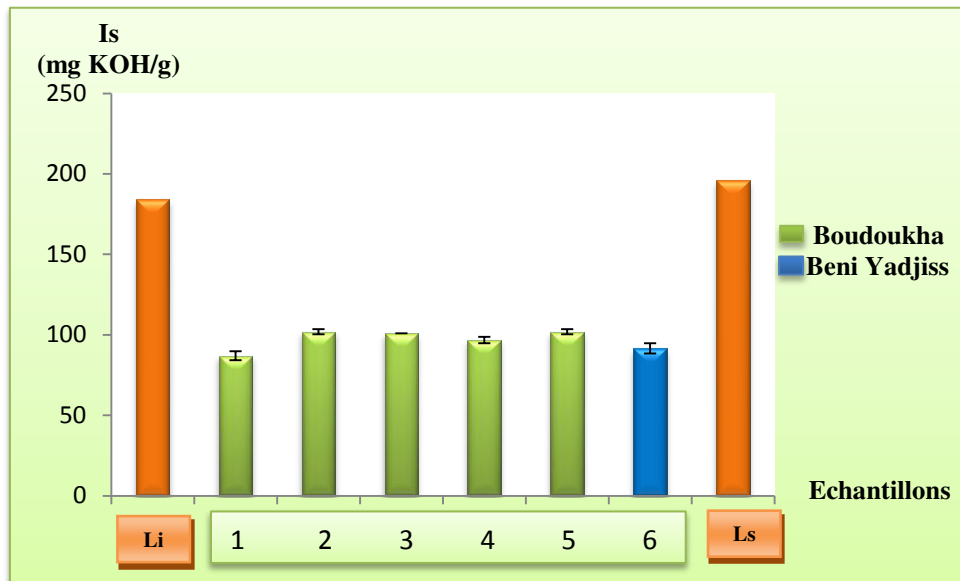


Figure 07. Variations de l'indice de saponification dans les échantillons d'huile d'olive.

Les valeurs de cet indice varient entre un minimum de l'ordre de 86.955 mg KOH/g d'huile enregistré dans l'échantillon 1, et un maximum de l'ordre de 101.915 mg KOH/g d'huile relevé au niveau des échantillons 2 et 5. Toutes ces valeurs se trouvent en dessous de la norme algérienne (1166/1990) et la norme codex (33-1981) pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive comprise entre 184 et 196 mg KOH/g d'huile d'olive.

La corrélation positive hautement significative corréle cet indice et l'indice d'ester ($r = 0.9414$).

II.1.5. Indice d'iode

D'après la figure 08, les valeurs de l'indice d'iode varient d'une station à une autre. La valeur maximale qui est de 314.0775 g d'iode/100 g d'huile est enregistrée au niveau de l'échantillon 5 dans la région de Boudoukha, alors que la valeur minimale qui est de 155.4525 mg d'iode/100 g d'huile est relevée au niveau de l'échantillon 6 dans la région de Beni Yadjiss. Ces différences sont hautement significatives ($F = 288.674$; $p < 0.0001$).

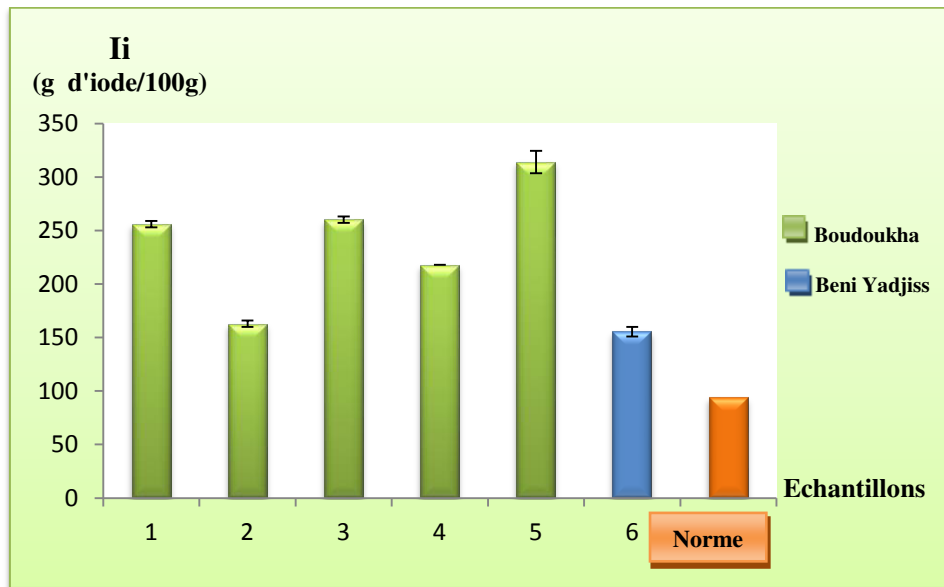


Figure 08. Variations de l'indice d'iode dans les échantillons d'huile d'olive.

Toutes les valeurs obtenues dépassent largement la norme codex (33-1981) pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive qui est de 75 à 94 g d'iode/ 100g d'huile d'olive.

L'étude statistique montre la présence d'une corrélation négative très significative de cet indice avec le Pb ($r = -0.6921$), alors qu'elle est hautement significative avec le Cu ($r = 0.76$) et significative avec le Zn ($r = 0.51$).

II.1.6. Indice d'ester

L'analyse de la figure (09) montre que les valeurs moyennes de l'indice d'ester varient de 74.426 à 95.37 mg KOH/g d'huile, enregistrées respectivement au niveau des échantillons 2 et 5 dans la région de Boudoukha. Ces différences sont hautement significatives ($F = 44.294$; $p < 0.0001$).

Toutes les valeurs obtenues se trouvent en dessous de la norme algérienne (1166/1990) et la norme codex (33-1981) pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive qui est comprise entre 177.4 et 189.4 mg KOH/g d'huile d'olive.

Une corrélation positive hautement significative et a été marquée entre cet indice et l'indice de saponification ($r = 0.9414$).

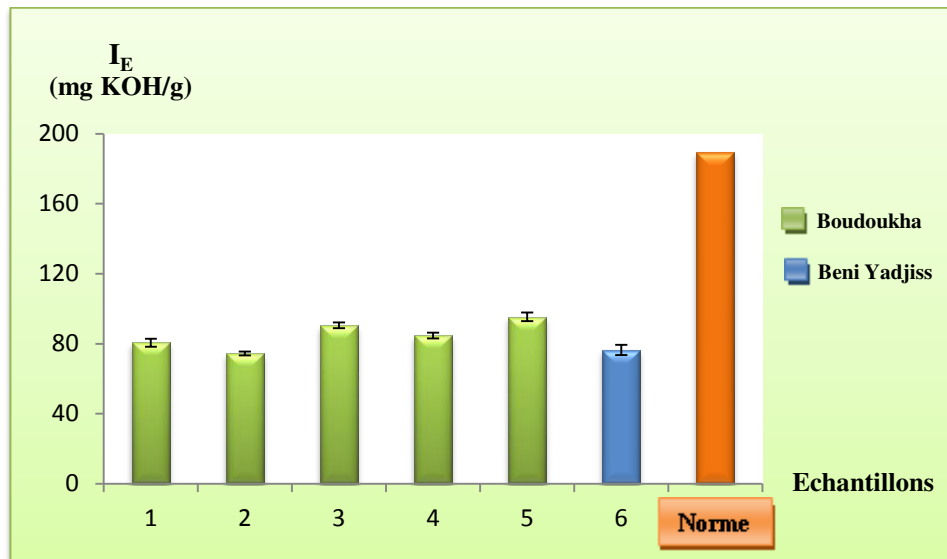


Figure 09. Variations de l'indice d'ester dans les échantillons d'huile d'olive.

II.2. Eléments traces métalliques

Les résultats des teneurs totales en éléments traces métalliques (Cd, Cu, Pb et Zn) des échantillons d'huile d'olive sont consignés dans les figures (10) à (13).

II.2.1. Cadmium

Les teneurs varient entre un minimum de 2.099 ppm signalé au niveau de l'échantillon 1 et un maximum de 2.4 ppm enregistré dans l'échantillon 3 (fig. 10). Ces légères variations sont confirmées par les différences non significatives enregistrées entre les stations ($F = 2.445$; $p = 0.095$).

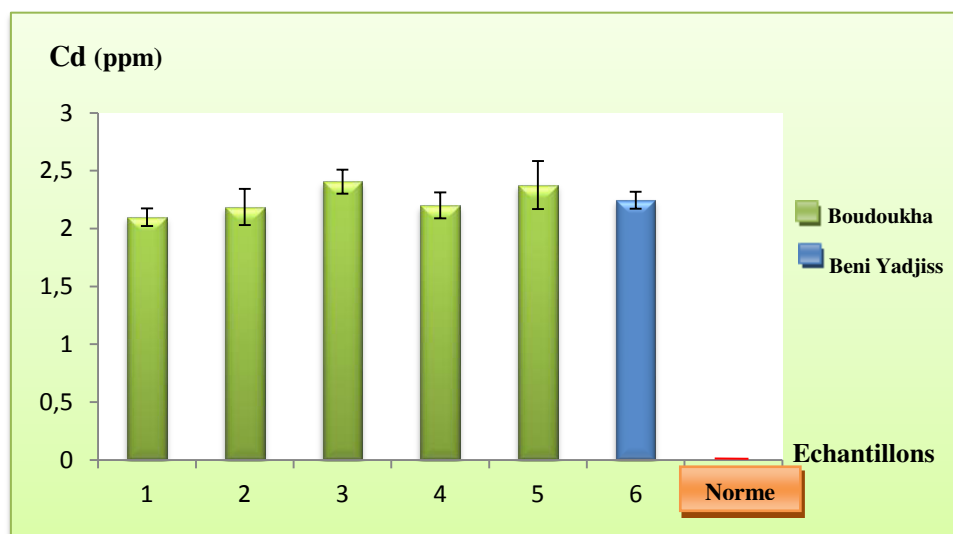


Figure 10. Variations des teneurs en cadmium dans les échantillons d'huile d'olive.

Les valeurs obtenues dans cette analyse dépassent de loin la limite de quantification décrite par Lacoste, (2005) qui est de 0.02 mg/kg.

II.2.2. Cuivre

L'observation de la figure (11) montre que les teneurs moyennes en cuivre sont généralement élevées et varient d'un échantillon à un autre, cependant elles varient entre un minimum de 0.515 ppm marqué au niveau de l'échantillon 5 et un maximum de l'ordre de 0.985 ppm observé au niveau du premier échantillon.

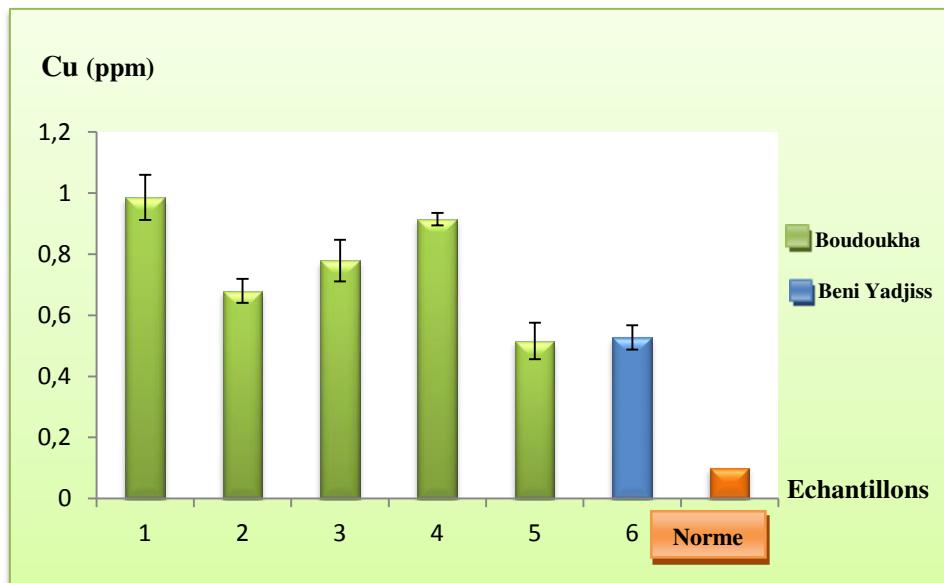


Figure 11. Variations des teneurs en cuivre dans les échantillons d'huile d'olive.

Ces valeurs dépassent largement la norme codex (33-1981) pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive ainsi que la norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive établis par le conseil oléicole international a, (2015) qui est de 0.1 mg/kg.

L'analyse de la variance des concentrations en cuivre des huiles étudiées présente une différence hautement significative entre les échantillons étudiés ($F = 39.882$; $p < 0.0001$). Cependant, l'étude de la corrélation présente une corrélation positive hautement significative de cet élément avec l'indice d'iode ($r = 0.7670$), très significative avec le Zn ($r = 0.6272$), mais il est corrélé négativement avec le Pb ($r = -0.5057$).

II.2.3. Plomb

Les concentrations moyennes de cet élément dans les échantillons d'huile d'olive étudiés varient entre un minimum de 8.12 ppm enregistré au niveau de l'échantillon 2 de Boudoukha et un maximum de 17.499 ppm signalé au niveau de l'échantillon 6 de Beni Yadjiss (fig. 12). Des différences hautement significative entre les différents échantillons ($F = 119.57$; $p < 0.0001$) ont été enregistrées.

Ces valeurs dépassent de loin la norme UE et la norme codex décrites par Lacoste, (2005), ainsi que la norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive établis par le COI a, (2015) qui est de 0.1 mg/kg.

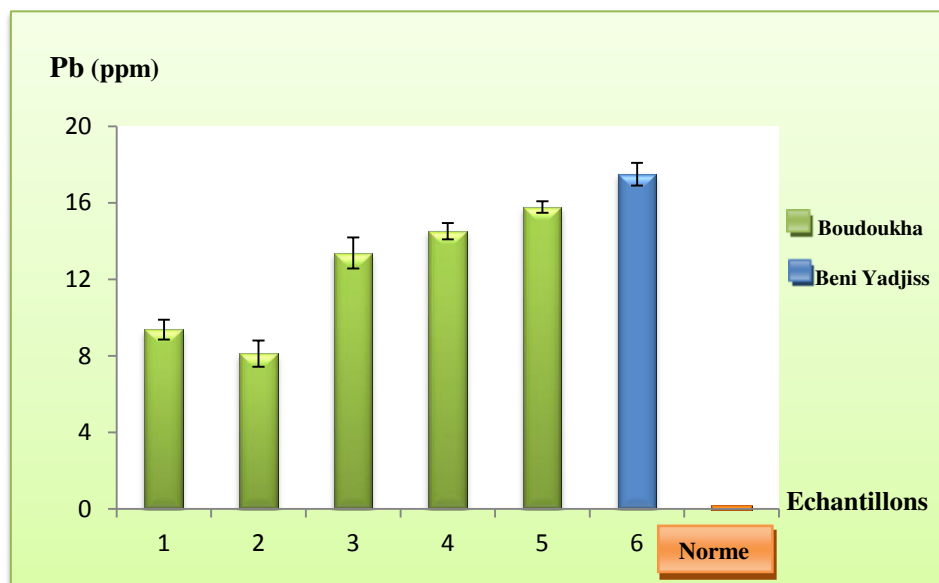


Figure 12. Variations des teneurs en plomb dans les échantillons d'huile d'olive.

Le plomb présente une corrélation négative significative avec le cuivre ($r = - 0.5057$) et le zinc ($r = - 0.5819$) et très significative avec l'indice d'iode ($r = - 0.6921$).

II.2.4. Zinc

Les résultats obtenus (fig.13) permettent de constater que les teneurs en zinc dans les huiles d'olive étudiées présentent une différence significative d'un échantillon à un autre ($F = 6.836$; $p = 0.003$). Une légère diminution graduelle de l'échantillon 1 à 5 a été enregistrée. Ces concentrations s'échelonnent entre un maximum de 4.065 ppm et un minimum de 2.99 ppm dans la région de Boudoukha, l'échantillon de Beni Yadjiss présente une concentration moyenne de 3.48 ppm.

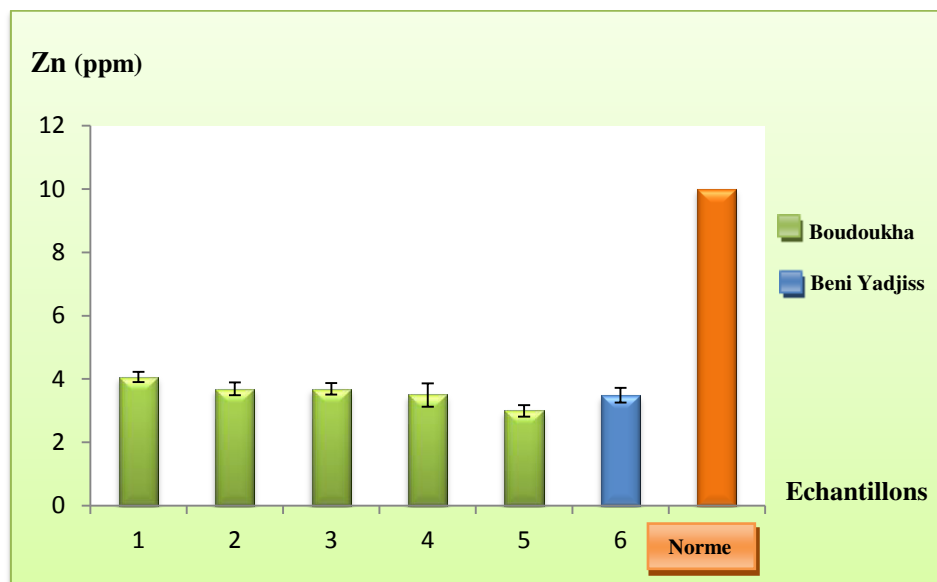


Figure 13. Variations des teneurs en zinc dans les échantillons d'huiles d'olive.

Ces valeurs restent en dessous de la norme WHO pour les huiles végétales décrite par Sobhanardakani, (2016) qui est de 10 mg/kg.

Le zinc présente ainsi une corrélation négative significative avec le plomb ($r = -0.5819$), significative et positive avec l'indice d'iode ($r = 0.5106$) et très significative et positive avec le cuivre ($r = 0.6272$).

Chapitre III :
Discussion

III.1. Caractéristiques physicochimiques

III.1.1. Indice d'acidité

D'une façon générale, cette étude a révélé que les valeurs moyennes de l'indice d'acidité présentent une certaine hétérogénéité entre les stations. L' I_A de la première et de la cinquième station ne dépasse pas la norme algérienne (NA : 1166/1990) et la norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive établis par le COI a, (2015) qui est de 6.6 mg KOH/g au maximum. Alors que, pour les stations 2, 3, 4 et 6, les valeurs enregistrées sont largement supérieures avec un maximum de 27.489 mg KOH/g d'huile enregistré au niveau de la station 2.

Plusieurs études référençaient les fortes valeurs de cet indice dans les échantillons d'huile d'olive contaminées par les métaux. La présence des métaux lourds favorise l'oxydation précoce des triglycérides et des acides gras insaturés en présence de l'air (Chimi, 2001). Fuqha et al., (2015) il y'a donc une relation étroite entre la concentration des métaux dans l'huile et ces propriétés physicochimiques tel l'acidité. Anwar et al., (2004) ont également trouvé que le Cu est parmi les prooxydants les plus forts et les plus notables capable de produire des composés oxydatifs dans différentes huiles végétales avec des concentrations inférieurs à 0.005 ppm. Cependant, nous avons enregistré de faibles corrélations entre l'indice d'acidité et les ETM étudiés. Alors qu'une corrélation très hautement significative et positive est enregistrée avec l'acidité oléique et très significative négative avec l'indice de peroxyde. Dans notre cas les valeurs obtenues peuvent être attribués probablement à la récolte de fruits au stade de maturité précoce, à l'insuffisance de précautions prises lors de la récolte ou du stockage des olives, ce qui entraîne la détérioration des fruits et par conséquent l'augmentation de la teneur en acides gras libres (El Antari et al., 2000 ; Boulfane et al., 2015), à d'autres facteurs tels les variations variétales, à l'altitude, aux conditions climatiques (Aparicio et Luna, 2002 ; Aranda et al., 2004), et peut être aux mauvaises conditions de conservation et d'extraction (Tanouti et al., 2011).

Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Benabid, (2009) qui a rapporté de fortes valeurs de cet indice dépassant la limite et atteignant 18.52 mg KOH/g pour les huiles d'olive de différentes régions oléicoles algériennes produites par la même technique d'extraction de nos échantillons. Aussi avec ceux obtenus par Elbir et al., (2014) et Boulfane et al., (2015) où de fortes valeurs de cet indice, respectivement 19.26 et 11.66 mg KOH/g ont été enregistrées.

Cependant, l'étude réalisée par Lagardere et al., (2004), Tanouti et al., (2011), Haddam et al., (2013), Ibrahim Hassan Abdalla et al., (2014) et Roiaini et al., (2015) sur les huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles, montre de très faibles valeurs de l' I_A (2.6, 1.6, 0.44, 1.14 et 0.84 mg KOH/g). Ce qui confirme que la technique d'extraction a un effet sur l'indice d'acidité.

III.1.2. Acidité oléique

Les résultats d'acidité oléique obtenues à partir de ceux de l'indice d'acidité nous ont permis de déduire que le pourcentage d'acide oléique répond à la norme algérienne (NA : 1166/1990) et à la norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive établis par le COI a, (2015) qui est de 3.3 %, ceci est pour les échantillons 1 et 5. Néanmoins, les moyennes enregistrées pour les échantillons 2, 3, 4 et 6 dépassent la limite posée par cette norme. La valeur la plus élevée de cet indice est enregistrée au niveau de la station 2 de la région de Boudoukha.

Ces résultats sont dus d'après l'étude réalisée par Achat, (2013) à la présence des ETM dans l'huile. Salvador et al., (2003), Bahti et al., (2014) et Nierat et al., (2014) ont montré par leurs études sur les huiles d'olives Palestiniens qu'il y'a une relation entre l'acidité et l'origine géographique de l'huile d'olive. Selon Fuqha et al., (2015) les teneurs en Cu, Fe et Zn causent une augmentation du niveau d'oxydation de l'huile d'olive. Néanmoins de faibles corrélations ont été enregistrées entre cet indice et les éléments traces métalliques étudiés dans cette étude.

Les fortes valeurs de l'indice d'acidité oléique est probablement dues à la qualité des olives, à la pauvreté des olives en composés antioxydants ainsi qu'aux mauvaises conditions d'extraction et de stockage des huiles (Cuvelier et Maillard, 2012).

Chimi, (2006) a montré que l'état de maturité des fruits influe sur la quantité des constituants phénoliques dans l'huile extraite durant les stades de pigmentation, stade vert, semi-noir et noir, les constituants phénoliques augmentent avec le stade de maturité jusqu'au stade semi-noir (semi-mûre). Au-delà, une inversion de ce phénomène est assistée. Chimi, (2001) a montré également que la qualité des huiles produites par pression est assujettie à la qualité des olives et de la propreté des scourtins. Il a cité aussi que l'auto oxydation de l'huile, déclenchée par la présence de l'air pendant les opérations de broyage et de pressage de la pâte des olives, provoque la dégradation des acides gras insaturés.

Il a aussi déclaré que l'huile extraite par système de pression se trouve appauvrie en composés phénoliques par rapport aux autres systèmes d'extraction. Cependant, Ciquanta et al., (1997) ont montrés qu'il y a une relation proportionnelle entre la teneur en polyphénols et le taux d'acidité de l'huile d'olive.

L'acidité de l'huile augmente également en augmentant les températures qui favorisent le développement et la croissance fongique (Artukoglu et Olugura, 2008). L'acidité d'huile augmente progressivement au cours du stockage à cause de la dégradation des acides phénoliques avec le temps comme conséquence de leur activité antioxydante (Ciquanta et al., 1997), cette conclusion est discutée longuement par Salvador et al., (2003), Bahti et al., (2014) et Nierat et al., (2014) dans leurs études sur les huiles d'olives Palestiniens où ils ont confirmé la présence d'une corrélation significative et positive entre ces deux paramètres.

Benabid, (2009) a trouvé de fortes valeurs d'acidité oléique similaires aux résultats obtenus dans cette étude arrivant à 9.26 % pour les huiles d'olive algériennes produites par système de pression. Elbir et al., (2014) ainsi que Boulfane et al., (2015) ont rapporté aussi des résultats dépassant largement la norme et atteignant 9.63 et 5,83 % respectivement. Alors que Lagardere et al., (2004), Tanouti et al., (2011), Sekour, (2012), Haddam et al., (2013), Ibrahim Hassan Abdalla et al., (2014) et Roiaini et al., (2015) qui ont travaillé sur des huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles, ont trouvé des résultats absolument inférieurs aux valeurs signalés dans cette étude (1.3, 0.8, 2.85, 0.22, 0.57 et 0.42% respectivement).

III.1.3. Indice de peroxyde

Les résultats moyens obtenus lors de la détermination de l'indice de peroxyde nous permettent de constater que tous les échantillons d'huile d'olive que ce soit de la région de Boudoukha ou de Beni Yadjiss dépassent largement la NA (1166/1990) ainsi que la norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive établis par le COI a, (2015) qui est de 20 meq d'O₂ actif/kg d'huile.

Benabid, (2009) a rapporté pour les huiles d'olive algériennes extraites par pression des valeurs similaires à celles obtenues par notre étude où il a trouvé des fortes teneurs atteignant 32,83 meq d'O₂/kg. Elbir et al., (2014) ont trouvé aussi d'importantes valeurs arrivant à 28.50 meq d'O₂/kg d'huile dans les huiles d'olive de la région de Marrakech-Tansift-Al Haouz au Maroc.

Cependant, plusieurs études effectuées sur des huiles d'olive produites dans des huileries traditionnelles ont donné des valeurs plus faibles que les notre; Meftah et al., (2014) qui ont travaillé sur des huiles d'olive originaires de la région Tadla Azilal ont enregistré des teneurs arrivants à 18,66 meq d'O₂ actif/kg.

Salvador et al., (2003), Haddam et al., (2013), Ibrahim Hassan Abdalla et al., (2014), Muço et al., (2015) et Roiaini et al., (2015) ont signalés des teneurs de 12,9, 1.85, 10.10, 8.8 et 10.62 méq d'O₂ actif/kg respectivement pour les huiles d'olive d'Espagne, du Maroc et d'Albanie. Par contre, pour les huiles d'olives produites au Maroc oriental, Tanouti et al., (2011) ont rapporté des teneurs en peroxydes allant jusqu'à 16,57 meq d'O₂ actif/kg, ainsi Boulfane et al., (2015) ont trouvés une teneur de l'ordre de 18.70 meq d'O₂ actif/kg pour les huiles d'olive de la région de Chaouia-Maroc.

L'indice de peroxyde permet essentiellement de prévoir le comportement future d'une matière grasse, puisqu'il mesure la quantité des composés intermédiaires de la réaction d'oxydation (Delacharlerie et al., 2003 in Sour, 2009). Il nous donne donc une idée sur l'état de fraîcheur en plus de l'état d'autoxydation de l'huile, où une huile peut s'oxydée prématurément à cause des mauvais soins lors des processus de la récolte, de la fabrication et du stockage (Pérez-Arquillué et al., 2003 ; Benabid, 2009 ; Tanouti et al., 2011 ; Cuvelier et Maillard, 2012).

Selon Fuqha et al., (2015) la qualité des olives dépend des conditions régionales de la zone de production d'huile. Nunes et al., (2011) et Zhu et al., (2011) ont montré que la fraîcheur, la stabilité et le stockage des huiles d'olive peuvent être affectés par les teneurs des huiles en différents éléments traces métalliques. Plusieurs rapports ont décrit les effets néfastes des ETM, surtout de transition (Cu, Fe, Pb et Cd) sur la flaveur et la stabilité oxydative des huiles, où certains métaux catalysent l'oxydation prématurée des chaînes d'acides gras et forment des substances indésirables dans l'huile (Allen et al., 1998 ;Galeano Díaz et al., 2006 ; Benedet et Shibamoto, 2008 ; Pehlivan et al., 2008 ; Tanouti et al., 2011). Cependant, de faibles corrélations ont été enregistrées entre cet indice et les différents ETM. Néanmoins, les facteurs cités précédemment peuvent expliquer la corrélation négative très significative entre l'I_p et l'I_A et avec l'acidité oléique.

Une corrélation similaire entre ces trois indices 19.7 et 19 meq d'O₂ actif/ Kg par rapport à 0.31%, 0.39% et 0.62 mg KOH/g, 0.78 mg KOH/g respectivement a été enregistrée (Méndez et Falqué, 2007).

III.1.4. Indice de saponification

L'indice de saponification nous permet de caractériser le poids moléculaire et la longueur moyenne des chaînes grasses auxquelles il est inversement proportionnel (Debbou et Chouana, 2003 in Sour, 2009 ; Sekour, 2012).

L'augmentation de cet indice donne donc une indication sur la nature des corps gras présents dans l'huile (Frénot et Vieling, 2001) qui est influencée d'après Torres et Maestri, (2006), Zhu et al., (2011) et Fuqha et al., (2015) par plusieurs facteurs tels les méthodes d'extraction, les facteurs climatiques et l'origine géographique. Les deux premiers facteurs peuvent expliquer la corrélation positive très hautement significative trouvée entre cet indice et l'indice d'ester.

Les valeurs obtenues de l'indice de saponification sont situées en dessous de l'intervalle de la NA (1166/1990) et du codex alimentaire (33-1981) qui varie entre 184 et 196 mg KOH/g d'huile, ce qui signifie la richesse de nos huiles en longues chaînes d'acides gras (acides combinés) (Sekour, 2012).

Des valeurs similaires de cet indice ont été enregistrées (Boubata et al., 2008). Cependant, Méndez et Falqué, (2007), Sekour, (2012), Ibrahim Hassan Abdalla et al., (2014) et Muço et al., (2015) ont révélé des valeurs plus élevées de l'ordre de 190.45, 192, 194.85 et 189 mg KOH/g d'huile d'olive respectivement et qui répond toujours à la norme. Néanmoins, Benabid, (2009) a signalé des valeurs atteignant 201.05 mg KOH/g.

III.1.5. Indice d'iode

La détermination de l'indice d'iode permet de configurer le degré d'insaturation global des huiles (Thomaidis et Georgiou, 2000 ; Sekour, 2012). Les valeurs obtenues dans cette étude dépassent largement la norme codex (33-1981) qui est de 75 à 94 g d'iode/ 100g d'huile, ce qui indique que nos échantillons sont riches en acides gras libres.

Certains auteurs ont enregistré des valeurs d'I_i conformes à la norme fixée par le codex alimentaire pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive de l'ordre de 87.1, 87.26, 84, 91.38 et 79.9 g d'I₂/100 g d'huile respectivement (Kyriakidis et Katsiloulis, 2000 ; Benabid, 2009 ; Sekour, 2012 ; Ibrahim Hassan Abdalla et al., 2014 ; Muço et al., 2015).

Cependant, des valeurs dépassant la norme et atteignant 95.9 et 94.01 g d'I₂/100 g d'huile respectivement ont été enregistrés (Thomaidis et Georgiou, 2000 ; Roiaini et al., 2015).

L'indice d'iode peut être affecté par plusieurs facteurs tels la température, la durée de stockage, la technique d'extraction ainsi que les conditions et surtout les matériaux de conservation d'huile qui causent la dégradation des doubles liaisons ce qui provoque l'oxydation des acides gras insaturés et la formation des acides gras libres.

Méndez et Falqué, (2007) ont constaté dans leur étude sur l'effet de la durée de stockage et des matériaux de conservation sur la qualité d'huile d'olive extra vierge qu'après six mois de stockage une diminution importante de cet indice était enregistrée. Selon la même étude le même résultat observé pour les huiles conservées dans des récipients en plastique, une diminution moins importante est signalée pour les huiles conservées dans des récipients en verre.

Chimi, (2001) ainsi que Zhu et al., (2011) ont montré que la présence de métaux de transition tel le Cu, Zn et Pb dans l'huile favorise l'oxydation des acides gras insaturés. Cependant.

III.1.6. Indice d'ester

La valeur maximale de cet indice obtenue dans cette étude est de 95.37 mg KOH/g d'huile, elle reste toujours inférieure à la limite établie par la NA (1166/1990) et la norme codex (33-1981) qui oscille entre 177.4 et 189.4 mg KOH/g d'huile d'olive.

Cet indice dépend de plusieurs facteurs tels la variété, la date et la technique de récolte, les conditions de stockage ainsi la technique d'extraction et les conditions de conservation d'huile (Mendil et Sebai, 2006). Ces facteurs peuvent expliquer la corrélation positive très hautement significative marquée avec l'indice de saponification.

Des études similaires réalisées par Boubata et al., (2008) et Benabid, (2009) présentent des valeurs de 157.74 et de 182.53 mg KOH/g respectivement. Une valeur plus élevée de l'ordre de 193.71 mg KOH/g d'huile d'olive a été révélée par Sekour, (2012).

III.2. Eléments traces métalliques

III.2.1. Cadmium

Le cadmium, n'est pas un élément essentiel au développement des organismes animaux ou végétaux. Il traverse les barrières biologiques grâce à ces propriétés physicochimiques proches de celles du calcium. L'alimentation est l'une des principales voies d'administration de ce métal pour la population générale (Andujar et al., 2010).

Cet élément peut causer un retard de développement des jeunes pousses, de perturbations de la photosynthèse, des rouleaux des feuilles en plus de la chlorose, ainsi d'une interférence avec l'absorption, le transport et l'utilisation de plusieurs éléments et de l'eau par les plantes (Balestrasse et al., 2003 ; Benavides et al., 2005).

De fortes teneurs en Cd ont été constatés par Basem Fuqha, (2015) qui a signalé la valeur de 17.7 ppm dans les huiles d'olive Palestiniens , par Angioni et al., (2006) qui ont trouvé une valeur de 5.8 ppm pour cet élément dans les échantillons d'huiles d'olive, ainsi que par Zhu et al., (2011) dans leur étude sur les risques sanitaires des ETM présents dans les huiles d'olive consommées dans la Chine ont enregistré des valeurs atteignant 2.64 ppm en Cd. Cependant, De Souza et al., (2005) ont enregistré de très fortes teneurs en cet élément .

D'autres études ont marqué des valeurs moins supérieures mais toujours dépassant la norme (Karadjova et al., 1998 ; Canario et Katskov, 2005), cependant, Mendil et al., (2009) ont signalé une concentration de 0.15 ppm de cadmium dans les huiles d'olive Turquoise. Des valeurs plus faibles et plus proche de la norme de l'ordre de 0.004, 0.012, 0.00366, 0.0028, 0.078 et 0.0466 ppm respectivement ont été signalés par Castillo et al., (1999), La Pera et al., (2002), Benincase et al., (2007), Pehlivan et al., (2008), Bakircioglu et al., (2013) et Farzin et Esmail Moassesi, (2014).

Fuqha et al., (2015) ont déclaré que la présence des métaux dans l'huile peut être liée à leur présence naturelle dans le sol, à l'utilisation des fertilisants dans la culture, à la maturation excessive et aux techniques de la récolte des olives, ainsi qu'aux conditions environnementaux qui permettent leur circulation (pluies, vents, températures,...). Cependant, Benincase et al., (2007) ont trouvé les ETM ont une origine géogène. D'autres facteurs sont à l'origine de la contamination métalliques des huiles comestibles tels l'eau d'irrigation et la diversité variétale (Ansari et al., 2009).

D'autres auteurs tels Zhu et al., (2011) ont montré que malgré le Cd est un élément naturellement présent dans l'écorce terrestre, l'homme reste le principal facteur de sa distribution dans l'environnement par ses différentes activités. Alors que, Nunes et al., (2011) ont concluent que cet élément peut être d'origine naturelle comme il peut provenir des processus de production d'huile. Cypriano et al., (2008) ainsi que Ansari et al., (2009) ont longuement discutés cette dernière source de contamination, où ils ont concluent qu'il est possible de trouver des métaux en raison de divers facteurs tels que les processus de traitement (comme la corrosion des équipements de traitement), les procédures d'emballage, de la plomberie à l'eau et la présence de

résidus de fongicides utilisés dans l'agriculture. Ils ont ainsi mentionné que la présence de routes et des activités industrielles à proximité du site de culture sont de très importantes sources de cadmium.

III.2.2. Cuivre

Le cuivre est essentiel pour une bonne santé, mais un apport très élevé peut causer des problèmes défavorables tels que les dommages au foie et aux reins (Ikem et Egiebor, 2005). La carence en cuivre peut entraîner une anémie hypochromique, une leucopénie et une ostéoporose chez les enfants (Kanumakala et al., 2002). Chez les plantes, le Cu induit des malformations des racines et une altération de la perméabilité et de la fluidité de leur membrane (Tapiero et al., 2003 ; Kabata-Pendias, 2011), comme il peut causer des chloroses ferriques (Panou- Filotheou et al., 2001), une diminution de l'efficacité de la photosynthèse, une dépression de croissance des plantes et une chute du rendement (Tapiero et al., 2003).

Cet élément qui est connu à la fois vital et toxique pour de nombreux systèmes biologiques peut d'après les études de Koz et al., (2008) et Onianwa et al., (2008) entrer dans les matériaux alimentaires à partir du sol grâce à la minéralisation par les cultures, la transformation des aliments ou la contamination de l'environnement, comme dans l'application d'intrants agricoles, tels que les pesticides à base de cuivre utilisés de façon commune dans les fermes dans certains pays.

La présence de cet élément dans les huiles d'olive dépend de plusieurs facteurs, cependant, Fuqha et al., (2015) ont montré que la variété d'olivier, la durée de stockage en plus de l'emplacement géographique sont parmi les facteurs les plus influents sur les teneurs en Cu dans l'huile. Cependant, Castillo et al., (1999) et Canário et Katskov, (2005) ont mentionné que l'utilisation des engrais à base de cuivre pendant la culture de l'olivier ainsi que les procédés d'extraction et du stockage du produit final sont parmi les principales sources de contamination d'huile par le cuivre. La première source de contamination est confirmée par plusieurs d'autres études (Sahan et al., 2007 ; Bati et Cesur, 2002 ; Zeiner et al., 2005 ; Mendil et al., 2009). Une autre étude réalisée par Chimi, (2001) a montré que la séparation de l'huile des margines par décantation durant le processus d'extraction souvent dans des bacs en argile favorise la migration des métaux (Fe, Cu) vers les huiles d'olive.

Toutes les valeurs obtenues au cours de notre étude sont supérieures à la norme codex (33-1981) et la norme COI a, (2015) qui sont de 0.1 ppm. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Carbonel et al., (1991) (1.1 ppm), Polvillo et Guinda, (1994) (0.86 ppm), Castillo et al., (1999) (0.28 ppm), La Pera et al., (2002) (0.5277 ppm), Anwar et al., (2004) (0.110 ppm), Anthemidis et al., (2005) (0.55 ppm), Galeano Diaz et al., (2006) (0.2733 ppm), Pehlivan et al., (2008) (0.2870 ppm), Mendil et al., (2009) (0.71 ppm), Llorent-Martínez et al., (2011) (1.3 ppm), Megahed et al., (2011) (0.1167 ppm), Nunes et al., (2011) (1.29 ppm), Zhu et al., (2011) (0.265 ppm), Bakircioglu et al., (2013) (0.244 ppm) et Baran et Bağdat, (2013) (0.41 ppm).

De fortes teneurs en Cu ont été signalés par Zeiner et al., (2005), Ajayi et al., (2006), Angioni et al., (2006) et Basem Fuqha, (2015) de l'ordre de 4.51 ppm, 31.0 ppm, 4.6 ppm et 2.3 ppm respectivement. Cependant, et contrairement à nos résultats, d'autres études montrent des teneurs très faibles en cet élément situées en dessous de la norme déjà citée (Karadjova et al., 1998 ; De Leonardis et al., 2000 ; Cindric et al., 2007 ; Pehlivan et al., 2008 ; Farzin et Esmail Moassesi, 2014).

III.2.3. Plomb

Le plomb est similaire au cadmium qui n'a aucun rôle bénéfique dans le métabolisme cellulaire, produisant une toxicité progressive. Il crée des troubles de santé tels que l'insomnie, la fatigue, l'ouïe et la perte de poids (Zhou et al., 2011). Chez les végétaux, il affecte la conformation de nombreuses enzymes, les empêchant de fonctionner convenablement, il affecte également la nutrition minérale, comme il peut provoquer un stress hydrique et un stress oxydant (Saur, 1990 ; Clemens, 2006 ; Kopittke et al., 2007 ; Kabata-Pendias, 2011).

Les teneurs en Pb des échantillons d'huile d'olive dépassent largement la limite de quantification qui est de 0.1 mg/kg. Une possibilité de contamination métallique des huiles comestibles est due à la technologie des procédés de production (Benincase et al., 2007 ; Jamali et al., 2008) et à l'exposition environnementale à une grande variété d'éléments métalliques (Laurent, 1997 in Zeiner et al., 2005). Zeiner et al., (2005) ont montrés qu'il y a deux voies principales de contamination des plantes par le plomb ; les dépôts humides ou secs et l'absorption racinaire à partir du sol.

Le système utilisé pour l'extraction d'huile peut influencer le taux des ETM dans les huiles d'olive de la même région géographique. Ce phénomène est étudié pour le Pb par Moret et al., (1997) qui ont trouvé que l'extraction par système de presse augmente le taux de cet élément dans l'huile par rapport aux huiles extraites par système de centrifugation.

D'autres facteurs peuvent causer l'incorporation de cet élément dans les huiles comestibles tel l'utilisation des fertilisants pendant la culture de l'olivier, la présence des installations industrielles non contrôlées ou la proximité des cultures à des autoroutes (La Pera et al., 2002; Dugo et al., 2004), l'épandage de boues industrielles, et des boues domestiques (Lacoste et al., 2004) ainsi qu'aux facteurs liés à l'arbre lui-même tel la variété et l'âge de l'arbre (Fuqha et al., 2015).

Des valeurs proches à nos résultats ont été constatés (Canario et Katskov, 2005 ; Angioni et al., 2006) de l'ordre de 6.9 ppm et 27.9 ppm respectivement.

Cependant, des valeurs plus faibles mais toujours supérieures aux normes ont été constatés par d'autres études (Megahed et al., 2011 ; La Pera et al., 2002 ; Basem Fuqha, 2015). Par contre, Karadjova et al., (1998), Castillo et al., (1999), Pehlivan et al.,(2008), Mendil et al., (2009), Zhu et al., (2011), Bakircioglu et al., (2013) et Farzin et Esmail Moassesi, (2014) ont signalé des concentrations en plomb inférieures à la limite de quantification : 0.02 ppm, 0.024 ppm, 0,0074 ppm, 0.03 ppm, 0.013 ppm, 0.037 ppm et 0.0456 ppm respectivement.

III.2.4. Zinc

Le zinc est l'un des oligoéléments les plus abondants chez l'homme (Roohani et al., 2013). Il est considéré comme relativement non toxique, cependant, une quantité excessive peut entraîner une altération de la croissance et de la reproduction (Fukada et al., 2011 ; Abidemi et Theresa, 2015), il n'est pas considéré comme hautement phytotoxique, Néanmoins, la chlorose, principalement dans les nouvelles feuilles, et la croissance des plantes déprimée sont les symptômes communs de la toxicité par cet élément (Nicholas et Egan, 1975 ; Rout et Das, 2003).

Les résultats obtenus montrent des valeurs inférieures à la norme WHO pour les huiles végétales qui est de 10 mg/kg, ce qui signifie que les huiles d'olive étudiées ne sont pas contaminées par cet élément.

Des valeurs proches à celles obtenues dans notre étude ont été constatés par Garrido et al., (1994), La Pera et al., (2002) et Anwar et al., (2004). Cependant, Zeiner et al., (2005), Cindric et al., (2007), Pehlivan et al., (2008), Mendil et al., (2009), Nunes et al., (2011), Zhu et al., (2011), Bakircioglu et al., (2013) et Farzin et Esmail Moassesi, (2014) ont trouvé de faibles concentrations du zinc dans leurs échantillons d'huile d'olive atteignant respectivement 4.09 ppm, 3.7 ppm, 0,0523 ppm, 1.03 ppm, 4.30 ppm, 1.41 ppm, 0.424 ppm et 9.54 ppm.

Cependant, Basem Fuqha, (2015) qui a travaillé sur des huiles d'olive Palestiniennes et Angioni et al., (2006) qui a étudié l'influence des cultivars d'olives et période de récolte sur le contenu en ETM dans les huiles d'olive vierges ont trouvé de fortes teneurs en zinc dépassant la norme WHO et qui atteignent 116.7 et 10.3 ppm respectivement.

Selon Zeiner et al., (2005) et Jamali et al., (2008) la présence de métaux dans les huiles végétales dépend de plusieurs facteurs. Ils pourraient provenir du sol, de l'environnement, du génotype de la plante, des engrais et / ou des pesticides contenant des métaux, introduits lors de la production ou par contamination des équipements de traitement. Coco et al., (2003) et Dantas et al., (2003) ont également déclaré que la présence de métaux lourds dans les huiles comestibles est due à la fois à des facteurs endogènes, liés au métabolisme des plantes et à des facteurs exogènes dus à une contamination au cours des techniques agronomiques de la production et la collecte des olives et des graines, au cours des processus d'extraction et de traitement d'huile, Ainsi que des systèmes et des matériaux d'emballage et de stockage.

Conclusion

Les facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive commence au moment de la plantation par le choix de la variété implantée jusqu'aux conditions de stockage et de distribution de l'huile extraite. Plusieurs facteurs peuvent donc la détériorer en affectant ses propriétés physicochimiques, organoleptiques en plus de son innocuité ce qui diminue sa valeur nutritive et la rend toxique parfois à l'usage humain.

Certains métaux qui sont naturellement présents dans les oléagineux et leur huile brute comme des constituants mineurs, peuvent atteindre de très fortes concentrations dans certains sites pollués par des activités humaines. Notamment le cadmium, le cuivre, le plomb et le zinc, qui sont présents dans les résidus d'extraction de minerais accumulés autour des exploitations minières.

Par ailleurs, l'altération et le lessivage du stock de minerai laissé à l'air libre et les rejets de l'ancienne laverie de la mine de Boudoukha ont contribué à la production de solutions acides chargées en métaux lourds. Ces éléments peuvent arriver à la plante d'olivier soit par voie apoplastique et symplastique et/ ou à travers les stomates et les cuticules. Ils vont être transportés par la suite vers toutes leurs parties et stockés dans les racines, le tronc, les rameaux, les feuilles, les fruits et les graines avec des concentrations différentes ; ils peuvent même atteindre l'huile comestible et affecté donc la santé humaine. Cette contamination représente donc un sérieux problème environnemental qui doit être traité.

Il serait donc indispensable d'étudier la présence de ces éléments traces métalliques dans les huiles d'olive consommables et de poursuivre leurs effets sur la qualité nutritionnelle de ces jus.

Pour répondre à ces objectifs, des échantillons d'huile d'olive ont été collectés et soumis à l'analyse physicochimique et au dosage des ETM (Cd, Cu, Pb et Zn). Les prélèvements ont été réalisés sur deux emplacements (cinq échantillons dans la région de Boudoukha et un échantillon dans la région de Beni Yadjis).

Cette étude fournit une analyse quantitative de la concentration de certains éléments traces métalliques dans l'huile d'olive en plus de la détermination de certaines propriétés physicochimiques (indice d'acidité, acidité oléique, indice de peroxyde, indice de saponification, indice d'iode et indice d'ester) pour évaluer la qualité de ces produits.

Les résultats obtenus montrent que les échantillons d'huile d'olive étudiés présentent des caractéristiques particulières : acides, non fraîches, non stables, riche en composés intermédiaires d'oxydation, en acide gras libres et insaturés. Ces huiles sont également pauvres en acides gras combinés. Ce qui signifie qu'ils sont extraits de différents cultivars. Afin de confirmer ces différences entre les huiles d'olive, d'autres études doivent être effectuées.

L'évaluation de la contamination métallique des huiles récoltées de la zone minière révèle que les concentrations enregistrées semblent avoir des valeurs supérieures aux normes internationales pour le Cd, le Cu et le Pb, cependant elles sont bien inférieures à ces normes pour le Zn.

Cependant, les fortes teneurs marquées pour l'échantillon de la région de Beni Yadjiss, malgré l'absence d'une source de pollution géogène apparente, peuvent être référencées à l'utilisation non contrôlée des fertilisants dans la culture, à la maturation excessive, aux techniques de récolte des olives et aux conditions environnementaux qui permet leurs circulation (pluies, vents, températures,...). Elles peuvent aussi être liées aux processus de traitement des olives, à la contamination des matériels technologiques d'extraction et aux procédures d'emballage d'huile.

Par conséquent et en perspectives, la surveillance des métaux toxiques dans l'huile est essentielle pour éviter une accumulation excessive de ces polluants dans la chaîne alimentaire humaine. Il est préférable d'utiliser l'agriculture biologique et d'éviter l'utilisation abusive des fertilisants chimiques. Enfin, il est recommandé de mettre en place un réseau de surveillance de qualité des huiles dans la région au niveau des huileries avant la mise en marché du produit.

*Références
bibliographiques*

A

- Achat, S. (2013). Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de doctorat en science, Université d'Avignon, France, 211p.
- Ajayi, I. A., Oderinde, R. A., Kajogbola, D. O., & Uponi, J. I. (2006). Oil content and fatty acid composition of some underutilized legumes from Nigeria. *Food Chemistry*, 99, 115-120.
- Akika, F., Bouchefra, A., & M'hamdioua, N. (2009). Variété Sigoise de l'olivier : Qualité des olives, de l'huile d'olive et étude de l'effet nutritionnel de l'huile d'olive chez le rat de Wistar. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en biologie, Université de Jijel, Algérie, 119p.
- Allalout, A., & Zarrouk, M. (2013). Culture hyper-intensive de l'olivier dans le monde et applications en Tunisie. *THE*, (157-158), 66-97.
- Allen, L. B., Siitonen, P. H., & Thompson, H. C. (1998). Determination of Copper, Lead, and Nickel in Edible Oils by Plasma and Furnace Atomic Spectroscopies. *American Oil Chemists' Society*, 75 (4), 477-481.
- Alturiqi, A. S., & Albedair, L. A. (2012). Evaluation of some heavy metals in certain fish, meat and meat products in Saudi Arabian markets. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38 (1), 45-49.
- Amirah, M. N., Afiza, A. S., Faizal, W. I. W., Nurliyana, M. H., & Laili, S. (2013). Human Health Risk Assessment of Metal Contamination through Consumption of Fish. *Environment Pollution and Human Health*, 1 (1), 1-5.
- Amouretti, M. C., & Comet, G. (2000). Le livre de l'olivier. *Edisud*, sl, 224p.
- Andujar, P., Bensefa-Colas, L., & Descatha, A. (2010). Intoxication aigue et chronique au cadmium. *La revue de médecine interne*, 31 (2), 107-115.
- Angioni, A., Cabitza, A., Russo, M. T., & Caboni P. (2006). Influence of olive cultivars and period of harvest on the contents of Cu, Cd, Pb, and Zn in virgin olive oils. *Food Chemistry*, 99, 525-529.

Ansari, R., Gul Kazi, T., Khan Jamali, M., Balal Arain, M., Dowood Wagan, M., Jalbani, N., Imran Afridi, H., & Qadir Shah, A. (2009). Variation in accumulation of heavy metals in different varieties of sunflower seed oil with the aid of multivariate technique. *Food Chemistry*, 115, 318-323.

Anthemidis, A. N., Arvanitidis, V., & Stratis, J. A. (2005). On-line emulsion formation and multi-element analysis of edible oils by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 537, 271-278.

Anwar, F., Kazi, T. G., Saleem, R., & Bhangar, M. I. (2004). Rapid determination of some trace metals in several oils and fats. *Grasas y Aceites*, 55 (2), 160-168.

Aparicio, R., & Harwood, J. (2013). Handbook of Olive Oil Analysis and Properties. *Springer Science et Business Media*, New York - London, 97-127, ISBN: 978-1-4614-7776-1.

Aparicio, R., & Luna, G. (2002). Characterization of monovarietal virgin olive oils. *European Journal of lipid Science and Technology*, 104, 614-627.

Aranda, F., Gómez-Alonso, S., Rivera del Alamo, R. M., Salvador, M. D., & Fregapane G. (2004). Triglyceride, total and 2-position fatty acid composition of Cornicabra virgin olive oil: Comparison with other Spanish cultivars. *Food Chemistry*, 86, 485-492.

Artukoglu, M. M., & Olgun, A. (2008). Quality problems in raw material of olive oil mills and marketing channels: case of Turkey. *Agricultura tropica and subtropica*, 41 (3), 128-131.

Augier, H. (2008). Le livre noir de l'Environnement : Etat des lieux planétaire sur les pollutions. *Alphée*, Jean-Paul Bertrand, France, 600p.

B

Baccouri, B., Baccouri, O., Zarrouk, W., Ben Temime, S., Taamalli, W., Daoud, D., & Zarrouk, M. (2006). Evaluation de la composition des huiles de quelques oléastres sélectionnés: les antioxydants naturels. *Revue des Régions Arides -Numéro spécial- Actes du séminaire international: Gestion des ressources et applications biotechnologiques en aridoculture et cultures oasisiennes : Perspectives pour la valorisation des potentialités du Sahara*, 244-249.

Bahti, A. M., Musameh, S. M., & Abdelraziq, I. R. (2014). Rheological properties (acidity) for olive oil in Palestine. *Materials Science*, 1-3.

- Bakircioglu, D., Bakircioglu Kurtulus, Y., & Yurtsever, S. (2013). Comparison of extraction induced by emulsion breaking, ultrasonic extraction and wet digestion procedures for determination of metals in edible oil samples in Turkey using ICP-OES. *Food Chemistry*, 138, 770-775.
- Balestrasse, K., Benavides, M. P., Gallego, S. M., & Tomaro, M. L. (2003). Effect of cadmium stress on nitrogen metabolism in nodules and roots of soybean plants. *Functional Plant Biology*, 30, 57-64.
- Baran, E. K., & Bağdat, S., (2013). Spectrometric Determination of Copper in Edible Oil Based on the Extraction with N,N'-bis (5-methoxy-salicylidene)-2-hydroxy-1,3-propanediamine. *Food Science and Technology Research*, 19 (4), 647-653.
- Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., & Rallo, L. (2001). El cultivo del olivo. *Mundi-Prensa*, Espagne, 727p.
- Basem Fuqha, E. (2015). Determination of some Metallic Elements and their Effect on Physical Properties of Edible Olive Oil in Palestine. Thèse de magistère en physique, An-Najah National University, Palestine, 69p.
- Bati, B., & Cesur, H. (2002). Determination of Copper in Edible Oils by Atomic Absorption Spectrometry after Lead Piperzinedithiocarbamate Solid-Phase Extraction and Potassium Cyanide Back-Extraction. *Analytical Sciences*, 18, 1273-1274.
- Beltràn, G., Del Rio, C., Sànchez, S., & Martinez, L. (2004). Seasonal changes in olive fruit characteristics and oil accumulation during ripening process. *The Science of Food and Agriculture*, 84, 1783-1790.
- Benabid, H., (2009). Caractérisation de l'huile d'olive algérienne : Apports des méthodes chimiométriques. Thèse de doctorat en sciences alimentaire, Université Mentouri de Constantine Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (INATAA)-Alger, Algérie, 165p.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M., & Tomaro, M. L. (2005). Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17 (1), 21-34.
- Benedet, J. A., & Shibamoto, T. (2008). Role of transition metals, Fe (II), Cr (II), Pb (II), and Cd (II) in lipid peroxidation. *Food Chemistry*, 107, 165-168.

Benincasa, C., Lewis, J., Perri, E., Sindona, G., & Tagarelli, A. (2007). Determination of trace element in Italian virgin olive oils and their characterization according to geographical origin by statistical analysis. *Analytica Chimica Acta*, 585, 366-370.

Ben Tekaya, I., & Hassouna, M. (2005). Étude de la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge extra tunisienne au cours de son stockage. *OCL*, 12 (5-6), 447-454.

Berthelot, Y. (2008). Évaluation de la biodisponibilité des métaux et des matériaux énergétiques dans des sols provenant de sites d'entraînement militaire. Thèse de doctorat en Sciences de l'Environnement, Université du Québec-Montréal, Canada, 234p.

Boskou, D. (2006). Characteristics of the Olive Tree and Olive Fruit. In: *Olive Oil Chemistry and Technology*. AOCS Press, USA, pp. 13-19.

Boskou, D., Blekas, G., & Tsimidou, M. (2006). Olive Oil Composition. In: *Olive Oil: Chemistry and Technology*. AOCS Press, USA, pp. 52-83.

Botineau, M. (2010). Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. *Editions Tec et Doc, Lavoisier*, Paris, 1336p.

Bouftouha, Y. (2000). Pétrologie, géochimie et métallogénie des skarns de la Kabyle de Collo (Nord-Est Algérien), Thèse docteur d'état, Université de Mentouri-Constantine, Algérie, 257p.

Boulfane, S., Maata, N., Anouar, A., & Hilali, S. (2015). Caractérisation physicochimique des huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles de la région de la Chaouia-Maroc. *Applied Biosciences*, 87, 8022-8029.

Bouttine, N., & Serir, M. (2002). Contribution à l'étude métallique de la mine de Boudoukha (Kabylie de Collo), Mémoire ingénieur d'état en Géologie minière, Université Mentouri-Constantine, Algérie, 44p.

C

Cambier, P., Schwartz, C., & Oort, F. (2009). Contaminations métalliques des agrosystèmes et écosystèmes péri-industriels. *Quae*, Paris, 304p.

Canário, C. M., & Katskov, D. A. (2005). Direct determination of Cd and Pb in edible oils by atomic absorption spectrometry with transverse heated filter atomizer. *Analytical Atomic Spectrometry*, 20, 1386-1388.

- Carbonell, V., Mauri, A. R., Salvador, A., & De la Guardia, M. (1991). Direct Determination of Copper and Iron in Edible Oils Using Flow Injection Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Analytical Atomic Spectrometry*, 06, 581-584.
- Carvalho Bertoli, A., Gabriel Cannata, M., Carvalho, R., Ribeiro Bastos, A. R., Puggina Freitas, M., & dos Santos Augusto, A. (2012). Lycopersicon esculentum submitted to Cd-stress ful conditions innutrition solution: Nutrient contents and translocation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 86, 176-181.
- Castillo, J. R., Jiménez, M. S., & Ebdon, L. (1999). Semiquantitative simultaneous determination of metals in olive oil using direct emulsion nebulisation. *Analytical Atomic Spectrometry*, 14, 1515-1518.
- Cecchi, M. (2008). Devenir du plomb dans le système sol-plante : Cas d'un sol contaminé par une usine de recyclage du plomb et de deux plantes potagères (Fève et Tomate). Thèse doctorat en Sciences Ecologiques Vétérinaires Agronomiques et Bioingénieries, Université de Toulouse, France, 214p.
- CFJ, Conservation des Forêts Jijel. (2017). La wilaya de Jijel.
- Chimi, H. (2001). Qualité de l'huile d'olive au Maroc : Enquête national et analyses au laboratoire. *Transfert de Technologie en Agriculture*, (79), 1-4.
- Chimi, H. (2006). Technologies d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. *Transfert de Technologie en Agriculture*, (141), 1-4.
- Cindric, I. J., Zeiner, M., & Steffan, I. (2007). Trace elemental characterization of edible oils by ICP–AES and GFAAS. *Microchemical Journal*, 85, 136-139.
- Cinquanta, L., Esti, M., & La Notte, E. (1997). Evolution of Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil During Storage. *American Oil Chemists' Society*, 74 (10), 1259-1264.
- Clemens, S. (2006). Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms otolerance in plants. *Biochimie*, 88 (11), 1707-1719.
- Coco, F. L., Ceccon, L., Ciruolo, L., & Novelli, V. (2003). Determination of cadmium (II) and zinc (II) in olive oils by derivative potentiometric stripping analysis. *Food Control*, 14, 55-59.

Codex Stan. (1989). Norme Codex pour les huiles d'olive vierges et raffinées et pour l'huile de grignons d'olive raffinée. (33), sl, 6p.

Codex Stan 33. (1981): Standard for olive oils and olive pomace oils, sl, 9p.

COI. Conseil Oléicole International. (1990). Amélioration de la qualité de l'huile d'olive. Coll. Manuels pratiques, sl, 79p.

COI. Conseil Oléicole International. (2006). Guide de gestion de la qualité de l'industrie de l'huile d'olive : les entreprises de conditionnement, T.33-2/ Doc. N°. 4, Madrid-Espagne, 17p.

COI a. Conseil Oléicole International a. (2015). Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive, T.15/NC n°3/Rév.8, Madrid-Espagne, 18p.

COI b. Conseil Oléicole International b. (2015). Marché oléicole : Évolution de la consommation mondiale d'huile d'olive, N°. 91, sl, 7p.

Cypriano, J. C., Costa Matos, M. A., & Matos, R. C. (2008). Ultrasound-assisted treatment of palm oil samples for the determination of copper and lead by stripping chronopotentiometry. *Microchemical Journal*, 90, 26-30.

D

Dantas, T. N. C., Neto, A. A. D., Moura, M. C. P. A., Neto, E. L. B., Forte, K. R., & Leite, R. H. L. (2003). Heavy metals extraction by microemulsions. *Water Research*, 37, 2709-2717.

De Leonardis, A., Macciola, V., & De Felice, M. (2000). Copper and iron determination in edible vegetable oils by graphite furnace atomic absorption spectrometry after extraction with diluted nitric acid. *Food Science and Technology*, 35, 371-375.

De Souza, R. M., Mathias, B. M., Da Silveira, C. L. P., & Aucélio, R. Q. (2005). Inductively coupled plasma optical emission spectrometry for trace multi-element determination in vegetable oils, margarine and butter after stabilization with propan-1-ol and water. *Spectrochimica Acta Part*, 60, 711-715.

D'Imperio, M., Dugo, G., Alfa, M., Mannina, L., & Segre, A. L. (2007). Statistical analysis on Sicilian olive oils. *Food Chemistry*, 102, 956-965.

Dipage, J. A. (2010). Détermination de l'Indice d'Acide des Huiles Essentielles. *Sainte-Liberté*, 1-4.

DSR. Direction des services agricoles. (2017). La cité administrative, wilaya de Jijel.

Dugo, G., La Pera, L., La Torre, G. L., & Giuffrida, D. (2004). Determination of Cd (II), Cu (II), Pb (II), and Zn (II) content in commercial vegetable oils using derivative potentiometric stripping analysis. *Food Chemistry*, 87, 639-645.

Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C., & Egwurugwu, J. N. (2007). Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *Physical Sciences*, 2 (5), 112-118.

E

Eba, F., Ondo, J. A., Mba, S. E., Ollui-M'Boulou, M., & Omva-Zué, J. (2007). Taux de manganèse accumulé dans quelques plantes vivrières cultivées dans la région manganésifère de Moanda (Gabon). *La société Ouest-Africaine de Chimie*, 23, 69-74.

Eichert, T., Kurtz, A., Steiner, U., & Goldbach, H. E. (2008). Size exclusion limits and lateral heterogeneity of the stomatal foliar uptake pathway for aqueous solutes and water-suspended nanoparticles. *Physiologia Plantarum*, 134, 151-160.

El Antari, A., Hilal, A., Boulouha, B., & El Moudni, A. (2000). Influence of the variety, environment and cultural techniques on the characteristics of olive fruits and the chemical composition of extra virgin olive oil in Morocco. *Olivae*, 80, 29-36.

Elbir, M., Amhoud, A., Houlali, I., Moubarik, A., Hasib, H., Jouad, A., & Mbarki, M. (2014). Caractérisation et classification des huiles d'olives monovariétales de deux régions au Maroc (Meknès-Tafilalet et Marrakech-Tensift-Al Haouz). *Materials and Environmental Science*, 5 (2), 565-570.

Elloumi, N., Ben Abdallah, F., Mezghani, I., & Boukhris, M. (2003). Accumulation du plomb par quelques espèces végétales cultivées au voisinage d'une fonderie de plomb à Sfax. *Pollution atmosphérique*, (178), 285-293.

Euagelia, A. (2005). Les huiles végétales pures. De la graine au pot d'échappement : un carburant vert [en ligne]. *Edition Tournésol*, sl, 93p. Disponible sur : « <http://www.calameo.com/books/001421136e978b783d9c1> ».

F

Farzin, L., & Esmail Moassesi, M. (2014). Determination of Metal Contents in Edible Vegetable Oils Produced in Iran Using Microwave-assisted Acid Digestion. *Applied Chemical Research*, 8. (3), 35-43.

Fourasté, I. (2002). Etude botanique "L'Oliver". Faculté des Sciences Pharmaceutiques de Toulouse, 13p.

Frenot, M., & Vierling, E. (2001). Biochimie des aliments. Diététique du sujet bien portant. Science des aliments. *Doin*, sl, 288 p.

Fuqha, E., Abu-Jafar, M., & Iabdelraziq, I. R. (2015). Determination of Some Metallic Elements and their Effect on Physical Properties of Edible Olive Oil in Palestine. *Material Science and Engineering*, 5 (1), 1-7.

G

Galeano Díaz, T., Guiberteau, A., Lo'pez Soto, M. D., & Ortiz, J. M. (2006). Determination of copper with 5,5-dimethylcyclohexane-1,2,3-trione 1,2-dioxime 3-thiosemicarbazone in olive oils by adsorptive stripping square wave voltammetry. *Food Chemistry*, 96, 156-162.

García-Inza, G. P., Castro, D. N., Hall, A. J., & Rousseaux, M. C. (2014). Responses to temperature of fruit dry weight, oil concentration, and oil fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L. var. 'Arauco'). *European Journal of Agronomy*, 54, 107-115.

García-Reyes, J. F., Ferrer, C., Gómez-Ramos, M. J., & Fernández-Alba, A. R. (2007). Determination of pesticide residues in olive oil and olives. *Trends in Analytical Chemistry*, 26 (3), 239-251.

Garnier, R., & Poupon, J. (2006). Cas clinique, Intoxication par le plomb résultant de l'utilisation d'un remède traditionnel indien. *La Presse Médicale*, 35 (7-8), 1177-1180.

Garrido, M. D., Frías, I., Díaz, C., & Hardisson, A. (1994). Concentrations of metals in vegetable edible oils. *Food Chemistry*, 50, 237-243.

Georgopoulos, P. G., Roy, A., Yonone-Lioy, M. J., Opiekun, R. E., & Lioy, P. J. (2001). Copper: environmental dynamics and human exposure issues. *The International Copper Association*, New York, 207p.

Ghalmi, R. (2012). Effets de facteurs agronomiques et technologiques sur le rendement et la qualité de l'huile d'olive. Mémoire en vue d'obtention du diplôme de magister en science agronomique, Ecole supérieure agronomique El-Harrach-Alger, Algérie, 72p.

Ghellai, M. (2014). Action combinée de la salinité et du plomb sur les réponses physiologiques des *Atriplex*. Thèse de magister en Biologie végétale, Université d'Oran, Algérie, 87p.

Green, P.S. (2002). A revision of *Olea* L. (Oleaceae). *Kew Bulletin*, 57 (1), 91-140.

H

Haddam, M., Chimi, H., & Amine, A. (2013). Formulation d'une huile d'olive de bonne qualité. *OCL*, 21 (5), 1-10.

Harir, M. (2010). Effets antagonistes entre les souches d'actinomycètes et *Verticillium dahliae* kleb agent de la verticilliose de l'olivier. Mémoire de magistère en biotechnologie, Université d'Oran, Algérie, 78p.

Hibler, M. (2003). L'amélioration de l'industrie oléicole marocaine, de la récolte à l'élimination des résidus. *Science des aliments*, 45-78.

I-J

Ibrahim Hassan Abdalla, I., khaddor, M., Boussab, A., El Garrouj, D., & Souhial, B. (2014). Physical and Chemical Characteristics of Olive Oils from Cooperatives for Olive Growers in the North of Morocco. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 14 (2), 4-11.

Ikem, A., & Egiebor, N. O. (2005). Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *Food Composition and Analysis*, 18, 771-787.

Jamali, M. K., Kazi, T. G., Arain, M. B., Afridi, H. I., Jalbani, N., Sarfraz, R. A., & Baig, J. A. (2008). A multivariate study: variation in uptake of trace and toxic elements by various varieties of *Sorghum bicolor* L. *Hazardous Materials*, 158, 644-651.

Jiménez Herrera, B; & Carpio Dueñas A. (2002). La cata de aceites: aceite de oliva virgen. características organolépticas y análisis sensorial. *Junta de Andalucía - Consejería de Agricultura y Pesca*. 134p.

K

Kabata-Pendias, A. (2011). Trace Elements in Soils and Plants Fourth Edition. *CEC Press Taylor and Francis Group*, Boca Raton - London - New York, 505p.

Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood, J., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., & Robards K. (2007). Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. *Food Chemistry*, 100, 273-286.

Kanumakala, S., Boneh, A., & Zacharin, M. (2002). Pamidronate treatment improves bone mineral density in children with Menkes disease. *Inherited Metabolic Disease*, 25, 391-398.

Kapellakis, I. E., Tsagarakis, K. P., & Crowther, J. C. (2008). Olive oil history, production and by-product management. *Environmental Science and Bio/Technology*, 7 (1), 1-26.

Karadjovaa, I., Zachariadisb, G., Boskoub, G., & Stratisb, J. (1998). Electrothermal atomic absorption spectrometric determination of aluminium, cadmium, chromium, copper, iron, manganese, nickel and lead in olive oil. *Analytical Atomic Spectrometry*, 13, 201-204.

Kopittke, P., Asher, C. J., Kopittke, R. A., & Menzies, N. (2007). Toxic Effects of Pb^{2+} on Growth of Cowpea (*Vigna unguiculata*). *Environmental Pollution*, 150 (2), 280-287.

Koz, B., Cevik, U., Ozdemir, T., Duran, C., Kaya, S., Gundogdu, A., & Celik, N. (2008). Analysis of mosses along Sarp-Samsun highway in Turkey. *Hazardous Materials*, 153, 646-654.

Kyriakidis, N. B., & Katsiloulis, T. (2000). Calculation of Iodine Value from Measurements of Fatty Acid Methyl Esters of Some Oils: Comparison with the Relevant American Oil Chemists Society Method. *JAOCS*, 77 (12), 1235-1238.

L

Lacoste, F. (2014). Undesirable substances in vegetable oils: anything to declare. *OCL*, 21 (1), 1-9.

Lacoste, F., Lechat, H., Pages, X., Arnaud, J. N., Brenne, E., Soulet, B., Camisuli, B., Birot, C., Fazeuilh, S., & Escabasse, J. (2005). Contrôle des composés indésirables dans les huiles végétales et mise en place d'observatoires. *OCL*, 12 (5-6), 372-377.

Lacoste, F., Soulet, B., Arnaud, J. N., Brenne, E., & Lechat, H. (2004). Contrôle de la sécurité sanitaire de l'huile d'olive vierge. *OCL*, 11 (3), 210-216.

Lagardere, L., Lechat, H., & Lacoste, F. (2004). Détermination de l'acidité et de l'indice de peroxyde dans les huiles d'olive vierges et dans les huiles raffinées par spectrométrie proche infrarouge à transformée de Fourier. *OCL*, 11 (1), 70-75.

Lane, T. W., & Morel, F. M. M. (2000). A biological function for cadmium in marine diatoms. *Biochimie*, 97 (9), 4627-4631.

La Pera, L., Lo Curto, S., Visco, A., La Torre, L., & Dugo, G. (2002). Derivative Potentiometric Stripping Analysis (dPSA) Used for the Determination of Cadmium, Copper, Lead, and Zinc in Sicilian Olive Oils. *Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3090-3093.

Le Goff, F., & Bonnomet, V. (2004). Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM : rapport technique. *INERIS*, Paris, 85p.

Leygonie, R. (1993). Les métaux lourds dans l'air: sources, émissions, mesure, effets. *Pollution atmosphérique*, 63-74.

Lide, D. R. (2003). Handbook of chemistry and physics 84TH Edition. *CRC Press LLC*, sl, 2475p.

Llorent-Martínez, E. J., Ortega-Barrales, P., Fernández-de Córdova, M. L., Domínguez-Vidal, A., Ruiz-Medina, A. (2011). Investigation by ICP-MS of trace element levels in vegetable edible oils produced in Spain. *Food Chemistry*, 127, 1257-1262.

Lombardo, N., Marone, E., Alessandrino, M., Godino, G., Madeo, A., & Fiorino, P. (2008). Influence of growing season temperatures in the fatty acids (FAs) of triacylglycerols (TAGs) composition in Italian cultivars of *Olea europaea*. *Advances in Horticultural Science*, 22 (1), 49-53.

Loumou, A., & Giourga, C. (2003). Olive groves: "The life and the identity of the Mediterranean". *Agriculture and Human Values*, 20 (1), 87-95.

M

Maatoug, M., Hellal, B., Dellal, A., & Ayad, N. (2007). Détection de la pollution de l'air d'origine routière par certaines espèces végétales bioaccumulatrices de quelques métaux lourds (Pb, Zn, Cu). *Pollution atmosphérique*, (196), 385-394.

- Manai, H., Mahjoub Haddada, F., Imen, I., Trigui, A., Daoud, D., & Zarrouk, M. (2006). Variabilité de la composition de l'huile d'olive de quelques hybrides obtenus par croisements dirigés. *Olivae*, (106), 17-23.
- Manai, H., Mahjoub-Haddada, F., Oueslati, I., Daoud, D., & Zarrouk, M. (2008). Characterization of monovarietal virgin olive oils from six crossing varieties. *Scientia Horticulturae*, 115, 252-260.
- Martelli, A., Rousselet, E., Dycke, C., Bouron, A., & Moulis, J. M. (2006). Cadmium toxicity in animal cells by interference with essential metals. *Biochimie*, 88 (11), 1807-1814.
- Massaro, E. J. (2002). Handbook of Copper Pharmacology And Toxicology. *Humana Press*, Totowa-New Jersey, 608p.
- Meftah, H., Latrache, H., Hamadi, F., Hanine, H., Zahir, H., & El louali, M. (2014). Comparaison des caractéristiques physicochimiques des huiles d'olives issues de différentes zones de la région Tadla Azilal (Maroc). *Materials and Environmental Science*, 5 (2), 641-646.
- Megahed, M. G., Nashy, E. S. H. A., & Al-Ashkar, E. A. (2011). Evaluation of fried edible oil and determination of trace elements content by FAAS. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 4, 687-692.
- Mendil, M., & Sebai, A. (2006). L'olivier en Algérie : Aperçu sur le patrimoine génétique autochtone. *ITAF*, Algérie, 99p.
- Mendil, D., Uluöztlü, O. D., Tuzen, M., & Soylak, M. (2009). Investigation of the levels of some element in edible oil samples produced in Turkey by atomic absorption spectrometry. *Hazardous Materials*, 165, 724-728.
- Méndez, A. I., Falqué, E. (2007). Effect of storage time and container type on the quality of extra-virgin olive oil. *Food Control*, 18, 521-529.
- Moret, S., Piani, B., Bortolomeazzi, R., & Contel, L. S. (1997). HPLC determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in olive oils. *Z Lebensm Unter Forsch A*, 205, 116-120.
- Muço, M., Kopali, A., Muço, & L. X. (2015). Physical and chemical characteristics of olive oils from autochthonous Albanian olive varieties. *Hygienic Engineering and Design*, 60-65.

N

NA., Norme Algérienne. (1166/1990): Spécification huile d'olive.

Nabulo, G., Black, C. R., & Young, S. D. (2011). Trace metal uptake by tropical vegetables grown on soil amended with urban sewage sludge. *Environmental Pollution*, 159 (2), 368-376.

Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants. *Environmental Chemistry Letters*, 8, 199-216.

Niaounakis, M., & Halvadakis, C. P. (2004). Olive processing waste management literature review and patent survey. *Waste management series*, 1st ed, sl, 498p.

Nicholas, D. J. D., & Egan, A. H. (1975). Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems. *Academic Press, Inc*, New York - San Francisco- London, 417p.

Nierat, T. H., Al-Smadi, D., Musameh, S. M., & Abdel-Raziq, I. R. (2014). Storage age dependence of olive oil acidity in different locations in Palestine. *Physical Science*, 25, 33-43.

Nnorom, I. C., & Ewuzie, U. (2015). Comparative study of trace metal (Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, and Zn) contents of local and imported vegetable oil brands consumed in Nigeria. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5 (4), 22-29.

Nunes, L. S., Barbosa, J. T. P., Fernandes, A. P., Lemos, V. A., Dos Santos, W. N. L., & Korn, M. G. A., Teixeira, L. S. G. (2011). Multi-element determination of Cu, Fe, Ni and Zn content in vegetable oils samples by high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry and microemulsion sample preparation. *Food Chemistry*, 127: 780-783.

O

Olayiwola, O. A., & Onwordi, C. T. (2015). Environmental Fate of Heavy Metals in Soil of Ido-Osun Waste Dump Site, Osogbo, Osun, Nigeria. *American Journal of Environmental Protection*, 3 (1), 1-4.

Onfaa. (2015). Bilan de la campagne oléicole 2015/2016 « Segment huile d'olive ». Algérie, 13p.

Onianwa, P. C., Adeyemo, A. O., Idowu, O. E., & Ogabiela, E. E. (2001). Copper and zinc contents of Nigerian foods and estimates of the adult dietary intakes. *Food Chemistry*, 72, 89-95.

Orlandi, F., Bonofiglio, T., Romano, B., & Fornaciari, M. (2012). Qualitative and quantitative aspects of olive production in relation to climate in southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 138, 151-158.

Ouaouich, A., & Chimi, H. (2007). Guide du producteur de l'huile d'olive, cas de Kalaât Bni Rotten à Chefchaouen et de Jabryne à Ouazzane. *Organisation des Nations Unies pour le développement industriel*, Vienne, 36p.

P

Panou-Filotheou, H., Bosabalidis, A. M., & Karataglis, S. (2001). Effects of Copper Toxicity on Leaves of Oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*). *Annals of Botany*, 88, 207-214.

Pehlivan, E., Arslan, G., Gode, F., Altun, T., & Musa Özcan, M. (2008). Determination of some inorganic metals in edible vegetable oils by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES). *Grasas y Aceites*, 59 (3).

Perrin, J. L. (1992). Les composés mineurs et les antioxygènes naturels de l'olive et de son huile. *Revue Française des Corps Gras*, 39 (1-2), 25-32.

Pérez-Arquillué, C., Juan, T., Valero, N., Estopañan, G., Ariño, A., Conchello, P., & Herrera, A. (2003). Estudio de la calidad del aceite de oliva virgen de Aragón. *Grasas y Aceites*, 54 (2), 151-160.

Pichard, A., Bisson, M., Houeix, N., Gay, G., Lacroix, G., Lefevre, J. P., Magaud, H., Migne, V., Morin, A., Tissot, S., & Gillet, C. (2005). Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : cuivre et ses dérivés. *INERIS*, sl, 66p.

Plum, L. M., Rink, L., & Haase, H. (2010). The Essential Toxin: Impact of Zinc on Human Health. *International Journal Environmental Research Public Health*, 7 (4), 1342-1365.

Polèse, J. M. (2007). La culture des oliviers. *Artémis*, 67-70.

Polvillo, M. M., Albi, T., & Guinda, A. (1994). Determination of Trace Elements in Edible Vegetable Oils by Atomic Absorption Spectrophotometry. *American Oil Chemists' Society*, 71 (4), 347-353.

Prestwich, P. E. (2007). Histoire de la qualité alimentaire (XIXe-XXe siècle). *Social History*, 40 (3), 756-758.

R

Rahman, M. M., Azirun, S. M., & Boyce, A. N. (2013). Enhanced Accumulation of Copper and Lead in Amaranth (*Amaranthus paniculatus*), Indian Mustard (*Brassica juncea*) and Sunflower (*Helianthus annuus*). *PLOS ONE*, 8 (5).

Rausch, C. T., Galsomiès, L., & Martinet, Y. (2013). Pollution atmosphérique par les métaux en France : Dix ans de biosurveillance des retombées. *EDP Sciences/ADEME*, France, 170p.

Remon, E. (2006). Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques : vers de nouvelles méthodes de bio dépollution. Thèse de doctorat en biologie végétale, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, 157p.

Ripa, V., De Rose, F., Caravita, M. L., Parise, M. R., Perri, E., Rosati, A., Pandolfi, S., Paoletti, A., Pannelli, G., Padula, G., Giordani, E., Bellini, E., Buccoliero, A., & Mennone, C. (2008). Qualitative evaluation of olive oils from new olive selections and environment on oil quality. *Advances in Horticultural Science*, 22 (2), 95-103.

Roiaini, M., Ardiannie, T., & Norhayati, H. (2015). Physicochemical properties of canola oil, olive oil and palm oil in blends. *International Food Research Journal*, 22 (3), 1227-1233.

Roig, A., Cayuela, M. L., & Sanchez-Monedero, M. A. (2006). An overview on olive mill wastes and their valorization methods. *Waste Management*, 26, 960-969.

Roohani, N., Hurrell, R., Kelishadi, R., & Schulin, R. (2013). Zinc and its importance for human health: An integrative review. *Research in Medical Sciences*, 18 (2), 144-157.

Rout, G., & Das, P. (2003). Effect of Metal Toxicity on Plant Growth and Metabolism: I. Zinc. *Agronomie, EDP Sciences*, 23 (1), 3-11.

S

Sahan, Y., Basoglua, F., & Gucer, S. (2007). ICP-MS analysis of a series of metals (Namely: Mg, Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, Cd and Pb) in black and green olive samples from Bursa, Turkey. *Food chemistry*, 105, 395-399.

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

Sanchez Moral, P., & Ruiz-Méndez, V. (2006). Production of pomace olive oil. *Grasas y Aceites*, 57 (1), 47-55.

Saur, E. (1990). Mise au point bibliographique, au sujet de la nutrition oligominérale des plantes supérieures. Carences et toxicités chez les conifères. *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 47 (4), 367-389.

Sekour, B. (2012). Phytoprotection de l'huile d'olive vierge (H.O.V) par ajout des plantes végétales (thym, ail, romarin). Mémoire de magistère en Génie-Alimentaire, Université M'Hamed Bougara-Boumerdes, Algérie, 125p.

Servili, M., Esposito, S., Maria Lodolini, E., Selvaggini, R., Taticchi, A., Urbani, S., Montedoro, G. F., Serravalle, M., & Gucci, R. (2007). Irrigation effects on quality, phenolic composition and selected volatiles of vergin olive cv Leccino. *Agricultural and Food Chemistry*, 51 (16), 6609-6618.

Sidhoum, M. (2011). Contribution à l'étude pédologique et génétique de quelques variétés de l'olivier dans la wilaya de Tlemcen. Thèse magistère en agronomie, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, Algérie, 108p.

Sobhanardakani, S. (2016). Health risk assessment of As and Zn in canola and soybean oils consumed in Kermanshah, Iran. *Advances in Environmental Health Research*, 4 (2), 62-67.

Sour, S. (2009). Effet hypolipidémiant et antioxydant de l'huile d'*Argania spinosa*. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Biologie, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, Algérie, 127p.

Sposito, G., Lund, L. J., & Chang, A. C. (1982). Trace Metal Chemistry in Arid-zone Field Soils Amended with Sewage Sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in Solid Phases. *Soil Science Society American Journal*, 46 (2), 260-264.

Steketee, J. (2010). Cahier SKD : Métaux lourds. *Fondation Développement et transfert de connaissances sur le sol*, 1, 76p.

T

Tanhan, P., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., & Chaiyarat, R. (2007). Uptake and accumulation of cadmium, lead and zinc by siam weed [*Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson]. *Chemosphere*, 68, 323-329.

Tanouti, K., Serghini-Caid, H., Chaieb, E., Benali, A., Harkous, M., & Elamrani, A. (2011). Amélioration qualitative d'huiles d'olive produites dans le Maroc Oriental: Quality Improvement of Olive Oils Produced In The Eastern Morocco. *Les technologies de laboratoire*, 6 (22), 1-12.

Tapiero, H., Townsend, D. M., & Tew, K. D. (2003). Trace elements in human physiology and pathology. Copper. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 57 (9), 386-398.

Thomaidis, N. S., & Georgiou, C. A. (2000). Direct parallel flow injection multichannel spectrophotometric determination of olive oil iodine value. *Analytica Chimica Acta*, 405, 239-245.

Torres, M. M., & Maestri, D. M. (2006). The effects of genotype and extraction methods on chemical composition of virgin olive oils from Traslasierra Valley (Córdoba, Argentina). *Food Chemistry*, 96, 507-511.

U

Uceda, M., Jiménez, A., & Beltrán, G. (2006). Trends in olive oil production: Olive oil extraction and quality. *Grasas Y Aceites*, 57 (1), 25-31.

Uriu-Adams, J. Y., & Keen, C. L. (2005). Copper, oxidative stress and human health. *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 268-298.

Uzu, G., Sobanska, S., Sarret, G., Munoz, M., & Dumat, C. (2010). Foliar Lead Uptake by Lettuce Exposed to Atmospheric Fallouts. *Environmental Science and Technology*, 44 (3), 1036-1042.

V

Vasilopoulos, C. (2013). Climate change effects on vines should alarm olive oil producers. *Olive Oil Times*, 1-5.

Veillet, S. (2010). Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive: Entre Tradition et Innovation. Thèse doctorat en chimie, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, France, 153p.

Visioli, F., Poli, A., & 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. *Hort Science*, 42 (5), 1093-1100.

W-Z

Wagner, G. J. (1993). Accumulation of cadmium in crop plants and its consequences to human health. *Advances in Agronomy*, 51, 173-212.

Zeiner, M., Steffan, I., & Cindric, I. J. (2005). Determination of trace elements in olive oil by ICP-AES and ETA-AAS: a pilot study on the geographical characterization. *Microchemical Journal*, 81, 171-176.

Zhu, F., Fan, W., Wang, X., Qu, L., & Yao, S. (2011). Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China. *Food and Chemical Toxicology*, 49, 3081-3085.

Sites internet

Google Earth, (2017). www.Google Earth. com.

Annexes

Annexe I: Production et consommation mondiale d'huile d'olive

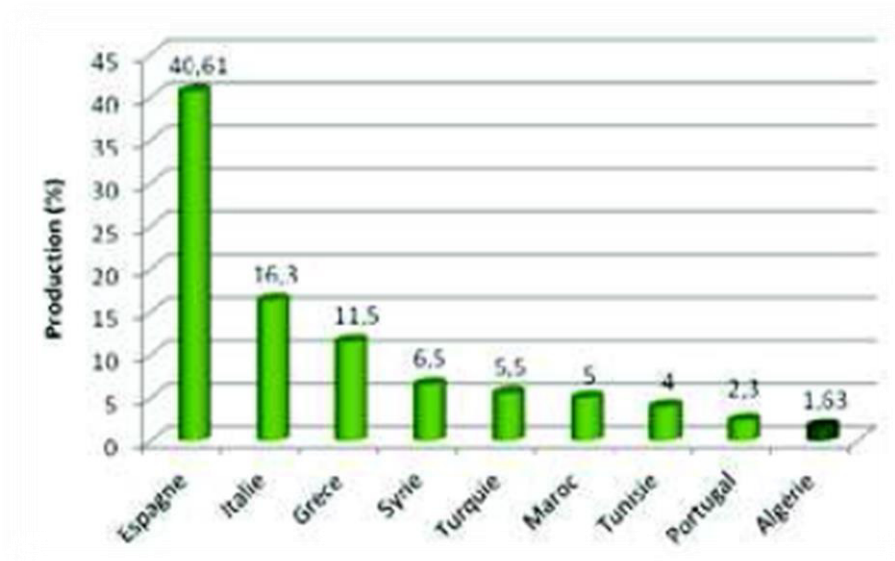


Figure 14. Les principaux pays producteurs de l'huile d'olive dans le monde en 2010/2011(COI b, 2015).

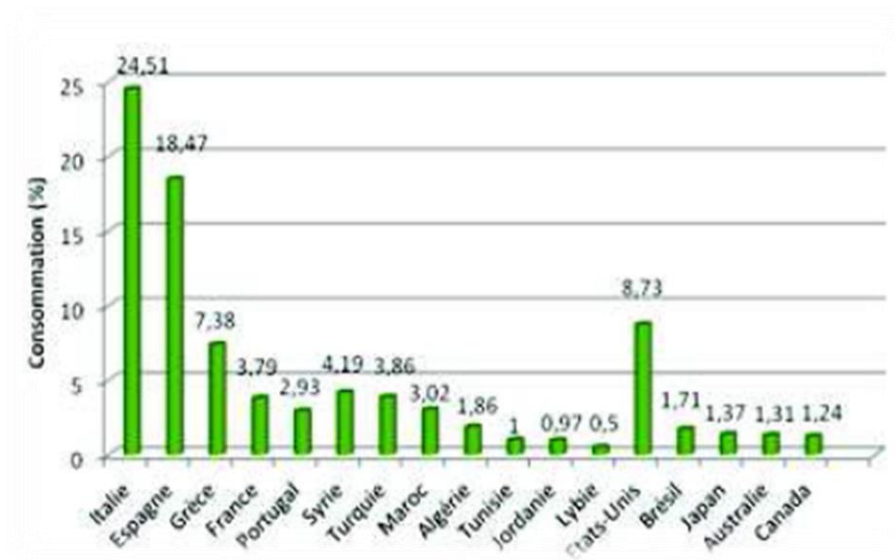


Figure 15. Les premiers pays consommateurs de l'huile d'olive en 2010/2011 (COI b, 2015).

Annexe II: Courbes d'étalonnage

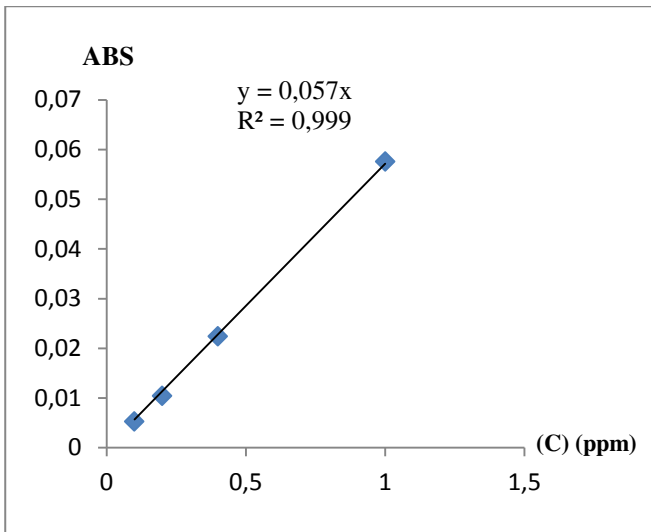


Figure 16. Courbe d'étalonnage du cadmium.

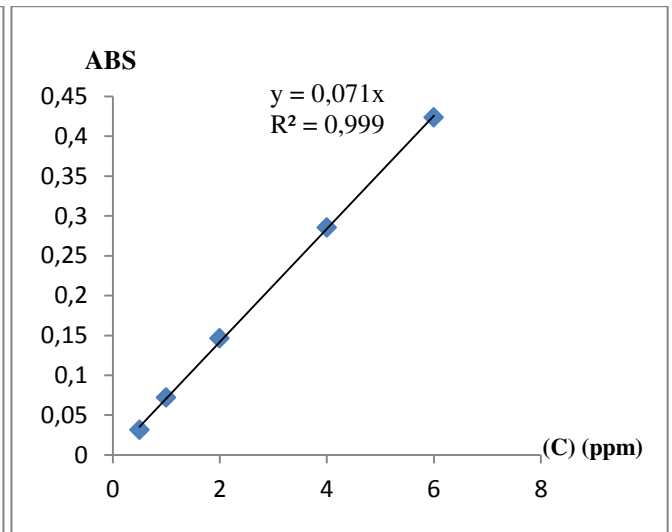


Figure 17. Courbe d'étalonnage du cuivre.

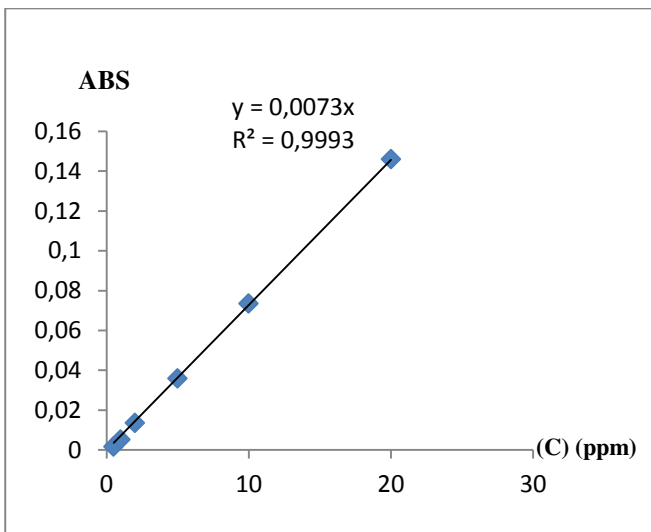


Figure 18. Courbe d'étalonnage du plomb.

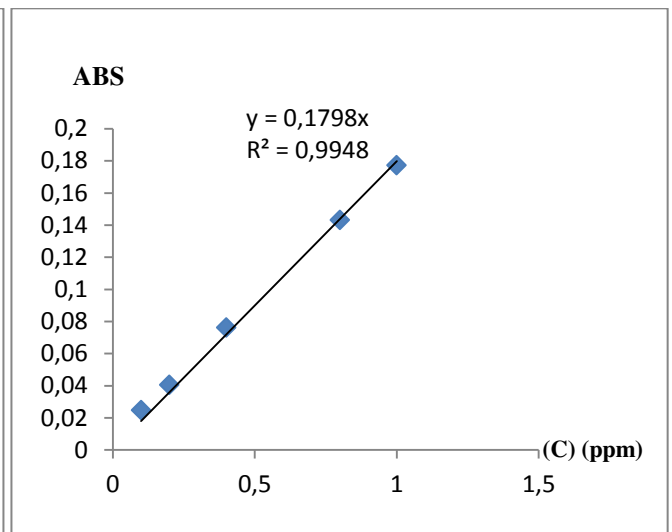


Figure 19. Courbe d'étalonnage du zinc.

Annexe IV : Analyses statistiques

1. Matrice de corrélation

	Cd	Pb	Cu	Zn	I _A	A	Ip	Is	Ii	I _E
Cd	1.0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	ns	1.0000	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	ns	-0.5057 *	1.0000	-	-	-	-	-	-	-
Zn	ns	-0.5819*	0.6272**	1.0000	-	-	-	-	-	-
I _A	ns	ns	ns	ns	1.0000	-	-	-	-	-
A	ns	ns	ns	ns	1.0000****	1.0000	-	-	-	-
Ip	ns	ns	ns	ns	-0.7311**	-0.7311**	1.000	-	-	-
Is	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1.0000	-	-
Ii	ns	-0.6921**	0.7670****	0.5106*	ns	ns	ns	ns	1.0000	-
I _E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.9414****	ns	1.0000

ns = non significative ; * : significative < 0.05 ; ** très significative < 0.01 ; *** hautement significative < 0.001 ; **** très hautement significative < 0.0001.

2. Analyse de la variance

Tableau 01. Analyse de la variance de l'indice d'acidité

Analysis of Variance Table

Response: I_A

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	919.755	183.475	152.475	<0.0001
Erreur	12	14.477	1.206		

Tableau 02. Analyse de la variance de l'acidité oléique

Analysis of Variance Table

Response: A

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	929.939	45.988	152.475	<0.0001
Erreur	12	3.619	0.302		

Tableau 03. Analyse de la variance de l'indice de peroxyde

Analysis of Variance Table

Response: Ip

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	4951.751	990.350	8.586	0.001
Erreur	12	1384.107	115.342		

Tableau 04. Analyse de la variance de l'indice de saponification

Analysis of Variance Table

Response: Is

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	580.151	116.030	24.957	<0.0001
Erreur	11	51.142	4.649		

Tableau 05. Analyse de la variance de l'indice d'iode

Analysis of Variance Table

Response: Ii

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	37663.063	7532.613	288.674	<0.0001
Erreur	6	156.563	26.094		

Tableau 06. Analyse de la variance de l'indice d'ester

Analysis of Variance Table

Response: I_E

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	992.716	198.543	44.294	<0.0001
Erreur	11	49.306	4.482		

Tableau 07. Analyse de la variance du Cd

Analysis of Variance Table

Response: Cd

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	0.208	0.042	2.445	0.095
Erreur	12	0.204	0.017		

Tableau 08. Analyse de la variance du Cu

Analysis of Variance Table

Response: Cu

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	0.574	0.115	39.882	<0.0001
Erreur	12	0.035	0.003		

Tableau 09. Analyse de la variance du Pb

Analysis of Variance Table

Response: Pb

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	201.917	40.383	119.571	<0.0001
Erreur	12	4.053	0.338		

Tableau 10. Analyse de la variance du Zn

Analysis of Variance Table

Response: Zn

	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F value	Pr (> F)
Modèle	5	0.003	0.001	1.156	0.385
Erreur	12	0.006	0.001		

**Thème : Evaluation de la contamination métallique de l'huile d'olive de la wilaya de Skikda :
Cas de la mine de Boudoukha**

Présenté par : BENGUESSOUM Khouloud

Date de soutenance : 01 Juillet 2017

Résumé

L'objectif de la présente étude est d'évaluer la contamination par les ETM (Cd, Cu, Pb et Zn) des huiles d'olive de l'ancien minerais de Boudoukha et de déterminer leurs effets sur certaines propriétés physicochimiques. Des échantillons d'huile ont été collectés, soumis à des analyses de certains paramètres physicochimiques. La teneur des huiles en ETM est évaluée par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Les résultats obtenus montrent que les huiles sont acides, non fraîches, non stables, riche en composés intermédiaires d'oxydation et en acide gras libres et insaturés. Elles sont pauvres en acides gras combinés. Cette étude confirme une contamination d'huile par le Cd, le Cu et le Pb.

Mots clés : mine de Boudoukha, Beni Yadjiss, ETM, propriétés physicochimiques, huile, contamination.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the contamination by MTE (Cd, Cu, Pb and Zn) in olive oils of the former Boudoukha and to determine their effects on certain physicochemical properties. Oil samples were collected, analyzed for certain physicochemical parameters. The content of MTE oils is evaluated by atomic absorption spectrophotometry.

The results obtained show that the oils are acidic, non-fresh, non-stable and rich in intermediates oxidation compounds and in free and unsaturated fatty acids. They are poor in combined fatty acids. This study confirms oil contamination with Cd, Cu and Pb.

Keywords: mine of Boudoukha, Beni Yadjiss, MTE, physicochemicals properties, oil, contamination

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم التلوث بالمعادن الثقيلة (النحاس، الرصاص، الكاديوم والزنك) في زيت الزيتون من المنجم بودوخة وتحديد آثاره على بعض الخصائص الفيزيوكيميائية. تم جمع عينات من الزيت، وإخضاعها لتحليل بعض العوامل الفيزيوكيميائية، وتم تحديد تراكيز المعادن الثقيلة فيها بواسطة الامتصاص الذري الطيفي.

أظهرت النتائج أن الزيوت حمضية، غير طازجة، غير مستقرة غنية بالمركبات الوسطية للأكسدة وبالأحماض الدهنية الحرة وغير المشبعة، وفقيرة من الأحماض المرتبطة. هذه الدراسة تؤكد تلوث الزيت بالنحاس، الرصاص و الكاديوم.

الكلمات المفتاحية: منجم بودوخة، بني ياجيس، العناصر المعدنية الثقيلة، الخصائص الفيزيوكيميائية، زيت الزيتون، تلوث.