

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université A. MIRA - Béjaia

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



Réf :.....

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

**MASTER**

*Thème*

**Enrichissement de l'huile d'olive par les extraits de  
pelures de quelques légumes.**

Présenté par :

**KEBBI Yasmine & KADI Meriem**

Soutenu le : **26 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> BERKATI S.

M.A.A

Présidente

M<sup>me</sup> MEDOUNI S.

M.C.B

Examinatrice

M<sup>me</sup> AIDLI A.

M.A.A

Promotrice

**Année universitaire : 2017 / 2018**

## **Remerciements**

*Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé santé, courage et foie.*

*La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance. Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre promotrice, **M<sup>me</sup> AIDLI Amel** pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.*

*Nos remerciements vont également :*

***M<sup>me</sup> BERKATI.S** pour l'honneur qu'elle nous fait de présider notre jury et à **M<sup>me</sup> MEDOUNI .S** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons particulièrement à remercier tous le personnel du laboratoire de microbiologie alimentaire : **M<sup>me</sup> Touati, M<sup>me</sup> Ouar, M<sup>lle</sup> Tabti, M<sup>me</sup> kherbachi et M<sup>me</sup> Saidani.***

*Nous tenons à formuler notre gratitude et nos profondes reconnaissances à l'égard de nos parents pour leurs indéfectibles soutiens durant tout notre cursus.*

*Afin de n'oublier personne, nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont aidées à la réalisation de ce modeste travail.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect,  
reconnaissance et de remerciement : A mes très chers parents.*

*A mes frères et sœurs*

*A tous mes amis*

*Et à tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce modeste  
travail tous ceux qui me sont très chers.*

**Yasmine**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect,  
reconnaissance et de remerciement : A mes très chers parents.*

*A mes frères et sœurs*

*A tous mes amis*

*Et à tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce modeste  
travail tous ceux qui me sont très chers.*

**Meriem**

**Introduction ..... 1**

**Synthèse bibliographique**

**Chapitre1: Légumes et pelures**

**I. Pomme de terre ..... 3**

I.1. Origine et production ..... 3

I.2. Composition chimique et nutritionnelle..... 3

I.3.Pelures de pomme de terre ..... 4

**II. Betterave ..... 5**

II.1. Origine et production..... 5

II.2. Composition chimique et nutritionnelle de la betterave ..... 5

II.3.Pelures de Betterave ..... 6

**III. Carotte ..... 6**

III.1. Production ..... 6

III.2. Composition de la carotte..... 7

III.3. pelures de carotte..... 7

**Chapitre 2: Huile d'olive**

**I. Huile d'olive ..... 8**

**II. Classification de l'huile d'olive ..... 8**

**II. Production de l'huile d'olive.....8**

**IV. Technologie d'élaboration de l'huile d'olive..... 9**

IV.1. Lavage, broyage et malaxage..... 9

IV.2. Extraction de l'huile.....	9
V. Composition de l'huile d'olive.....	10
V.1. Fraction saponifiable.....	10
V.2. Fraction insaponifiable.....	11
<b>VI. Bienfaits de l'huile d'olive.....</b>	<b>12</b>
<b>VII. Enrichissement de l'huile d'olive.....</b>	<b>12</b>
VII.1. Enrichissement endogène .....	12
VII. 2. Enrichissement exogène .....	13

### **Chapitre3: Oxydation et antioxydants**

<b>I. Oxydation des lipides.....</b>	<b>14</b>
I. 1.Types d'oxydation .....	14
<b>II. Antioxydants.....</b>	<b>15</b>
II. 1. Définition.....	15
II.2. Classes d'antioxydants .....	15

### **Materiel et methodes**

<b>I. Matériel végétal.....</b>	<b>17</b>
I.1. Classification botanique des légumes .....	17
I.2. Pelures des légumes .....	17
I.3. Huile d'olive .....	18
<b>II. Caractérisation des pelures .....</b>	<b>18</b>
II.1. Taux d'humidité .....	18
II.2. Extraction des polyphénols.....	18

II.3. Dosage des composés phénoliques totaux .....	18
II.4. Dosage des flavonoïdes .....	19
III.5. Dosage des caroténoïdes .....	19
III.6. Activité antioxydante des pelures.....	20
III.6.1. Activité antiradicalaire sur le DPPH .....	20
III.6.2. Pouvoir réducteur .....	20
<b>IV. Caractérisation de l'huile d'olive .....</b>	<b>21</b>
IV.1. Détermination du coefficient d'extinction spécifique dans l'ultraviolet .....	21
IV.2. Acidité .....	22
VI.3. Indice de peroxyde .....	22
VI.4. Dosage des chlorophylles et des caroténoïdes .....	23
IV.5. Extraction et dosage des composés phénoliques de l'huile d'olive .....	24
IV.5.1. Extraction .....	24
IV.5.2. Dosage des polyphénols totaux .....	24
IV.6. Dosage des ortho-diphénols .....	24
IV.7. Activité antioxydante de l'huile .....	25
<b>V. Enrichissement de l'huile d'olive et caractérisation de l'huile enrichie.....</b>	<b>25</b>
V.I. Procédure d'enrichissement .....	25
V.2. Etude de l'activité antioxydante de l'huile enrichie .....	25
V.3. Test de stabilité : méthode à l'étuve .....	26
<b>VI. Etude statistique.....</b>	<b>26</b>

## **Résultats et discussion**

<b>I. Taux d'humidité .....</b>	<b>27</b>
<b>II. Caractérisation des pelures des légumes.....</b>	<b>28</b>
II.1. Dosage des polyphénols totaux .....	28
II.2. Les flavonoïdes .....	29
II.3. Caroténoïdes .....	31
II.4. Activité antioxydante des pelures .....	32
<b>II. Caractérisation de l'huile d'olive.....</b>	<b>35</b>
II.1. Détermination des indices de qualité de l'huile d'olive .....	35
II.2. Antioxydants de l'huile .....	36
<b>III. Enrichissement de l'huile d'olive .....</b>	<b>39</b>
III.1. Activité antiadicalaire de l'huile enrichie sur le radical DPPH.....	39
III.2. Test de stabilité : stockage à l'étuve.....	41
III.2.1. Indice de peroxyde .....	41
III.2.2. Extinction spécifique à 232 nm et 270 nm .....	43
<b>Conclusion.....</b>	<b>46</b>

*Références bibliographiques*

*Annexes*



**Abs** : Absorbance

**A.F.I.D.O.L.**: Association Française Interprofessionnelle de l'Olive

**ANOVA**: Analysis Of Variance.

**B** : Pelures de Betterave.

**BHA** : butylhydroxyanisole.

**C** : Pelures de Carotte.

**C.O.I** : Conseil Oléicole International.

**C18** : Octadecylsilane.

**DPPH** : 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl.

**D.S.A.S.I** : Direction des Statistiques Agricoles et des systèmes d'information.

**EC50** : Concentration efficace pour avoir une Abs de 0,5.

**FAO**: Food and Agricultural Organization.

**FeCl<sub>3</sub>** : Chlorure ferrique.

**HE** : Huile Enrichie.

**IC50** : Concentration efficace pour inhiber 50% du radical DPPH

**I.T.A.F.V** : Institut Technique de l'Arboricultures Fruitière et de la Vigne.

**ISO** : Organisation Internationale de Normalisation.

**Meq** : Milliéquivalent.

**MF** : Matière Fraiche.

**MS** : Matière sèche.

**ppm** : Particule Par Million.

**PPT** : Polyphénols totaux.

**PT** : Pelures de pomme de terre.

**U.S.D.A**: United States Departement of Agriculture National Nutrient Database.

**UV** : Ultra-Violet.

*Liste des figures*

<b>Figure 1:</b> Principaux pays producteurs d'huile d'olive pour la campagne 2016/2017. ....	8
<b>Figure 2:</b> Teneurs en polyphénols totaux des différentes pelures de légumes.....	28
<b>Figure 3:</b> Teneurs en flavonoïdes des pelures de légumes.....	30
<b>Figure 4:</b> Activité antiradicalaire de l'huile témoin et les huiles enrichies avec les différents extraits phénoliques sur le DPPH comparés au standards.....	39
<b>Figure 5:</b> Evolution de l'indice de peroxyde de l'huile témoin et des huiles enrichies avec les extraits de pelures comparés aux standards au cours du stockage à 65 °C. ....	41
<b>Figure 6:</b> Pourcentage de réduction de l'IP des huiles enrichies avec les extraits de pelures comparés aux standards au cours du stockage à 65°C pendant 20 jours. ....	42
<b>Figure 7:</b> Evolution des coefficients d'extinction spécifique à 232 nm pour l'HT et les HE comparés aux standards pendant le stockage à 65°C. ....	43
<b>Figure 8:</b> Evolution des coefficients d'extinction spécifiques à 270nm de l'HT et les HE comparés aux standards à 65°C.....	445

## *Liste des Tableaux*

<b>Tableau I</b> : Production mondiale de pomme de terre, 2007-2014.....	3
<b>Tableau II</b> : Composition approximative de la pomme de terre fraiche.....	4
<b>Tableau III</b> : Composition chimique moyenne pour 100g net betterave.....	6
<b>Tableau IV</b> : Classification botanique de la pomme de terre, de la betterave et de la carotte.....	17
<b>Tableau V</b> : Taux d'humidité des différentes pelures de légumes.....	27
<b>Tableau VI</b> : Taux d'humidité résiduelle des différentes poudres de pelures de légumes.....	27
<b>Tableau VII</b> : Teneurs en caroténoïdes des pelures des légumes. ....	31
<b>Tableau IIX</b> : IC50 des différents extraits de pelures.....	32
<b>Tableau IX</b> : EC50 des différentes pelures de légumes.....	34
<b>Tableau X</b> : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive étudiée.....	35
<b>Tableau XI</b> : Teneurs en antioxydants de l'huile d'olive étudiée.....	36
<b>Tableau XII</b> : Activité antioxydante de l'extrait méthanolique de l'huile .....	38
<b>Tableaux XIII</b> : Pourcentages de réduction des coefficients d'extinction spécifiques à 270 nm des huiles enrichies comparées aux standards.....	43

# *Introduction*

### ***Introduction***

L'huile d'olive est considérée comme une source importante de lipides spécialement dans la région méditerranéenne, sa richesse en acides gras insaturés la rend susceptible à l'oxydation durant le stockage (**Lesage-Meessen, 2001**). L'oxydation des huiles modifie leurs propriétés organoleptiques (couleur, odeur et goût), leur durée de conservation et leur qualité nutritionnelle (**Iqbal et Bhauger, 2007**). Pour éviter l'oxydation et les problèmes liés à la stabilité oxydative de l'huile, des antioxydants synthétiques tels que le butylhydroxytoluène (BHT), le butylhydroxyanisole (BHA) et l' $\alpha$ -tocophérol synthétique sont utilisés comme additifs alimentaires. Toutefois, des études récentes ont révélé la toxicité de ces additifs, les risques qu'ils présentent sur la santé et leur effet cancérigène (**Prior, 2004**). Compte tenu de ces effets, un grand intérêt est accordé pour les antioxydants naturels qui sont supposés être plus sains (**Yanisheliev et Marinova, 2001**).

Les composés phénoliques sont les antioxydants naturels les plus importants qui se trouvent dans les différentes parties des plantes (fruit, feuilles, pelures, graines...). Ils possèdent une structure chimique ayant une capacité de piéger les radicaux libres, réagir comme donneurs d'électrons ou de protons et chélater des ions métalliques (**Rice-Evans et al., 1997**).

L'industrie de transformation des fruits et légumes génère de grandes quantités de déchets comme les pelures et les graines qui sont jetés dans l'environnement engendrant des conséquences négatives. Pour remédier à ce problème, ces déchets peuvent être considérés comme des sous-produits et exploités pour la production des additifs alimentaires et antioxydants naturels de haute valeur nutritionnelle présentant un avantage économique (**Bebbar et al., 2012**). Les antioxydants issus des sous-produits agroalimentaires ont un rôle dans l'amélioration de la stabilité oxydative d'un aliment par la prévention de la peroxydation des lipides (**Gordon, 1990**).

Dans ce sens, notre travail est porté sur l'enrichissement d'une huile d'olive par des extraits phénoliques des pelures de légumes : pomme de terre, betterave et carotte. D'une part, dans le but de la valorisation des pelures (sous-produits) et d'autre part, prolonger la durée de

conservation de l'huile en réduisant l'oxydation des lipides. Pour cela notre étude est divisée principalement :

- Une partie synthèse bibliographique qui porte sur des généralités sur les légumes et pelures utilisé dans cette étude, huile d'olive, oxydation et antioxydants ;
- Etudes des caractéristiques des pelures et de l'huile d'olive ;
- Enrichissement de l'huile par les extraits phénoliques des différentes pelures à différentes concentrations ;
- Etude de l'effet de l'addition des différents extraits de pelures sur la stabilité oxydative et l'activité antioxydante.

*Synthèse*  
*bibliographique*

## I. Pomme de terre

La pomme de terre (*solanum tuberosum*) est une plante vivace dicotylédone tubéreuse herbacée, cultivée comme une espèce annuelle pour ses tubercules. Elle appartient à la famille des solanacées qui sont des plantes à fleurs (**Rousselle- Bourgeois et rousselle, 1992**).

### I.1. Origine et production

La pomme de terre était connue en dehors des Andes (Amérique du sud) il y a quatre siècles est devenue un composant nécessaire dans la plupart des cuisines du monde. Après le riz, le blé, et le maïs, c'est la quatrième plus grande culture vivrière au monde (**Mahgoub et al., 2015**).

Le secteur de la pomme de terre est en pleine évolution. Ce qui apparait dans le tableau I :

**Tableau I** : Production mondiale de pomme de terre, 2007-2014 (**FAO, 2017**).

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Production en million de tonne (MT)	323,912	329,922	334,734	333,617	375,077	370,595	376,453	385,074

Durant l'année 2015, la production nationale a dépassé le seuil de 4,5 MT. Elle est cultivée sur une superficie estimée à 170 000 hectares (**Alilat, 2017**).

Pour la campagne 2016/2017, La production de la pomme de terre au niveau de la wilaya de Bejaia atteint 57 780,00 quintaux cultivés sur une superficie de 295,00 hectares (**D.S.A.S.I., 2017**).

### I.2. Composition chimique et nutritionnelle

La pomme de terre est une source d'énergie grâce à sa richesse en carbohydrates et contient de faibles quantités de lipides et de protéines de haute valeur. Elle est notamment riche en oligonutriments comme la vitamine C et la vitamine B et des minéraux (**Bergthaller et al., 1999**). La composition approximative de la pomme de terre est donnée dans le tableau II.



**Tableau II** : Composition approximative de la pomme de terre fraîche (USDA, 2008)

Nutriments	g\100g
Eau	83,29
Protéine	2,57
Lipide	0,1
Cendre	1,61
Carbohydrates	2,44
Fibre	2,5

Étant donné le taux de consommation élevé de la pomme de terre, celle-ci est considérée comme une bonne source de polyphénols (Chun *et al.*, 2005 ; Ezekiel *et al.*, 2013). Environ 40% des composés phénoliques sont sous la forme liée principalement en  $\beta$ -glycoside qui résistent à la digestion gastro-intestinale et sont absorbés dans le colon et présentent un effet bénéfique pour la santé. Un ensemble de composés phytochimiques tel que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les coumarines, les caroténoïdes et les terpènes sont présents dans la pomme de terre (Shahidi *et al.*, 2004).

### I.3. Pelures de pomme de terre

En 2012, dans les pays développés plus 69,5 % de la production totale de la pomme de terre est transformée au niveau industriel (U.S. per capita, 2012). Les pommes de terre sont souvent épluchées durant le processus de transformation, générant des pertes qui sont représentées par les pelures, ces pertes varient entre 15% et 40% dépendant de la méthode d'épluchage (Arapoglou *et al.*, 2009).

#### I.3.1. Composition des pelures de pomme de terre

Les pelures de pomme de terre ont une composition proche de celle de la chair, elles sont riches en eau, en carbohydrates, tandis que leur teneur en protéines et lipides est faible (Arapoglou *et al.*, 2010).

Cependant, les pelures présentent des teneurs en composés phénoliques 10 fois plus que celles de la chair (Malmberg, 1984).

Les acides phénoliques sont les composés phénoliques les plus abondants, L'acide chlorogénique qui est un ester de l'acide caféique et l'acide quinique constitue 90% des composés phénoliques des pelures (Im *et al.*, 2007). Autres composés phénoliques sont

présents en petites quantité acide gallique, acide caffeique, acide protocatechuique (**Linska et al., 1987**).

## II. Betterave

La betterave (*beta vulgaris*) est une plante herbacée bisannuelle de la famille des Chénopodiacées et possède plusieurs variétés de couleurs allant du jaune au rouge, la betterave rouge étant les plus consommée chez l'Homme (**Bhupinder et al., 2014**). Elle est essentiellement cultivée pour sa racine possédant un goût légèrement sucré, à ne pas confondre avec la betterave sucrière, blanche, cultivé exclusivement pour la production du sucre (**Medkour et al., 2017**)

### II.1. Origine et production

La betterave originaire d'Asie et Europe, est premièrement utilisée pour l'alimentation par la suite cultivée comme une plante médicinale. Elle est cultivée dans les régions à climat tempéré : pays européens, Afrique, Asie et Amérique du sud. La production mondiale est de 241 MT en 2005 (**FAO, 2017**).

En 2014, la production de la betterave en Europe est de 534 337 Tonnes, la France est le quatrième producteur européen avec une production de 32 000 tonnes après la Pologne, l'Allemagne et la Lituanie (**Anonyme1, 2018**).

### II.2. Composition chimique et nutritionnelle de la betterave

La betterave est une source d'énergie, elle doit l'essentiel de son apport énergétique à sa richesse en glucides, elle est plus ou moins riche en eau. Les protéines, les lipides et les autres constituants énergétiques de la betterave ne sont présents qu'en très faibles quantités. Les fibres, moyennement abondantes, sont constituées à la fois de cellulose et d'hémicellulose. Elle contient aussi de nombreuses vitamines particulièrement du groupe B et C. La betterave est aussi pourvue en minéraux et oligo- éléments : potassium, magnésium, calcium, fer, phosphore (**Medkour et al., 2017**). La composition chimique moyenne de la betterave est résumée dans le tableau III.

La Betterave est riche en composés bioactifs : caroténoïde, betaines, saponines, betacynines, folates, betanines, polyphénols et flavonoïdes (**Bhupinder et al., 2014**). Elle est classée parmi les légumes ayant un pouvoir antioxydant élevé grâce à sa teneur en polyphénols totaux 50-60µmol. (**Vinson et al., 1998 ; Kähkönen et al., 1999**). Elle est considéré comme une source

de pigments azotés, appelés betalaine, ces pigments comprennent 02 groupes principaux : betalaines rouges et betaxanthines jaunes, ils sont de puissants anti-radicalaires (**Pedreno et Escribano, 2001**).

**Tableau III** : Composition chimique moyenne pour 100g net betterave (*Anonyme 2, 2018*)

Composant	Quantité g\100g
Eau	87,29
Protéine	1,57
Lipides	0,18
Acides gras insaturés	0,028
Glucides	8,56
Fibre	2

## II.3. Pelures de Betterave

### II.3.1. Composition des pelures de betterave

La fraction colorée des pelures est constituée de bétacyanines et betaxanthines, alors que la portion phénolique est constituée de I-tryptophane et acide ferulique (**Kujala et al., 2001**). La betterave contient aussi une quantité significative d'acides phénoliques : protoctechuique, vanillique, p-coumarique, et les acides syringiques, La teneur élevée en acide folique qui est de 15,8 mg/g de matière sèche est une autre caractéristique nutritionnelle des betteraves (**Wang et Goldman, 1997**). La teneur en polyphénols diminue dans l'ordre suivant, les pelures (50%), couronne (37%) et la chaire (13%) (**Kujala et al., 2000**).

## III. Carotte

La carotte (*Daucus carota*) est une plante bisannuelle de climats tempérés, appartenant à la famille des Apiacées (*Apiaceae*), anciennement appelée famille des Ombellifères (**Downie et Katz-Downie, 1996**).

### III.1. Production

La production mondiale est en constante progression et atteint, les 33,7 millions de tonnes pour l'année 2010 et 37,23 millions de tonnes pour l'année 2013 sur une superficie d'environ 1,2 millions d'hectares à travers le monde (**FAO, 2017**). L'Union Européenne (5,2 million de tonnes) est le deuxième producteur mondial après la Chine. Chine, États-Unis, Russie, Ouzbékistan et Pologne produisent 60% du volume mondial (*Anonyme1, 2018*)

Au niveau national La production de la carotte est Très répandue dans les régions du littoral (Alger, Boumerdes et Mostaganem), Les hauts plateaux (M'sila, Oum el bouaghi et Sétif) et le sud (Adrar, Biskra, Ghardaïa et El-oued) (**I.T.C.M.I., 2010**)

Pour la campagne 2016/2017, la production de la carotte au niveau de Bejaia atteint 1340 quintaux cultivés sur une superficie de 12 hectares (**D.S.A.S.I., 2017**).

### **III.2. Composition de la carotte**

La carotte constitue une importante source de sucres, de vitamines (notamment A, B1, B2, B6, B12 et C), de fibres, de minéraux et phytonutriments (**Akyol et al., 2006**) et de composants bioactifs, tels que le lycopène et une teneur élevée en caroténoïdes particulièrement  $\beta$ - carotène (**Ross et al., 2009**). La crotte contient des quantités significatives de composés phénoliques comme l'hydroxycinnamique et dérivés (**Zhang et Hamauzee, 2004**), parahydrobenzoïque et polyacetylene (**Hansen et al., 2003**).

### **III.3. pelures de carotte**

La composition chimique de la carotte est proche de celle de la chaire, Les composés phénoliques diminuent dans l'ordre suivant : pelures, phloème, xylème. De même pour l'activité antioxydante et le pouvoir réducteur (**Zhang et Hamauzee, 2005**). Selon **Kähkönen et al. (2002)**, les pelures de carottes et de la chaire contiennent respectivement 6,6 et 0,6 mg E.A.G./g poids sec.

## I. Huile d'olive

L'huile d'olive est l'huile provenant uniquement du fruit de l'olivier (*Olea europaea L.*) à l'exclusion des huiles obtenues par solvant ou par des procédés de ré-estérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (C.O.I, 2015)

## II. Classification de l'huile d'olive

La mesure de l'acidité, de l'indice de peroxyde, de l'absorbance dans l'UV de l'huile, ainsi que les caractéristiques organoleptiques caractérisent la catégorie d'appartenance de l'huile d'olive (Christopoulou *et al.*, 1995; Fedeli, 1999). Les différentes catégories d'huile d'olive ainsi que les limites des critères de qualité établies par le C.O.I. (2015), sont représentées dans le tableau I (*Annexe 1*).

## III. Production de l'huile d'olive

La production de l'huile d'olive se concentre principalement dans les pays du pourtour méditerranéen. Pour la campagne 2016/ 2017, la production mondiale est estimée à 2 538 000 tonnes (Newsletter, 2017). L'Algérie est considérée comme un producteur potentiel dans la production de l'huile d'olive au niveau mondial. Elle est Classée en 9<sup>ème</sup> position avec une production de 74000 tonnes soit 2,73% de la production mondiale (A.F.I.D.O.L, 2016).

Les principaux pays producteurs de l'huile d'olive sont représentés dans la figure :

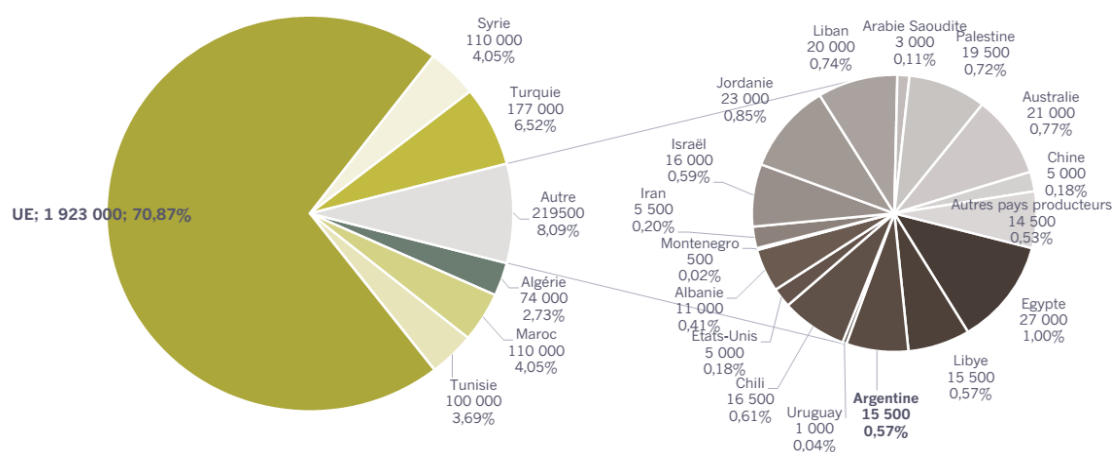


Figure 1: Principaux pays producteurs d'huile d'olive pour la campagne 2016/2017(A.F.I.D.O.L, 2016).

Pour la campagne 2016/2017, la willaya de Bejaia est classée première en matière de production de l'huile d'olive en Algérie, sa production est estimée à 181 363 hl avec un rendement de de 18,3L/quintal (**Chambre Agricole de la Wilaya de Bejaia, 2016/2017**).

#### **IV. Technologie d'élaboration de l'huile d'olive**

L'élaboration de l'huile d'olive vierge comprend une série de processus mécaniques et/ou physiques ayant pour objectif fondamental de séparer le jus huileux de l'ensemble des produits présents dans la masse d'olive triturée (**Alba Mendoza, 1999**).

##### **IV.1. Lavage, broyage et malaxage**

Après la cueillette, les olives sont triés afin d'éliminer les brindilles et les feuilles puis lavées à l'eau froide. Les olives et leurs noyaux, sont ensuite broyés. Le broyage en industrie se fait à l'aide d'un broyeur métallique (à marteaux, disques dentés ou cylindres striés) et aboutit à la formation d'une pâte. Pour faciliter l'extraction de l'huile, ce type de broyage doit être complété par un malaxage qui fait appel à des malaxeurs à vis ou à pales pendant une durée de 15 à 40min environ, étape permettant de réunir en une phase continue les gouttes d'huiles dispersées dans la pâte (**Benyahia et Zein, 2003**).

##### **IV.2. Extraction de l'huile**

###### **IV.2.1. Système d'extraction par presse (discontinu)**

Ce système d'extraction utilise des presses métalliques à vis ou hydrauliques. La séparation de l'huile des margines se fait par décantation ou par centrifugation (**Alba Mendoza, 1999 ; Benyahia et Zein, 2003**). Selon **Chimi. (2006)**, l'huile extraite par le système par presse présente un degré d'oxydation et une acidité élevée.

###### **IV.2.2. Système d'extraction par centrifugation (continue)**

###### **a. Processus d'extraction par centrifugation à deux phases**

Avec ce type de séparateur, une centrifugation suffit pour séparer l'huile du grignon humidifié par les eaux de végétation sans fluidification de la masse d'olive (**Koutsaftakis et Stefanodaki, 1995 ; De Stefano et al., 1999**).

### **b. Processus d'extraction par centrifugation à trois phases**

Ce système nécessite deux centrifugations : la première vise à séparer les phases solide (grignons) et liquide (huile et margine) et la seconde à séparer les phases liquide-liquide (l'huile des margines). Avec ce système il est nécessaire de fluidifier la masse d'olive par ajout d'une quantité d'eau qui varie selon sa texture (Alba Mendoza, 1999 ; Chimi, 2006 ; Del Caro *et al.*, 2006).

## **V. Composition de l'huile d'olive**

La composition chimique de l'huile d'olive dépend largement de la variété du fruit, des conditions agronomiques, du degré de maturité des olives, des procédés d'extraction et des conditions de stockage (Dugo *et al.*, 2004).

Les constituants de l'huile d'olive sont souvent classés en deux catégories : la fraction saponifiable constituée d'acides gras et de leurs dérivés, et la fraction insaponifiable qui comprend les stérols, les alcools aliphatiques, les pigments, les hydrocarbures, les composés aromatiques, les tocophérols et les composés phénoliques (Inglese, 1994 ; Berra, 1998 ; Ollivier *et al.*, 2004)

### **V.1. La fraction saponifiable**

#### **V.1.1. Les glycérides**

L'huile d'olive est constituée de 98% à 99% de triglycérides, de 2 à 3% de diglycérides et de 0,1 à 0,25% de monoglycérides (Velasco et Dobarganes, 2002). Les huiles d'olive sont constituées d'une vingtaine de triglycérides dont cinq sont majoritaires, qui sont représentés dans le tableau II (*Annexe I*).

#### **V.1.2. Les acides gras**

Le principal acide gras de l'huile est l'acide oléique (55 à 83 %), les deux autres acides importants sont l'acide palmitique (7,5 à 20 %) et l'acide linoléique (3,5 à 21 %). Cependant, l'huile d'olive est pauvre en acides gras saturés comparativement à certaines graisses alimentaires (Karleskind, 1992).

## V.2. La fraction insaponifiable

### V.2.1. Tocophérols

Les tocophérols sont reconnus pour leur double action bénéfique. En effet, ils ont tout d'abord l'atout d'être une vitamine liposoluble (vitamine E), également ils présentent une forte activité antioxydante en raison de leur contribution à la stabilité oxydative et à la qualité nutritionnelle (Owen *et al.*, 2004).

L'alpha-tocophérol représente 90% de la totalité des tocophérols, mais on trouve également beta et gamma tocophérols, alors que le delta tocophérol n'est présent qu'à l'état de traces (Psomiadou *et al.*, 2000).

### V.2.2. Composés phénoliques

L'huile d'olive renferme plus de 30 composés phénoliques (Visioli et Galli, 1994 ; Tuck et Hayball, 2002). L'hydroxytyrosol et l'oleuropéine sont les principaux composés phénoliques exerçant une activité antioxydante (Tuck *et al.*, 2002), tandis que les acides phénoliques, les alcools phénoliques, les hydroxy-isochromans et les flavonoides constituent la fraction mineure des composés phénoliques de l'huile d'olive vierge (Brenes *et al.*, 1999; Servili *et al.*, 2004). Ces composés phénoliques confèrent d'une part une grande stabilité oxydative à l'huile durant le stockage (Bendini *et al.*, 2007), et d'autre part, contribuent fortement au goût piquant, à l'astringence et à l'amertume des huiles (Haddam *et al.*, 2014).

### V.2.3. Les pigments

- **Chlorophylles**

Les chlorophylles sont présentes dans l'huile d'olive fraîche avec un taux de 1 à 20 mg/Kg, dont 40 à 80% sont des phéophytines (Ranalli, 1992). Ce sont les chlorophylles et les phéophytines qui sont essentiellement responsables de la couleur caractéristique de l'huile d'olive (Gandul-Rojas et Mínguez-Mosquera, 1996).

- **Caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des composés liposolubles associés à la fraction lipidique de l'huile d'olive, son taux est très variable, allant de 1,15 à 6,22 mg/kg (Manai-Djebali *et al.*, 2012). Le pigment caroténoïde le plus retrouvé dans l'huile d'olive est le  $\beta$ -carotène



(Provitamine A) (**Kataja-Tuomola, 2008**) qui présente une action vitaminique et antioxydante (**Nieves Criado et al., 2008**).

## **VI. Bienfaits de l'huile d'olive**

L'huile d'olive est l'une des huiles les plus appréciées des consommateurs pour des raisons organoleptiques (riche en arômes et en saveurs), mais aussi pour des raisons de santé humaine comme agent préventif (**Pinelli et al., 2003; Samaniego-Sanchez et al., 2007**).

L'huile d'olive présente essentiellement des propriétés antioxydantes, antihypertensives, antiagrégantes plaquettaires responsables d'effets préventifs des maladies cardiovasculaires. La consommation régulière de cette huile a des effets bénéfiques dans certains troubles de l'appareil digestif et hépatobiliaire, dans l'ostéoporose, dans la prévention du vieillissement et dans le renforcement du système immunitaire. L'huile d'olive exerce un effet protecteur vis-à-vis de certaines tumeurs malignes et diminue l'incidence de certains types de cancer (**Benlemlih et Ghanam, 2016**).

## **VII. Enrichissement de l'huile d'olive**

Plusieurs études ont été faites dans le but de l'amélioration de la qualité de l'huile d'olive, qui basé sur l'optimisation du processus de l'extraction de l'huile d'olive ou sur l'enrichissement post – production (**Dairi, 2014**).

### **VII.1. Enrichissement endogène**

L'huile d'olive vierge est exclusivement extraite de l'olive aux moyens de techniques mécaniques comprenant des étapes de broyage et de malaxage et d'extractions. Chacune de ces opérations technologiques outre les caractéristiques des olives, affecte la qualité du produit (**Clodoveo, 2012**). En effet, plusieurs études sont portées sur le développement de nouvelles technologies et stratégies pour améliorer la qualité nutritionnelle et organoleptique : Irrigation avec de l'eau saline (**Fregapane et Salvador, 2013**), amélioration des étapes de malaxage qui est basé sur la température et le temps (**Leone et al., 2014**), l'extraction assisté par ultrasons qui consiste à traiter la pâte d'olive avant l'étape de malaxage (**Clodoveo et Hachicha Hbaieb, 2013**).

## **VII. 2. Enrichissement exogène**

Il existe trois étapes alternatives pour l'enrichissement de l'huile avec des composés extraits à partir de plantes :

- **Extraction liquide-liquide** : Dans laquelle l'huile est mise en contact avec un extrait alcoolique des composés phénoliques, ces derniers sont transférés dans la phase huileuse en fonction de leur facteur de distribution, la phase alcoolique est enlevée par centrifugation (**Sanchez et Medina *et al.*, 2011 ; Achat *et al.*, 2012**).
- **Extraction solide liquide** : Dans laquelle l'extrait phénolique sec est purifié, la pâte obtenue est partiellement dissoute dans l'huile en fonction de la solubilité des composés de la pâte dans la phase huileuse (**Sanchez et Medina *et al.*, 2011 ; Achat *et al.*, 2012**).
- **Combinaison des deux procédés** : dans laquelle l'extrait alcoolique et l'huile sont mises en contact et les deux phases sont mises dans un rotavapeur pour enlever l'éthanol. Ces dernières peuvent être améliorées par l'utilisation des méthodes technologiques comme ultrasons pour faciliter la procédure et une meilleure dissolution de l'extrait de plante (**Sanchez de Medina *et al.*, 2011 ; Achat *et al.*, 2012**).

## I. Oxydation des lipides

L'oxydation est une des plus importantes manifestations à l'origine du vieillissement des produits alimentaires. Les dégradations oxydatives affectent les qualités nutritionnelles et sensorielles des aliments et peuvent avoir des répercussions sur la santé du consommateur (Berset, 2006).

### I. 1.Types d'oxydation

D'après Rahmani. (2007), les altérations conduisant au rancissement oxydatif sont :

#### I.1. 1. Auto- oxydation

Catalysée par la température, les ions métalliques, les radicaux libres. L'auto oxydation semble donc être un mécanisme principal dans l'oxydation des lipides. Elle produit principalement des hydroperoxydes et des composés volatils, généralement par un processus triphasé (initiation, propagation et terminaison) (Marc, 2004).

- **Initiation** : Cette étape est initiée par la chaleur, la lumière ou les ions métalliques et aboutit à la formation des espèces très réactives : ROO\* et R\*.
- **Propagation** : Les espèces réactives formées s'attaquent aux molécules lipidiques (LH) d'où la formation des hydroperoxydes et la destruction de ces derniers donnent naissance à des composés responsables des goûts et odeur de rance par rupture des liaisons O-O.
- **Terminaison** : Apparition de nouvelles espèces moléculaires non radicalaires (formation des polymères entre espèces réactives) (Rolland, 2004).

#### I.1.2. La photo – oxydation

Initiée par la lumière en présence de photo sensibilisateurs qui sont de deux types I, telle que la riboflavine agissant comme les radicaux libres initiateurs et molécules photosensibles type II, telle que la chlorophylle et l'érythrocyne qui réagissent dans leur état excité avec l'oxygène triplet ( $^3O_2$ ) pour donner de l'oxygène singulet ( $O_2$ ), ce dernier est très électrophile et peut réagir directement sur des acides gras insaturés (RH) formant ainsi des hydroperoxydes ROOH, ces derniers sont différents de ceux formé par auto-oxydation (Frankel, 1998).

### **I.1.3. Oxydation enzymatique**

Catalysée par la lipoxygénase et la cyclooxygénase, en présence d'oxygène, ces dernières peuvent oxyder les restes d'acides gras insaturés. Il s'agit généralement d'une oxydation limitée qui peut se dérouler simultanément à l'auto-oxydation (**Fuhrer et al., 2005**).

## **II. Antioxydants**

### **II. 1. Définition**

Un antioxydant peut être défini comme une substance qui, présente à des faibles concentrations comparées à celles d'un substrat oxydable, retarde ou prévient significativement l'oxydation de ce substrat (**Halliwell, 1990**).

### **II.2. Classes d'antioxydants**

Les antioxydants sont classés selon leur cible et mécanisme d'action ; Les antioxydants primaires et les antioxydants secondaires.

Selon leur origine : Les antioxydants naturels (synthétisés par l'organisme ou apporté par l'alimentation) ou synthétiques.

#### **II.2.1. Antioxydants primaires**

Les antioxydants primaires (AH) agissent en principe avec les radicaux peroxydes ou alkoxydes stoppant ainsi la réaction de propagation de la peroxydation par moyen d'antioxydants dits sacrifiés (**Cillard et Cillard, 2006**) ou par des donneurs d'hydrogène (**Rolland, 2004**).

#### **II.2.2 Antioxydants secondaires**

Les antioxydants secondaires (préventifs) sont aptes à stopper la genèse des radicaux libres en mettant en œuvre plusieurs mécanismes (**Rolland, 2004**)

- Chélation des métaux de transition ;
- Désactivation des espèces oxygénées réactives ;
- Séquestration d'oxygène (cas de l'acide ascorbique) ;
- Prémunition contre l'action des rayons ultraviolets (les caroténoïdes) (**Cillard et Cillard, 2006**).

### II.2.3. Antioxydants naturels

La quasi-totalité des huiles, des graisses et produits alimentaires contient un certain nombre d'antioxydants naturels. Les pigments caroténoïdes et les tocophérols sont présents dans toutes les huiles. D'autres antioxydants de nature phénolique sont présents uniquement dans une minorité d'huiles (Schmidt et Pokorny, 2005) Les différents Antioxydants naturels et principales sources alimentaires sont présentés dans le tableau II (*Annexe I*)

### II.2.4. Antioxydants synthétiques

Le butylhydroxytoluène ou BHT(E321), le butylhydroxyanisole ou BHA (E320) et des esters de l'acide gallique : gallate de propyle (310), gallate d'octyle (E311), et dodécyle (E312) (Johnson et Gul, 1988).

Le BHT (2,6-ditertiobutyl 4-méthyl phénol) est un solide blanc soluble dans les graisses et insoluble dans l'eau. C'est un antioxydant de rupture de chaîne très efficace et peu coûteux. Le BHA est un mélange de deux isomères de position, le 2-tertobutyl 4-hydroxyanisole et le 3-tertobutyl 4-hydroxyanisole dont l'efficacité est un peu inférieure à celle du BHT. L'association du BHT et du BHA serait synergique (Helme *et al.*, 1999) longtemps suspectées d'effets toxiques ces deux composés sont désormais réputés sans effet aux doses habituelles ingérées. La dose autorisée varie de 0,01 à 0,02% du poids de la matière grasse contenue dans l'aliment (Cuvelier et Martel, 2002).

# *Matériel et méthodes*

## I. Matériel végétal

Les matières végétales utilisées au cours de notre étude sont : pelures de trois légumes (pomme de terre, betterave et carotte) et l'huile d'olive vierge.

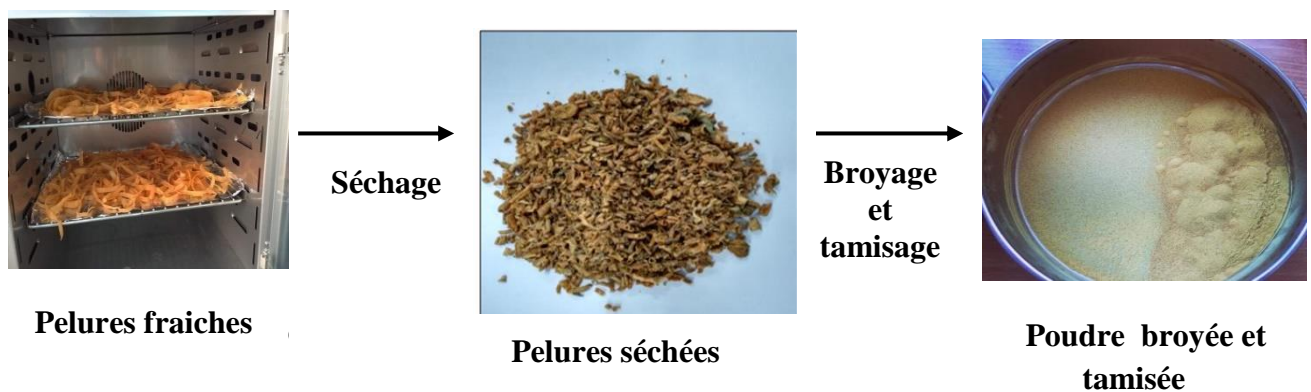
### I.1. Classification botanique des légumes

**Tableau IV** : Classification botanique de la pomme de terre, de la betterave et de la carotte.

<i>Légume</i>	<i>Pomme de terre</i>	<i>Betterave</i>	<i>Carotte</i>
<i>Règne</i>	Plantae	Plantae	Plantae
<i>Ordre</i>	Solanales	Caryophyllales	Apiales
<i>Famille</i>	Solanaceae	Chenopodiacea	Apiaceae
<i>Genre</i>	Solanum	Beta	Daucus
<i>Espèce</i>	<i>Solanum tuberosum L</i> (Hawkes, 1990)	<i>Beta vulgaris</i> (Annonyme 3)	<i>Daucus carota L</i> (Annonyme 4)

### I.2. Pelures des légumes

Les pelures sont procurées dans un fast food. Après lavage et séchage, les légumes sont épluchés. Arriver au labo, les pelures sont ensuite séchées à l'étuve à 40°C pendant quelques jours jusqu'à obtention de poids constant afin d'éliminer toute l'eau contenue dans les pelures et ainsi faciliter le broyage. Une fois séchées on procède à un broyage à l'aide d'un broyeur électrique, la poudre obtenue est tamisée à l'aide d'un tamiseur électrique dont la dimension des pores est  $\leq 250\mu\text{m}$  pour obtenir une poudre lisse, la poudre tamisée est conservée à température ambiante à l'abri de la lumière et l'humidité dans des flacons en verre.



**Figure 3** : Préparation des poudres de pelures

### **I.3. Huile d'olive**

L'huile d'olive est issue de la variété Sigoise (originale de l'ouest de l'Algérie) par un procédé d'extraction à 3 phases, cette huile est procurée de l'I.T.A.F.V de Takerietz.

## **II. Caractérisation des pelures**

### **II.1. Taux d'humidité**

La teneur en humidité a été déterminé en séchant un poids déterminé de la poudre (humidité résiduelle) et de pelures fraîches à 103°C jusqu'à obtention d'un poids constant (**Doymaz et al., 2004**).

Les résultats sont exprimés en pourcentage

$$H\% = (P_0 - P_1 / P) / 100$$

**P<sub>0</sub>** : Poids de l'échantillon avant séchage ;

**P<sub>1</sub>** : Poids de l'échantillon après séchage ;

**P** : prise d'essai.

### **II.2. Extraction des polyphénols**

Les composés phénoliques sont extraits suivant la méthode décrite par **Chougui et al. (2014)**, avec quelques modifications concernant la quantité de poudre utilisée , l'extraction se fait par macération de 20g de poudre de pelures dans 200 ml de solvant (éthanol 70% ), le mélange est protégé de la lumière et agité pendant 2 heures à température ambiante . Après agitation le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre les résidus obtenus vont subir une deuxième extraction cette fois ci avec 100 ml d'éthanol 70% (extraction par épuisement). Le solvant est évaporé sous vide au moyen d'un rotavapeur de type BUSHI (SWITZERLAND). Une partie de l'extrait est reconstitué dans du méthanol et conservée à 4°C en attente des analyses, et l'autre partie destinée pour l'enrichissement est conservée sous forme d'extrait sec à la même température.

### **II.3. Dosage des composés phénoliques totaux**

- **Principe**

La concentration en composés phénoliques totaux a été estimée par la méthode au Folin-Ciocalteu. Le réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub> PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et



d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ), il est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange bleu de tungstène et de molybdène. La coloration produite, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux. (**Singleton et al., 1999**).

- **Mode opératoire**

La détermination de la teneur en polyphénols totaux est réalisée selon le protocole décrit par (**Georgé et al., 2005**). Dans des tubes à essai, nous avons mélangé 500  $\mu$ L d'extrait méthanolique avec 2,5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 1/10). Après 2 min à l'obscurité, on ajoute 2 ml de carbonate de sodium ( $Na_2CO_3$ ) (75g /L). Après 15 minutes d'incubation à 50°C, l'absorbance est mesurée à 760 nm contre un blanc où l'extrait est remplacé par le même volume du solvant utilisé. Les concentrations sont exprimées en mg équivalent d'acide gallique par 100g de poudre de pelures sèches (mg E.A/100g M.S).

#### **II.4. Dosage des flavonoïdes**

- **Principe**

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la chélation des ions d'aluminium par les antioxydants. Le complexe formé se traduit par une couleur jaune dont l'intensité dépend de la concentration de ces derniers (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Mode opératoire**

La teneur en flavonoïdes totaux est déterminée par la méthode décrite par (**Quettier-Deleuet et al., 2000**). 1ml de chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$  2%) est additionné à 1ml d'extrait. Après 15 mn d'incubation à l'abri de la lumière et à la température ambiante, l'absorbance est mesurée à 430 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercitine/100g de poudre (mg E.Q/100g M.S).

#### **III.5. Dosage des caroténoïdes**

- **Mode opératoire**

10 ml d'un mélange : hexane, acétone, éthanol (2/1/1) sont ajoutés à 1g de broyat de pelure sèches, Après agitation pendant 15 min, la phase supérieure est récupérée et centrifugée pendant 5 min à 3500 tours/min. L'absorbance des échantillons est mesurée à 420nm. La teneur en caroténoïdes est exprimée en  $\mu$ g d'équivalent  $\beta$  Carotène/100g de poudre ( $\mu$ g E.  $\beta$ -carotène/100g de M.S) (**Sass-Kiss et al., 2005**).

### III.6. Activité antioxydante des pelures

#### III.6.1. Activité antiradicalaire sur le DPPH

- **Principe**

La méthode est basée sur la capacité de l'extrait à réduire le radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) qui est de couleur violette en solution vers une couleur jaunâtre (après réduction), lorsque son électron célibataire est apparié avec un hydrogène provenant d'un antioxydant (Boskou *et al.*, 2006). L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la concentration d'antioxydants et au temps de la réaction (Kroyer, 2003 ; ES Safi *et al.*, 2007).

- **Mode opératoire**

L'évaluation de l'activité antioxydante est estimée selon la méthode décrite par (Martysiak-Zurowska et Wenta, 2012). 2, 9 ml de la solution méthanolique du radical 2.2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) à  $10^{-4}$ M sont ajoutés à 0,1 ml d'extrait méthanolique de pelures à différentes concentrations dans le but de déterminer les IC50. L'absorbance est mesurée à 515nm après 30 min d'incubation à l'obscurité. Un control est préparé en mélangeant une quantité de la solution de DPPH avec du méthanol.

L'activité antiradicalaire est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(Abs_C - Abs_E)/Abs_C]*100$$

**Abs<sub>t</sub>** et **Abs<sub>e</sub>** sont les absorbances respectives du Control et de l'échantillon ;

L'IC50 exprimé en mg/ml, correspond à la concentration de l'extrait qui inhibe 50% du radical DPPH, est obtenu graphiquement.

#### III.6.2. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est l'aptitude d'un composé dit «antioxydant» à donner un électron pour prévenir les molécules telles que les lipoprotéines et les acides gras insaturés de l'action des espèces radicalaires (Dorman *et al.*, 2003).

- **Principe**

Le pouvoir réducteur mesure la capacité d'un antioxydant à réduire le fer ferrique Fe<sup>3+</sup> (FeCl<sub>3</sub>) en fer ferreux Fe<sup>2+</sup> (FeCl<sub>2</sub>) en présence d'un agent chromogène : ferricyanure de potassium K<sub>3</sub> [Fe(CN)<sub>6</sub>] (Dorman *et al.*, 2003).

- **Mode opératoire**

Le protocole de **Singh et al. (2006)**, est utilisé pour évaluer le pouvoir réducteur des extraits méthanoliques à différentes concentration pour déterminer le EC<sub>50</sub>. Un volume de 2,5 ml d'extrait méthanolique est additionné à 2,5 ml de tampon phosphate (0.2 M ; pH 6.6) et 2,5 ml ferricyanure de potassium K<sub>3</sub> [Fe (CN)<sub>6</sub>] à 1%. Après incubation à 50°C pendant 20 min, 2,5 ml d'acide trichloroacétique a 10% sont ajoutés au mélange puis, centrifugé pendant 10 min à 3000 tours/min. 2,5 ml du surnageant sont mélangés à 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml de chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) a 0,1%, quelques modifications sont apportées.

L'absorbance est mesurée à 700nm après 10 min de réaction. Le EC<sub>50</sub> correspond à la concentration qui donne une absorbance de 0,5 et elle est obtenu graphiquement.

## **IV. Caractérisation de l'huile d'olive**

### **IV.1. Détermination du coefficient d'extinction spécifique dans l'ultraviolet**

- **Principe**

Cette analyse consiste à déterminer les coefficients d'extinction K<sub>232</sub> et K<sub>270</sub> calculés à partir de l'absorption à 232 et 270 nm qui correspondent au maximum d'absorbance des hydroperoxydes et des produits secondaires d'oxydation, respectivement (**Alais et al., 1999**).

- **Mode opératoire**

Le coefficient d'extinction spécifique est déterminé selon la méthode officielle décrite par le **COI (1996)**. Après avoir filtré les échantillons d'huiles via le sulfate de sodium anhydre, une solution à 1% d'huile dans le cyclohexane a été préparée. La lecture s'est faite dans des cuves en quartz de parcours optique de 1 centimètre aux longueurs d'onde de 232 et 270 nm. En employant comme blanc le cyclohexane.

Les extinctions spécifiques rapportées aux différentes longueurs d'onde sont calculées comme suit :

$$E = A\lambda / C * l$$

E : extinction spécifique à la longueur d'onde  $\lambda$  ;

A $\lambda$ : absorbance mesurée à la longueur d'onde  $\lambda$  ;

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

l : épaisseur de la cuve en centimètre (1cm).

## IV.2. Acidité

L'acidité est l'expression conventionnelle de la teneur en acides gras libres due à une hydrolyse du corps gras, elle est exprimée en acides oléique dans le cas de l'huile d'olive (ISO, 1996).

- **Principe**

Le principe repose sur la neutralisation des acides gras libres par une solution ethanolique d'hydroxyde de potassium sans hydrolyser les liaisons esters des glycérides (ISO, 1996), selon la réaction suivante :



- **Mode opératoire**

Une prise d'essai de 5g d'huile est dissoute dans 20 ml d'un mélange d'oxyde diéthylique-éthanol à 95% (V/V). Le mélange est titré en agitant à l'aide d'une solution ethanolique d'hydroxyde de potassium (0,1N) en présence de phénolphaléine jusqu'à coloration rose persistant une dizaine de secondes. Un essai témoin est réalisé dans les mêmes conditions.

L'acidité est exprimée en pourcentage d'acide oléique qui se détermine ainsi :

$$\mathbf{A\% \text{ (acide oléique)} = (V-V_0) * (N * M/10 * m)}$$

V et V<sub>0</sub> : volume en millilitre de KOH nécessaire à la neutralisation de l'échantillon et le blanc, respectivement ;

N : normalité de la solution de KOH (0,1N) ;

M : masse molaire de l'acide oléique qui est égale à 282 g/ml ;

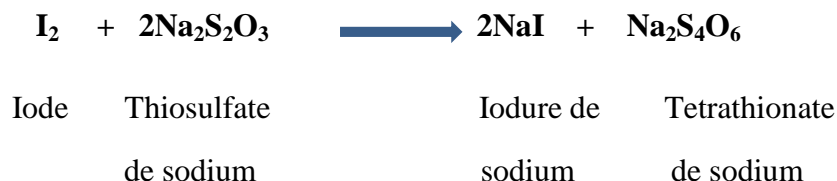
m : masse en gramme de la prise d'essai.

## VI.3. Indice de peroxyde

- **Principe**

Il correspond à la quantité d'oxygène actif du peroxyde contenu dans une certaine masse de produit capable d'être libéré dans les conditions de l'expérience. Il est exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par Kg de matière grasse pouvant oxyder l'iodure de

potassium en présence d'acide acétique et de chloroforme. L'iode libéré est titré en retour par une solution de thiosulfate de sodium, suivant la réaction :



- **Mode opératoire**

La méthode utilisée est celle du règlement **CEE/2568/91**. Un échantillon de 2 g d'huile est introduit dans une fiole à col rodé. 10 ml de chloroforme sont ajoutés, tout en agitant, afin de dissoudre l'huile suite à quoi 15ml d'acide acétique glaciale et 1ml d'iodure de potassium saturé sont ajouté, la fiole est bouchée rapidement, puis agitée vigoureusement pendant 1 min et laissée à l'obscurité pendant 5 min à température ambiante. 75 ml d'eau distillée sont ensuite ajoutées ainsi que quelques gouttes d'empois d'amidon, le tout est titré aec le thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à 0,01 N en agitant vigoureusement. L'indice de peroxyde est donné par l'expression ci-après :

$$I_p = N (V - V_0) * 1000 / m \text{ (meq d'O}_2\text{/Kg)}$$

V<sub>0</sub> : volume en millilitre de thiosulfate de sodium nécessaire pour titrer le blanc ;

V : volume en millilitre de thiosulfate de sodium nécessaire pour titrer l'essai ;

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

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

#### **VI.4.Dosage des chlorophylles et des caroténoïdes**

Les carotènes et les chlorophylles sont déterminées suivant la méthode décrite par **Minguez-Mosquera et al. (1991)**. 3g d'huile sont dissoutes dans le cyclohexane et portés à un volume final de 10 ml. Les teneurs des caroténoïdes et chlorophylles sont déterminées respectivement, par la mesure de l'absorbance à 472 et 670 nm. Les valeurs des coefficients d'extinction spécifique appliquée sont E<sub>0</sub>= 613 pour la phéophytine, une composante majeure des pigments chlorophylliens, et E<sub>0</sub>= 2000 pour la lutéine, un élément majeur des caroténoïdes. Les teneurs en pigments sont calculées comme suite :

$$\text{Chlorophylle (mg/Kg)} = (A_{670} * 10^6) / (613 * 100 * l)$$

$$\text{Carotenoïde (mg/Kg)} = (A_{470} * 10^6) / (2000 * 100 * l)$$

$A_\lambda$ : bsorbance à la longueur d'onde  $\lambda$  ;

$l$  : épaisseur de la cuve en centimètre (1cm) ;

613 : coefficient d'extinction spécifique de la phéophytine ;

2000 : coefficient d'extinction spécifique de la lutéine.

## **IV.5. Extraction et dosage des composés phénoliques de l'huile d'olive**

### **IV.5.1. Extraction**

L'extraction des composés phénoliques est réalisée en suivant le protocole de **Monteleon et al. (1998)**. Un gramme d'huile filtrée est dissout dans 10ml d'hexane, cette solution est introduite dans une colonne d'octadecyle C<sub>18</sub> préalablement activée avec 6ml de méthanol et 10 ml d'hexane. La fraction polaire est éluée avec 2x4 ml de méthanol 95%.

### **IV.5.2. Dosage des polyphénols totaux**

- **Mode opératoire**

L'estimation de la teneur en composés phénoliques totaux est réalisée selon la méthode de **Favati et al. (1994)**. Dans des fioles de 20ml, sont mélangés 2ml d'extrait méthanolique, 5ml d'eau distillée et 0,5ml du réactif de Folin-Ciocalteu. Après 3 min de réaction, 4ml d'une solution de carbonate de sodium à 10% sont ajoutés, le volume est ajusté à 20ml avec de l'eau distillée. Après 90 min d'incubation à l'obscurité, le mélange est filtré et l'absorbance est mesurée à 760nm. La concentration en polyphénols totaux de l'extrait méthanolique d'huile d'olive est exprimée en mg d'E.A.G./Kg.

## **IV.6. Dosage des ortho-diphénols**

- **Principe**

Les ortho-diphénols réagissent avec le molybdate pour former un complexe jaune. La concentration en ortho-diphénols des extraits méthanoliques est déterminée selon la méthode décrite par **Bendini et al. (2003)** par dosage spectrophotométrique à 370 nm.

- **Mode opératoire**

4ml d'extrait méthanolique sont additionnés de 1 ml de la solution de molybdate de sodium dihydraté à 5% dans l'éthanol-eau (V/V), le mélange est agité vigoureusement au vortex pendant 1 min, puis mis à l'obscurité pendant 15 min et enfin filtré. L'absorbance est mesurée à 370 nm. La concentration en ortho-diphénols de l'échantillon est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec de l'acide caféique comme standard et le résultat est exprimé en mg d'E.A.C./Kg d'huile d'olive.

#### **IV.7. Activité antioxydante de l'huile**

Pour déterminer l'activité de l'huile d'olive on a utilisé deux tests qui sont l'activité anti radicalaire du DPPH et le pouvoir réducteur dont les protocoles sont précédemment décrits en (III.6).

### **V. Enrichissement de l'huile d'olive et caractérisation de l'huile enrichie**

#### **V.I. Procédure d'enrichissement**

L'enrichissement de l'huile d'olive est réalisé suivant la méthode décrite par **Bouaziz et al. (2008)**. Quelques modifications sont apportées sur cette méthode concernant les quantités de l'extrait, la quantité de l'huile et les standards utilisés pour l'enrichissement.

Des quantités d'extrait de pelures de pomme de terre, betterave et carotte sont pesés puis dissoutes dans un volume approprié d'environ 200 µl d'éthanol (80%), afin d'obtenir la concentration de l'huile en extrait désiré. Dans notre étude l'huile est enrichie à différentes concentrations : 50 ppm, 100 ppm et 150 ppm. Après l'ajout des extraits, les huiles sont agitées pendant 30 min, ensuite on a procédé à la sonication des mélanges pour une dissolution complète des extraits dans l'huile. La même procédure est suivie pour le BHA et  $\alpha$ -tocophérol utilisés comme standards à une concentration de 100 ppm. Les échantillons préparés sont conservés à l'abri de la lumière et à 4°C, en attendant leurs analyses.

#### **V.2. Etude de l'activité antioxydante de l'huile enrichie**

- **Mode opératoire**

La capacité antioxydante des huiles enrichies est estimée suivant la méthode décrite par **Salta et al., (2009)**, qui consiste à ajouter à 1ml de la solution de l'huile (huile dans le chloroforme : 10%, p/v) 4ml de la solution de DPPH (DPPH dans le chloroforme,  $6 \times 10^{-5}$ M). Après

incubation de 30 min à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 517 nm. Le pourcentage d'inhibition est donné par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(Abs_c - Abs_{t=30})/Abs_c]*100$$

$A_c$ : absorbance de contrôle (solution de DPPH dans le chloroforme,  $6*10^{-5}M$ )

### **V.3. Test de stabilité : méthode à l'étuve**

Ce test est réalisé dans le but d'accélérer l'oxydation de l'huile et de vérifier sa stabilité. Pour cela les différents échantillons d'huile sont mis dans des flacons transparents dans une étuve portée à 65°C pendant 20jours. La mise en évidence de l'oxydation est montrée par la mesure de l'indice de peroxydes, de l'extinction spécifique dans l'ultraviolet à 232 et 270 nm. Les analyses sont effectuées le jour  $J_0$ ,  $J_{10}$  et  $J_{20}$  (**Mohagheghi Samarin et al., 2012**).

Pour vérifier l'effet de l'addition des extraits durant ce test, des pourcentages de réduction par rapport au témoin sont calculés pour chaque paramètre suivant cette formule :

$$\% \text{ de réduction} = [((R_F - R_T)/R_{TF})*100]-100$$

$R_F$  : Valeur finale à une concentration donnée pour chaque paramètre ;

$R_{TF}$  : Valeur finale du Témoin

## **VI. Etude statistique**

Chaque test est réalisé en trois essais et les résultats représentent la moyenne  $\pm$  écart type des trois mesures. Une étude statistique est réalisée pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives entre les échantillons, et ce, pour chaque paramètre en appliquant une analyse de la variance (ANOVA) suivie du test de LSD de Fisher à l'aide d'un logiciel STATISTICA 7.1. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité  $p < 0,05$ .



*Résultats  
et discussion*

## I. Taux d'humidité

L'humidité ; c'est connaître la teneur en eau de notre matrice, ce qui est important pour pouvoir estimer le rendement après séchage, de cette dernière. Les taux d'humidité des pelures fraîches sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau V:** Taux d'humidité des différentes pelures de légumes

<b>Pelures fraîches</b>	<b>Humidité %</b>
<b>Pomme de terre</b>	87,50 ± 0,41
<b>Betterave</b>	83,14 ± 0,76
<b>Carotte</b>	93,05 ± 0,3

Les résultats du test d'humidité montrent que les pelures de la carotte contiennent la teneur la plus élevée en eau, cette dernière est comparable à celle trouvée par **VanTang et al. (2009)**, qui est de 90,40%. La teneur en eau des pelures de pomme de terre est inférieure à celle des pelures de la carotte, ce résultat est proche de celui rapporté par **Arapoglou et al. (2009)**, qui est de 85,1%. Tandis que la teneur la plus faible en eau est enregistrée pour les pelures de la betterave, supérieure à la teneur des résidus de la pulpe de betterave ( 79 %), Considérés comme une autre forme de sous-produit de la betterave, rapportée par **Shyamala et al. (2009)**. Ces résultats montrent la richesse hydrique des pelures.

Pour l'humidité résiduelle, les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau VI:** Taux d'humidité résiduelle des différentes poudres de pelures de légumes.

<b>Poudre</b>	<b>Humidité %</b>
<b>Pomme de terre</b>	5,63 ± 0,54
<b>Betterave</b>	5,73 ± 0,15
<b>Carotte</b>	3,77 ± 0,17

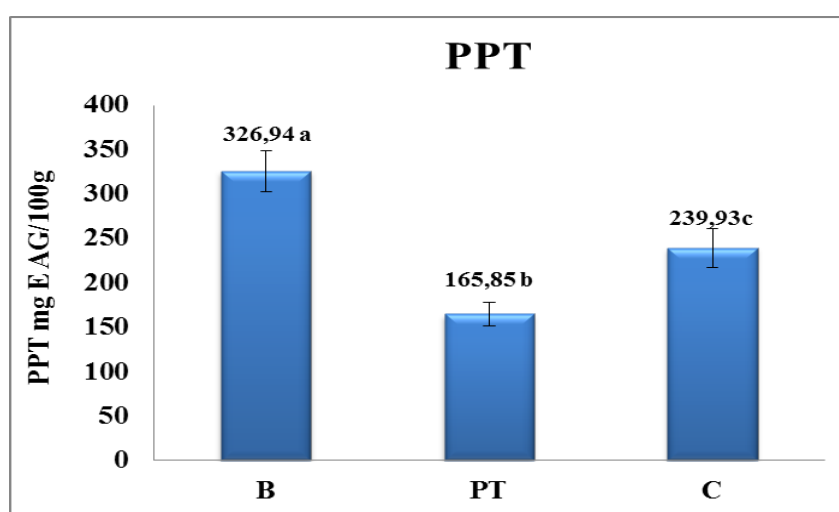
Les teneurs en eau des poudres de pelures sont de l'ordre de 5,63% pour celle de la pomme de terre, 5,73% pour celle de la betterave et de 3,77% pour celle de la carotte. Ceci indique que nos poudres contiennent une faible quantité d'eau. La détermination du taux d'humidité de la poudre (humidité résiduelle) est très importante pour estimer la durée de conservation de celle-ci. Les produits avec un taux d'humidité élevée sont plus exposés à la détérioration

de leurs antioxydants par le phénomène d'oxydation durant la conservation (**Shyanala et Jamuna, 2010**)

## II. Caractérisation des pelures des légumes

### II.1. Dosage des polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux (PPT) sont exprimées en milligramme d'équivalent acide gallique par 100 grammes de matière sèche en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions (*Annexe 2*), les teneurs sont représentées dans la figure suivante :



**Figure 2:** Teneurs en polyphénols totaux des différentes pelures de légumes.

\*La barre verticale représente l'écart-type ;

\*La valeur représente la moyenne de trois mesures  $\pm$  écart-type ;

\*Les valeurs désignées par les lettres différentes présentent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ) ;

L'étude statistique montre qu'il y a des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ) entre la teneur en polyphénols totaux des pelures de légumes étudiées.

La valeur la plus élevée en polyphénols totaux est observée pour les pelures de la betterave avec une teneur de  $326,94 \pm 22,9644$  mg E.A.G./100g de poids de poudres de pelures sèches. **Kahkonen et al. (1999)** ; **Kujala et al. (2001)**, ont déterminé des teneurs en polyphénols d'extrait de pelures de betterave qui sont  $4,3$  mg E.A.G./g de MS ( $430$  mg E.A.G./100g) et  $24,1 \pm 0,3$  mg E.A.G./g MS ( $2410$  mg E.A.G./100g M.S) respectivement, supérieures à celle trouvée dans notre étude.

La carotte présente une teneur en polyphénols totaux de  $237,93 \pm 21,66$  mg E.A.G./100g de MS ( $16,35$  mg/100g de M.F), inférieure à celle trouvée par **Kahkonen et al. (1999)**, qui est de

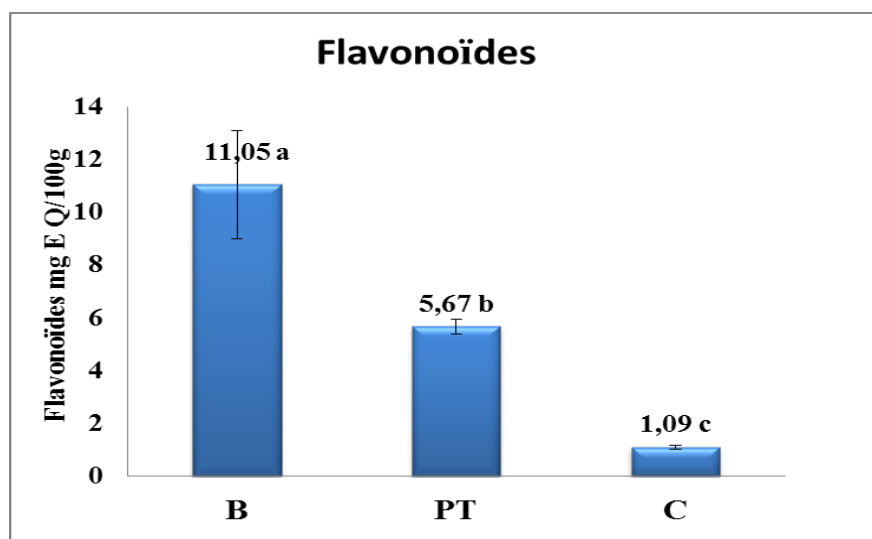
6,6 mg E.A.G/g M.S (660mg E.A.G/100g). En outre, une étude menée par **Zhang et Hamauzu. (2004)**, sur deux variétés de carottes, montre une variation des teneurs en polyphénols allant de 62 à 78,3 mg E.A.G/ 100g de MF. D'après **Vinson et al. (1998)**, la teneur en polyphénols est de 46,4 mg E. Catéchine/100g M.F.

Dans cette présente étude, les pelures de pomme de terre présentent la plus faible teneur en polyphénols totaux parmi les échantillons étudié estimée à  $165,85 \pm 12,94$  mg E.A.G/100 g M.S, largement supérieure la valeur  $280,32 \pm 5,21$   $\mu$ g E.A.G/g de M.S (28,032 mg/100g de M.S) trouvée par **Mohagheghi Samarin et al. (2012)**. Cependant, **Rodriguez De Sotillo et al. (1994)**, ont rapporté dans leur étude sur les sous-produits de la pomme de terre une teneur en polyphénols totaux supérieure qui est de 3,3 mg E.A.G/g d'extrait sec (330 mg E.A.G /100g d'extrait sec). De plus, une étude a été faite par **Babbar et al. (2012)** dans ce sens utilisant différents solvants d'extraction des polyphénols, a révélé une variabilité des teneurs entre  $2 \pm 0,45$  et  $5,4 \pm 0,4$  mg E.A.G/g d'extrait sec (200 et 540 mg E.A.G/100g d'extrait sec) selon le solvant utilisé.

Les différences observées entre notre étude et les données rapportées par la littérature pourraient être dues à l'utilisation de différentes variétés de légumes et la manière dont les résultats sont exprimés (**Zhang et Hamauzu, 2004**). En outre, la sélection du solvant et la méthode d'extraction peut affecter les teneurs des différents composés (**Rodriguez de Sotillo et al., 1994**). Plusieurs études : **Rodriguez de Sotillo et al. (1994)** ; **Mohagheghi Samarin et al. (2012)** ont démontré que le méthanol assisté par ultrasons donne les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux. Etant toxique, ce solvant n'est pas utilisé dans notre étude.

## II.2. Les flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes de nos extraits est exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par 100 gramme de matière sèche en se référant à une courbe d'étalonnage (*Annexe 2*)



**Figure 3:** Teneurs en flavonoïdes des pelures de légumes.

La barre verticale représente l'écart-type ;

La valeur représente la moyenne de trois mesures  $\pm$  écart-type ;

Les valeurs désignées par les lettres différentes présentent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ) ;

L'analyse statistique révèle qu'il y a une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les teneurs en flavonoïdes des extraits de pelures des légumes étudiés.

L'extrait de pelures de betterave a donné la teneur la plus élevée en flavonoïdes qui est de 11,05 mg E.Q/100g de M.S (1,86mg E.Q/100g de M.F). Cette dernière diffère de la teneur rapportée par **Rosecler et al. (2009)**, variant de  $1,83 \pm 0,33$  à  $3 \pm 0,25$  mg E. rutine/g de M.F selon la variété de betterave utilisée. La différence entre notre résultat et ce dernier pourrait être expliquée par la différence dans l'expression des résultats (par rapport à la M.S et M.F) et le standard utilisé (Quercitine ou rutine)

Dans cette présente étude, les pelures de P.T présentent une teneur de 5,67 mg E.Q/ 100 g de M.S. Par contre **Lewis et al. (1997)**, ont trouvé dans leur étude portée sur la détermination des flavonoïdes de différentes variétés de PT, une teneur qui varie de  $110 \mu\text{g}$  à  $1094 \mu\text{g}/\text{mg}$  de M.S (11 à 109,4 mg/100g de M.S).

La teneur la plus faible en flavonoïdes dans cette étude est enregistrée pour l'extrait de pelures de carottes (1,09 mg E.Q/100g de M.S), Selon **Sheila et al. (2017)**, les pelures de la carotte présente une teneur en flavonoïdes de  $5,39$  à  $27,83 \mu\text{g}$  E.Q/g d'extrait sec ( $0,539$  à  $2,783$  mg E.Q/ 100g d'extrait sec) selon la variété utilisée.

De même pour la teneur en flavonoïdes, La variation observée entre notre étude et les données de la littérature pourrait être liées à la méthode et au solvant employé pour l'extraction (Rodriguez de Sotillo *et al.*, 1994)

### II.3. Caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes de nos extraits est exprimée en milligramme d'équivalent de  $\beta$ -carotène par 100 gramme de matière sèche en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexe2)

**Tableau VII :** Teneurs en caroténoïdes des pelures des légumes

Légume ( $\mu\text{g E.}\beta\text{-carotène/100g}$ )	Teneur
Pomme de terre	$42,56^b \pm 5,47$
Carotte	$38,04^a \cdot 10^3 \pm 3,21$
Betterave	$697,05^b \pm 52,57$

L'étude statistique montre qu'il y a une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre la carotte et la betterave ainsi qu'entre la pomme de terre et la carotte. Cependant aucune Différence significative n'est enregistrée entre les pelures de la pomme de terre et la betterave.

Selon les résultats trouvés dans cette présente étude, la carotte est très riche en caroténoïdes et présente la teneur la plus élevée qui est estimée à  $38,04 \pm 3,21$  mg E. $\beta$ - carotène/100 g de M.S. Cette dernière, est en cohérence avec les travaux de **Wai Keong *et al.* (2018)** portés sur les caroténoïdes des pelures de la carotte dont les teneurs sont comprises entre 1,02-2,75 mg E. $\beta$ - carotène/g de M.S (102-275mg E. $\beta$ - carotène/100g de M.S).

Une faible teneur en caroténoïdes  $697,05 \pm 52,57$   $\mu\text{g E.}\beta\text{-carotène/100g}$  de M.S ( $117,52$   $\mu\text{g E.}\beta\text{-carotène /100g}$  de M.F) est enregistrée pour la betterave. D'après **Rosecler *et al.* (2009)** les teneurs en caroténoïdes des pelures de Betterave sont comprises entre  $4,99 \pm 1,73$  et  $6,94 \pm 0,89$  mg E. $\beta$ -carotène/g de M.F (499 et 694 mg E. $\beta$ -carotène/100g). Quant aux pelures de la pomme de terre la teneur en caroténoïdes est de  $38,04 \pm 3,21$   $\mu\text{g E.}\beta\text{-carotène/100g}$  de M.S) qui est comparable à celles apportées par **Robles-Ramirez *et al.* (2016)** ( $2,44$ - $3,77$  mg E. $\beta$ -carotène/Kg de M.S).

## II.4. Activité antioxydante des pelures

L'activité antioxydante des extraits phénoliques des pelures est déterminée en utilisant deux méthodes basées sur différents mécanismes. L'une est l'essai de piégeage du radical DPPH, la plus utilisée pour étudier les polyphénols des plantes, et l'autre, est l'essai du pouvoir réducteur qui est choisi en raison du fait que le complexe Fe-polyphénols est manifesté comme inhibiteur de la formation des radicaux oxygènes (Turkmen *et al.*, 2007).

### II.4.1. Activité antiradicalaire sur le DPPH

L'activité antiradicalaire des extraits phénoliques des différentes pelures est exprimée en IC50 déterminés graphiquement à partir des courbes réalisées du pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations d'extrait (*Annexe 2*). Le % d'inhibition DPPH dépend de la concentration de l'extrait, il augmente avec l'augmentation de la l'extrait. Les valeurs d'IC50 correspondent aux concentrations des extraits phénoliques nécessaires pour réduire le DPPH en solution de 50%

Les valeurs d'IC50 des différents extraits sont données dans le tableau suivant :

**Tableau IIX : IC50 des différents extraits de pelures**

Extrait	IC50 (mg/ml)
Pelures de pomme de terre	4,25 <sup>b</sup> ± 0,21
Pelures de Betterave	3,24 <sup>c</sup> ± 0,15
Pelures de Carotte	7,79 <sup>a</sup> ± 0,05

L'analyse statistique montre qu'il y a des différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les valeurs d'IC50 des différents extraits de pelures.

D'après les résultats, l'activité la plus importante est observée pour l'extrait de pelures de betterave suivie de celui de P.T et celui de carotte ( $3,25 \pm 0,15$ ,  $4,24 \pm 0,21$ ,  $7,79 \pm 0,05$  mg/ml, respectivement). L'inhibition du radical DPPH par les antioxydants présents dans les extraits est due à leur capacité à céder un atome d'hydrogène. Plus ils possèdent un grands nombre du groupement carboxyle, plus ils présentent une grande capacité à piéger les radicaux libres (Chen et Ho, 1995)

D'après **Lafka et al. (2007)**, il n'existe pas de corrélation entre la teneur en phénols et l'activité antioxydante des extraits phénoliques. Ce qui est en accord avec notre étude où on a enregistré une corrélation non significative à ( $P < 0,05$ ) ( $r = 0,26$ ).

Par contre, Une corrélation significative à  $P \leq 0,05$  ( $r = 0,90$ ) est enregistrée dans notre étude entre les flavonoïdes et le pouvoir anti-radicalaire des différents échantillons étudiés. Cela signifie que ce sont les flavonoïdes qui sont plus responsables de cette activité.

La valeur d'IC<sub>50</sub> de l'extrait de Betterave observée dans cette étude est largement supérieure à celle rapportée par **Rosecler. (2009)**, dans son étude estimée à 121 µg/ml (0,121 mg/ml) cela veut dire que ce dernier possède une activité plus importante. Selon une étude menée par **Shyamala et Jamuna (2010)**, sur l'activité antioxydante des résidus de pulpe de betterave (sous - produit de betterave), l'extrait méthanolique de ce sous - produit présente un % d'inhibition du radical DPPH de 78,6% pour une concentration d'extrait de 20 mg/ml, et une valeur d'IC<sub>50</sub> estimée à 10,24 mg/ml supérieur à celle des pelures de betterave observée dans cette présente étude.

En ce qui concerne l'extrait de pomme de terre, **Sweetie et al. (2005)**, ont trouvé à une concentration de 0,1% de d'extrait de pelures de pomme de terre donne un % d'inhibition de 60%, tandis qu'une concentration de 0,5% donne une activité de 85%. **Bebbar et al. (2012)**, ont trouvé un pourcentage d'inhibition du radical DPPH l'extrait méthanolique des pelures de pomme de terre ce 60% à une concentration de 5mg/ml.

Quant aux pelures de carottes, **Zhang et Hamazu (2004)**, ont trouvé que les extraits phénoliques représentent un % d'inhibition de 67,4 à 75,8 % et une IC<sub>50</sub> de 0,27-0,30 mM, ces résultats indiquent une forte activité antioxydante des pelures de carottes, variant selon la variété utilisée. Par contre, l'étude menée par **Shyamala et Jamuna (2010)**, sur les résidus de pulpe de carotte (sous – produit de la carotte ), l'extrait méthanolique présente un % d'inhibition de 40,8% à 20 mg/ml d'extrait, et une valeur de l'IC<sub>50</sub> estimée à 22,17mg/ml d'extrait, ce qui représente une faible activité par rapport aux pelures.

Les différences entre les résultats de notre étude et ceux rapporté par la littérature sont probablement liés à l'utilisation de différentes méthode et le solvant d'extraction, et de la variété étudiée mais aussi la quantité (la concentration) de l'extrait utilisé pour la mesure de l'activité antioxydante et notamment l'expression des résultats et la nature des sous-produits (**Zhang et Hamazu, 2004**).



## II.4.2. Pouvoir réducteur des pelures

Le pouvoir réducteur est lié à la capacité de l'extrait de pelures à transférer les électrons induisant ainsi la réduction de  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ , ce qui est considéré comme un indicateur potentiel de l'activité antioxydante (**Sweetie et al., 2005**). Le pouvoir réducteur des pelures est exprimé en EC50 qui donne la concentration en extrait qui correspond à l'absorbance 0,5 est obtenue graphiquement (**Annexe 2**). Les valeurs d'EC50 des différents extraits sont représentées dans le tableau IX.

**Tableau IX** : EC50 des différentes pelures de légumes.

Extrait	EC 50 mg/ml
Pelures de pomme de terre	2,52 <sup>a</sup> ± 0,31
Pelures de betteraves	2,48 <sup>a</sup> ± 0,38
Pelures de carottes	2,48 <sup>a</sup> ± 0,38

L'étude statistique révèle qu'il n'y a pas de différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les EC50 des différents extraits.

L'EC50 trouvé dans cette présente étude est de  $2,52 \pm 0,31$  mg/ml. **Sweetie et al. (2005)**, ont trouvé un pouvoir réducteur de 0,7 pour une concentration de l'extrait de pelures de pomme de terre à 4mg/ml, à la même concentration, les PT de notre étude ont un pouvoir réducteur de 0,607. Par contre, **Bebbar et al. (2012)** ont rapporté une valeur de 0,2 à une concentration de 10mg/ml, à la même concentration les PT de notre étude ont un pouvoir réducteur de 1,457.

Les pelures de betterave et celles de la carotte enregistrent des valeurs d'EC50 de  $2,48 \pm 0,38$  et  $2,48 \pm 0,38$ , respectivement. **Shyamala et Jamuna (2005)**, ont rapporté dans leur étude sur l'extrait méthanolique des résidus de pulpe de betterave et de carotte un pouvoir réducteur d'environ 0,11 et 0,2 respectivement pour une concentration de 8mg/ml.

Selon **Siddhurju et al. (2002)**, le pouvoir réducteur augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait. Cependant, un pouvoir réducteur élevé à des concentrations faibles de l'extrait témoigne d'une puissante activité antioxydante.

Une comparaison entre les résultats obtenus dans cette présente étude et ceux rapportés par la littérature, s'avère délicate, cela est dû à l'expression des résultats, la nature des sous-produits.

## II. Caractérisation de l'huile d'olive

### II.1. Détermination des indices de qualité de l'huile d'olive

Les indices de qualité de l'huile d'olive sont présentés dans le tableau X.

**Tableau X** : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive étudiée

Paramètre	Teneur
Acidité (%)	0,34
Indice de peroxyde (meq O <sub>2</sub> /Kg)	6,167
Absorbance dans l'UV	
K <sub>232</sub>	1,992
K <sub>270</sub>	0,165

L'acidité libre est un facteur qui renseigne sur l'altération de l'huile d'olive par hydrolyse des chaînes d'acide gras des triglycérides (**Ben Tekaya et Hassouna, 2005**). L'acidité de l'huile d'olive étudiée est conforme à la norme ( $\leq 0,8\%$  d'acide oléique), elle correspond à la catégorie « extra vierge » (**C.O.I, 2015**).

L'indice de peroxyde renseigne sur le degré d'oxydation de l'huile d'olive, notre huile est inférieure à 20 meq O<sub>2</sub>/Kg, norme du **C.O.I (2005)**. La faible valeur de cet indice pourrait être liée à l'action des antioxydants qui lui confèrent une stabilité oxydative.

En ce qui concerne les coefficients d'extinction dans l'UV à 232 nm et à 270 nm, l'huile analysée, enregistre des absorbances de 1,992 et 0,165 respectivement, qui s'inscrivent parfaitement dans les limites fixées par le **C.O.I (2015)**, pour une huile d'olive extra vierge ( $K_{232} \leq 2,5$ ;  $K_{270} \leq 0,20$ ), cela témoigne que notre huile contient peu de produits d'oxydation.

D'après ces critères de qualité, on constate que notre huile est de bonne qualité, cela est en relation avec les bonnes conditions de récolte des olives (récoltée à la main contrairement à la récolte qui se fait par gaulage provoquant des blessures des fruits), de transport (**El Antari et al., 2000**), et de transformation rapide avec peu (3 jours) ou sans temps de stockage durant lequel les olives sont susceptibles d'être attaquées par les moisissures (**Tamendjari et al., 2004**).

## II.2. Antioxydants de l'huile

Les teneurs en antioxydants de l'huile d'olive sont rapportées en milligramme par kilogramme d'échantillon (mg/Kg), en se référant à des courbes d'étalonnage réalisées dans les mêmes conditions (**annexe 2**).

**Tableau XI:** Teneurs en antioxydants de l'huile d'olive étudiée

Paramètres	Teneurs
Polyphénols totaux (mg E.A.G/Kg)	230,39 ± 0.41
Flavonoïdes (mg E.Q/Kg)	6,68 ± 0.08
Ortho-diphénols (mg E.A.C/Kg)	35,92 ± 0.36
Caroténoïdes (mg/Kg)	1,42 ± 0.09
Chlorophylles (mg/Kg)	1,68 ± 0.37

### II.2.1. Dosage des polyphénols totaux et ortho-diphénols

Les résultats du dosage colorimétrique des polyphénols totaux de l'huile étudiée, exprimés en mg E.A.G /Kg d'huile sont de l'ordre de 230,39 mg EAG/Kg. Malgré que cette teneur est appréciable, elle reste, moyennement située dans l'intervalle des teneurs en polyphénols des huiles d'olive vierges (50-1000 mg/Kg) établie par **Aguilera et al. (2005)**.

**Merouane et al. (2014)**, ont mené des travaux sur l'activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle et ont révélé une teneur en polyphénols qui est de  $167,29 \pm 2,71$  mg E.A.G/Kg d'huile pour la variété *Chemlal* Algérienne, inférieure à celle trouvée par la présente étude. Cependant, **Tamendjari et al. (2004)** ont trouvés une teneur de  $438,20 \pm 6,87$  ppm (438.20 mg E.A.G/Kg) pour la même variété extraite par la méthode de centrifugation.

Le dosage des ortho-diphénols exprimé en mg E.A.C/kg a enregistré une valeur de  $35,92 \pm 0,36$  mg E.A.C/kg qui est proche de la teneur (40,88 mg E.A.C/kg) enregistrée pour une variété espagnole étudiée par **Allalout et al. (2008)**. Par contre, les valeurs rapportées par **Zarrouk et al. (2007)** dans son étude sur plusieurs variétés Tunisiennes, sont largement supérieures (188,12 à 213,24 mg E.A.C/kg).

Les différences entre les teneurs dépend de plusieurs facteurs, à savoir la variété, le climat, la région, le degré de maturation des olives (la teneur baisse avec la sur-maturation des olives), en plus du système et processus d'extraction (l'ajout de l'eau pour la dilution de la pâte d'olive entraîne une perte de polyphénols vu qu'ils sont plus soluble dans la phase aqueuse que dans la phase huileuse, température d'extraction appliquée...) (Aguilera *et al.*, 2005).

### II.2.2. Dosage des flavonoïdes

Selon Cortesi et Rovellini (2004), les deux principaux flavonoïdes présents dans un extrait hydroalcoolique d'huile d'olive vierge sont la lutéoline (Lut.) et l'apigénine (Apig) présentant des teneurs qui varient entre 1.6 et 2.5 mg/Kg, inférieures à la teneur en flavonoïdes de notre huile d'olive qui est de  $6.68 \pm 0.08$  mg E.A.G/Kg.

Les variations des teneurs en flavonoïdes sont dues au système d'extraction utilisé et aux différentes étapes suivies lors du processus d'extraction telles que : le broyage, la température appliqué et le volume totale d'eau utilisé (Boskou, 1996).

### II.2.3. Dosage des pigments

Les teneurs en caroténoïdes et chlorophylle de l'huile d'olive étudiée sont  $1,42 \pm 0,09$  mg/kg et  $1,68 \pm 0,37$  mg/kg, respectivement.

La teneur de l'huile d'olive en pigments est un critère très important dans l'évaluation de la qualité de l'huile et contribuant à la couleur de cette dernière (Minguez-Mosquer *et al.*, 1991). De plus, les chlorophylles exercent une activité antioxydante à l'abri de la lumière, tandis qu'en présence de la lumière présentent une activité prooxydante (Gutiérrez *et al.*, 2002). Selon l'étude réalisée par Baccouri *et al.* (2007), sur l'analyse des composés volatiles de différentes huiles d'olives issues de différents cultivars, la quantité des caroténoïdes varie entre 1,51 et 4,19 mg/kg et celle des chlorophylles entre 1,9 à 4,9 mg/kg.

Les différences observées entre notre étude et les données rapportées par la littérature pourraient être liées à la variété de l'olive utilisée, au degré de maturité des olives l'état sanitaire du sol, et les conditions de conservation de l'huile d'olive (Ollivier *et al.*, 2004).

## II.3. Activité antioxydante de l'huile d'olive

L'activité antioxydante de l'huile d'olive est évaluée en utilisant 2 essais : le test DPPH et le pouvoir réducteur. Les résultats de ces deux tests sont exprimés dans le tableau suivant :

**Tableau XII** : Activité antioxydante de l'extrait méthanolique de l'huile

Activité antioxydante	Valeurs
DPPH (% d'inhibition)	31,82 ± 0,23
Pouvoir réducteur à 700 nm	0,163

### II.3.1. Activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique sur le radical

#### DPPH

Le résultat du pouvoir antiradicalaire de l'extrait méthanolique, exprimé en pourcentage d'inhibition indique que l'huile analysée possède la capacité de piéger le radical DPPH à 31,82% qui est inférieure aux valeurs  $58,71 \pm 0,29\%$  et  $85,29 \pm 0,14\%$ , trouvées par **Bouarroudj et al. (2015)**, dans leur étude portée sur la composition et l'activité antioxydante des huiles d'olive issues de différentes variétés algériennes. Par contre, il est similaire au résultat de **Laincer et al. (2014)**, qui est de l'ordre de  $36,57 \pm 1,71\%$  pour la variété Chemlal de Tazmelt.

L'activité antiradicalaire sur le radical DPPH est probablement liée à la composition et le profil des composés phénoliques, particulièrement les O-diphénols. Les composants mineurs présents dans l'huile comme les flavonoïdes peuvent également contrôler l'activité antioxydante, par don d'hydrogène permettant de neutraliser le radical DPPH (**Laincer et al., 2014**).

### II.3.2. Pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique de l'huile

Le pouvoir réducteur est un test qui permet de mettre en évidence le pouvoir donneur d'électrons en présence d'extrait antioxydants dont le Fer ferrique ( $\text{Fe}^{+3}$ ) est réduit en Fer ferreux ( $\text{Fe}^{+2}$ ). L'huile étudiée présente un pouvoir réducteur qui donne une absorbance de  $0,163 \pm 0,008$  à 700nm.

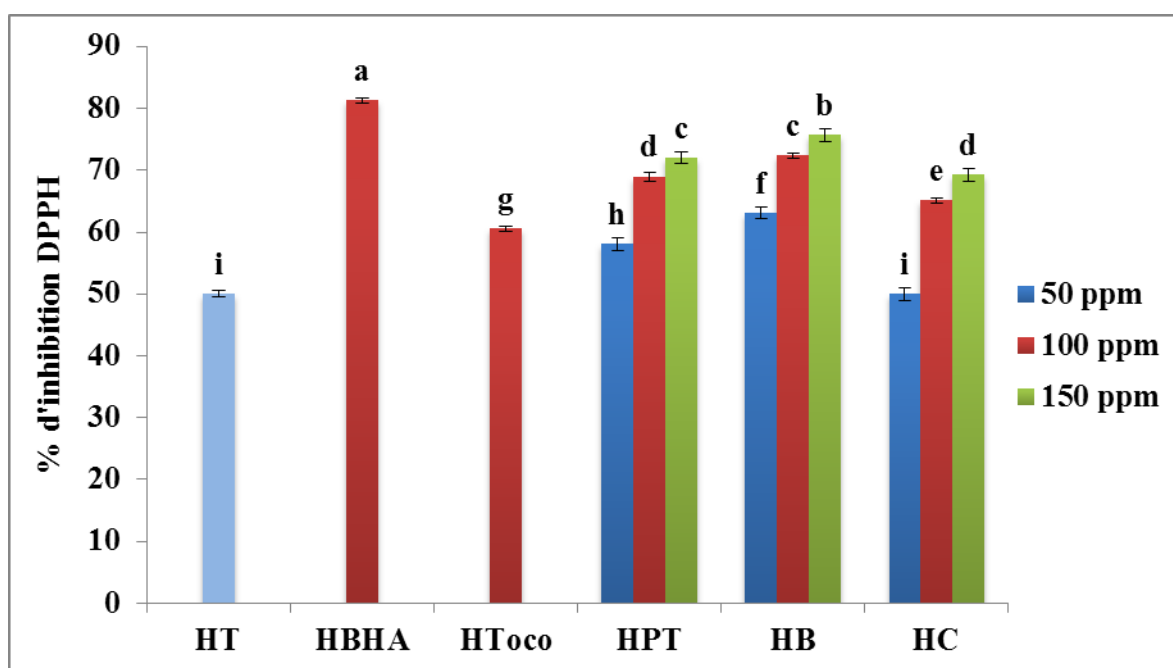
Ce pouvoir réducteur est probablement dû à la présence du groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneurs d'électrons (**Bougandoura et Bendimerad, 2012**). Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir

réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (Jeong *et al.*, 2004).

### III. Enrichissement de l'huile d'olive

#### III.1. Activité antiadicalaire de l'huile enrichie sur le radical DPPH

Les résultats de l'activité antiradicalaire de l'huile témoin et des huiles enrichies par les différents extraits et standards à différentes concentration sont exprimés en pourcentage d'inhibition du DPPH, présentés dans la figure 5 suivante :



**Figure 4:** Activité antiradicalaire de l'huile témoin et les huiles enrichies avec les différents extraits phénoliques sur le DPPH comparés au standards.

Les mêmes lettres indiquent que la différence n'est pas significative ( $p < 0,05$ ) ;

Les barres verticales représentent les écarts types ;

L'étude statistique révèle des différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les huiles enrichies avec les différents extraits à différentes concentrations (HE) et l'huile témoin (HT). Cependant, aucune différence significative ( $P < 0,05$ ) n'est observée entre L'HT et l'huile enrichie avec 50 ppm d'extrait de carotte (HC50), entre l'huile enrichie avec 100ppm d'extrait de pelures betterave (HB100) et celle enrichie avec 150 ppm d'extrait de pomme de terre (HPT150), entre celle enrichie avec l'extrait de pelures de carotte à 150 ppm (HC150) et celle enrichie avec 100 ppm d'extrait de pomme de terre (HPT100).

Nos résultats montrent que les huiles enrichies possèdent une activité antiradicalaire (% d'inhibition DPPH) plus importante que l'huile témoin, sauf pour l'échantillon HC50 qui présente approximativement la même activité que le témoin.

L'huile enrichie avec l'extrait de pelures de betterave à 150 ppm (HB150) manifeste l'activité antiradicalaire la plus élevée (75,51%) parmi toutes les HE, suivie de HB100, 150 ppm d'extrait de pelures de pomme de terre (HPT150), 100 ppm d'extrait de pelures de carotte (HC100) et 50 ppm d'extrait de pelures de betterave (HB50) avec des % d'inhibition de 72,32%, 72%, 69,28%, 68,93%, 65,12%, 63,09 respectivement. Les activités antiradicalaires de ces HE sont supérieures à l'activité de l'huile enrichie avec le standard  $\alpha$ -tocophérol à 100 ppm (HToco) (60%), ces valeurs du pourcentage d'inhibition sont attribuées à l'activité antioxydante que présentent les extraits avec lesquels on a enrichis l'huile, qui est liée à leur richesse en composés phénolique notamment les flavonoïdes, ces derniers ont la capacité de réduire les radicaux libres dont le DPPH (**Dangles, 2006**). L'oleuropeine et les autres composés de l'huile d'olive exercent une activité antioxydante, de plus, la composition en acides gras et en caroténoïdes participent à environ 27% et 6% respectivement dans l'activité antioxydante (**Appartio et al., 1999**). Par contre, elles sont inférieures à celle enrichie avec le standard BHA à 100 ppm (HBHA) qui donne la meilleure activité (81,28%) dans notre étude l'activité antiradicalaire de l'HBHA pourrait être expliqué par rapport à la pureté de ce standard comparé à nos extraits qui sont des extraits brutes non purifiés.

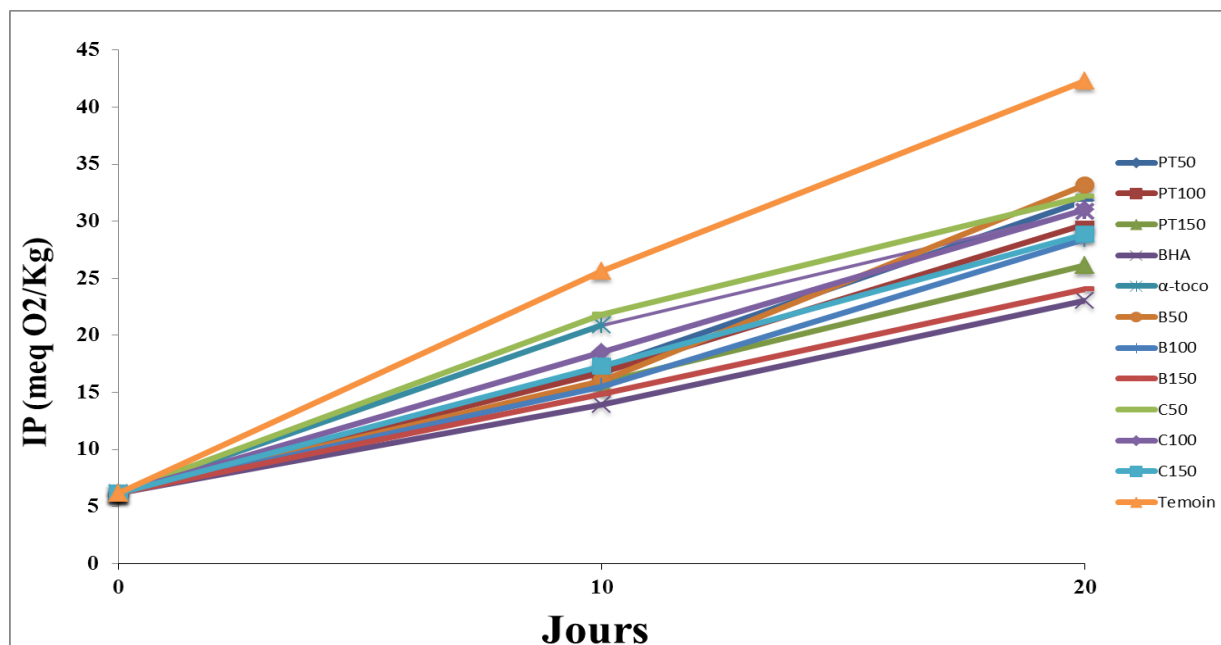
Pour l'HPT50, elle présente une activité antiradicalaire supérieure à celle de l'HT également à l'HC50 mais inférieure à l'huile enrichie avec 100 ppm de l' $\alpha$ -tocophérol.

Les huiles qui possèdent la plus faible activité dans notre étude sont : l'HT et l'HC50, leur activité est inférieure à l'HToco, cela pourrait être due à la faible activité antioxydante ou la concentration avec laquelle on a enrichie notre huile qui possède une activité antioxydante considérable. L'activité antiradicalaire sur le DPPH des différents échantillons d'huiles varie comme suite :

HBHA > HB150 > HB100  $\approx$  HPT150 > HC150  $\approx$  HPT100 > HC100 > HB50 > HToco > HPT50 > HC50  $\approx$  HT

## III.2. Test de stabilité : stockage à l'étuve

### III.2.1. Indice de peroxyde



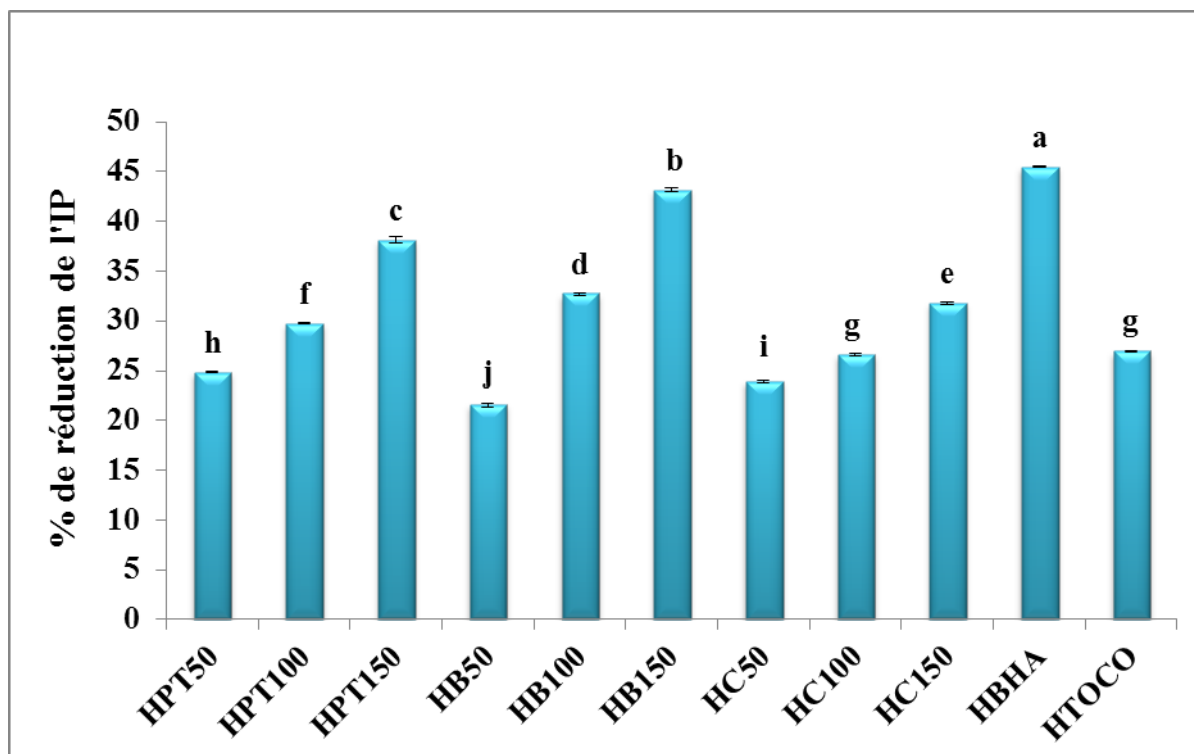
**Figure 5:** Evolution de l'indice de peroxyde de l'huile témoin et des huiles enrichies avec les extraits de pelures comparés aux standards au cours du stockage à 65 °C.

La valeur initiale de l'IP de l'huile témoin (HT) et des huiles enrichies (HE) est de 6,16 meq O<sub>2</sub>/Kg). Après 10 jours de stockage, L'IP des huiles évolue de la même manière sauf pour l'HT qui augmente rapidement et atteint 25,61 meq O<sub>2</sub>/kg, l'huile la plus performante est l'HB150, elle donne la valeur la plus faible de l'IP estimée à 14,88 meq O<sub>2</sub>/kg qui est légèrement supérieure à celle de HBHA (13 meq O<sub>2</sub>/kg). Après 20 jours de stockage, on constate une élévation importante de l'IP de l'HT qui passe de 25,61 à 42,28 meq O<sub>2</sub>/kg également pour HB50 qui passe de 16 à 33,16 meq O<sub>2</sub>/kg, ceci signale une auto-oxydation de l'huile favorisée par le stockage en présence d'O<sub>2</sub> et à une température élevée (65°C). Toutes les HE enregistrent des valeurs d'IP inférieures à celle de l'HT, la valeur la plus faible parmi les HE avec les extraits de pelures est toujours attribuée à l'HB150 (24,04 meq O<sub>2</sub>/kg). En effet, plus l'IP est faible, meilleure est la stabilité oxydative de l'huile au cours du stockage. A cet égard, la stabilité des HE dans cette étude est due à la capacité de nos extraits à piéger l'O<sub>2</sub> actif par la réduction des composés I<sup>airs</sup> au cours de l'oxydation.



- Pourcentage de réduction de l'IP

L'étude statistique révèle une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les huiles enrichies avec les différents extraits et les standards à différentes concentrations (figure 7). Néanmoins, aucune différence significative ( $P < 0,05$ ) n'est observée entre l'HC100 et l'H $\alpha$ -toco.



**Figure 6:** Pourcentage de réduction de l'IP des huiles enrichies avec les extraits de pelures comparés aux standards au cours du stockage à 65°C pendant 20 jours.

D'après les résultats présentés dans l'histogramme, l'HB150 enregistre le % de réduction de l'IP ( $43,28 \pm 0,19$  %) le plus élevé parmi les huiles enrichies par les extraits de pelures, qui est supérieur à celui de HToco mais reste inférieur à celui de l'HBHA.

Le % de réduction de l'IP des différentes HE varie selon l'ordre suivant :

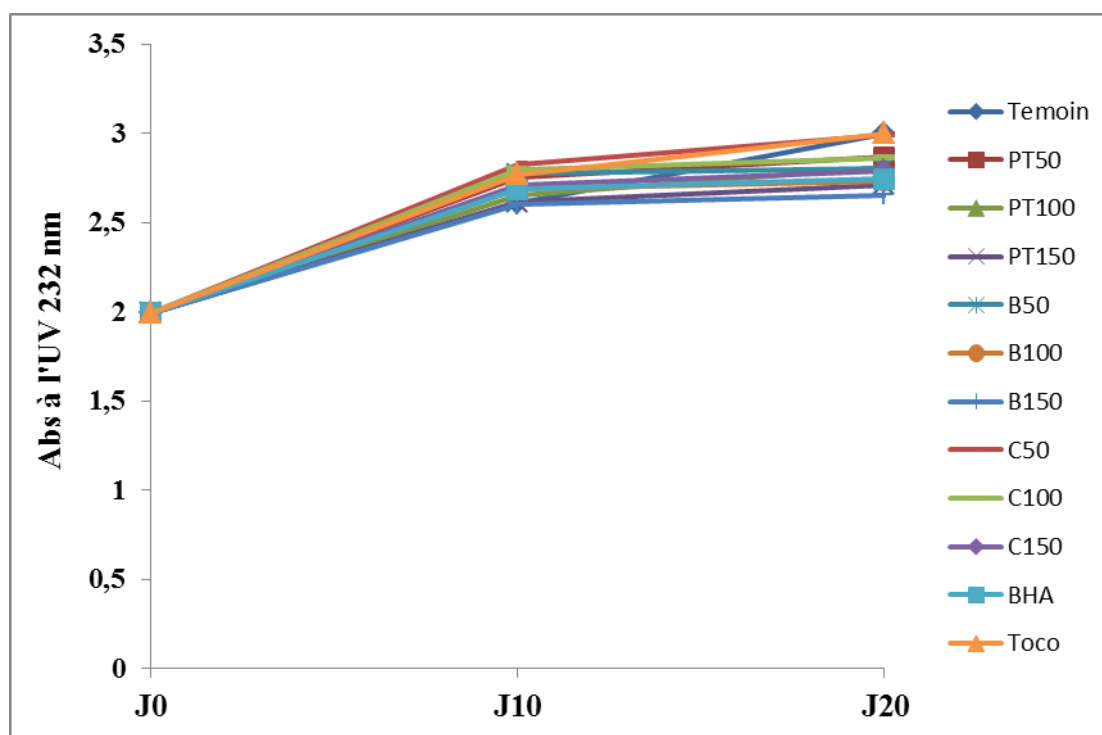
HBHA > HB150 > HPT150 > HB100 > HC150 > HPT100 > HC100  $\approx$  HToco > HPT50 > HC50 > HB50

A la lumière des résultats du % de réduction de l'IP, les extraits par lesquelles on a enrichi notre huile, ont un impact important vis-à-vis de son oxydation qui pourrait être expliqué par l'activité antioxydante des extraits et leur concentration dans l'HE.

## II.2.2. Extinction spécifique à 232 nm et 270 nm

L'extinction spécifique de l'huile dans l'ultraviolet ( $K_{232}$  et  $K_{270}$ ) constitue un paramètre important de sa qualité, car elle renseigne sur le degré d'oxydation de celle-ci. L'oxydation de l'huile d'olive conduit à la formation d'hydroperoxydes linoléique qui absorbent à une longueur d'onde au voisinage de 232nm. Si l'oxydation se poursuit, il se forme des produits secondaires d'oxydation ; en particulier des dicétones et des cétones insaturés qui absorbent à 270nm (Malheiro *et al.*, 2012).

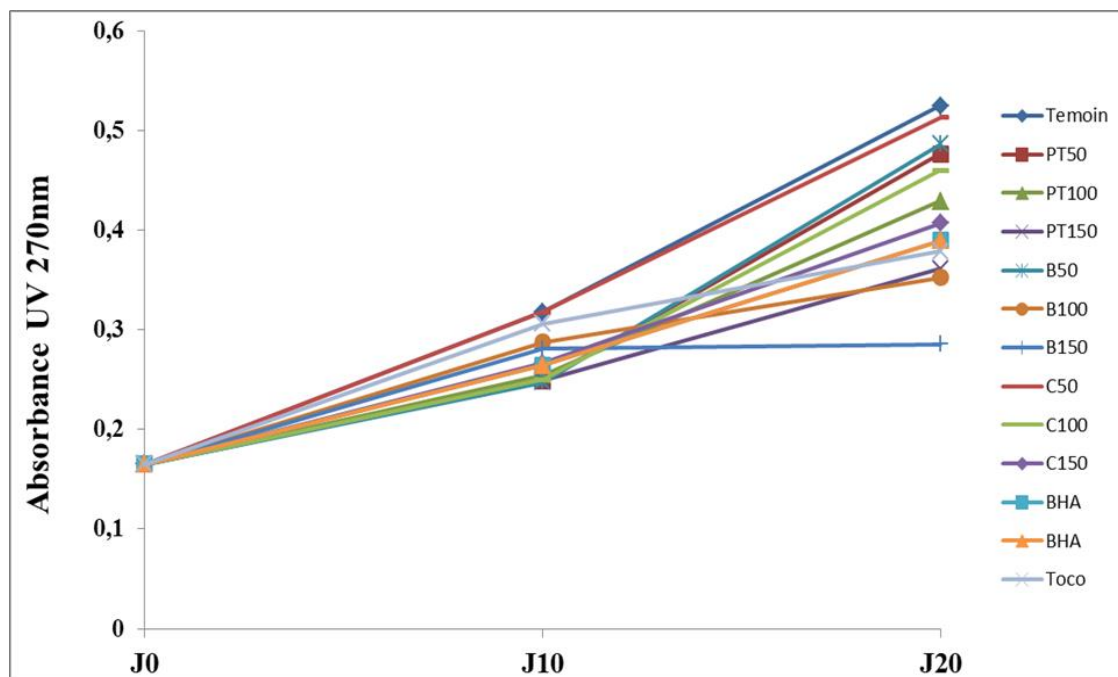
### • Extinction spécifique à 232 nm



**Figure 7:** Evolution des coefficients d'extinction spécifique à 232 nm pour l'HT et les HE comparés aux standards pendant le stockage à 65°C.

D'après la figure 7, les coefficients d'extinctions (CE) de toutes les HE évoluent de la même cadence que l'HT jusqu'au dixième jour. Après 20 jours de stockage, on constate qu'il y a une stabilité des absorbances cela indique qu'il y a eu une oxydation rapide de tous les échantillons d'huile presque totale et formation d'hydroperoxydes avant le J<sub>20</sub>. Donc la première étape de l'oxydation atteint son terme. Ceci pourrait être lié à la période de stockage.

- Extinction spécifique à 270 nm



**Figure 8:** Evolution des coefficients d'extinction spécifiques à 270nm de l'HT et les HE comparés aux standards à 65°C.

On observe une augmentation du coefficient d'extinction durant la période de stockage à 60°C pour toutes les huiles étudiées qui pourrait être due à la transformation rapide des hydroperoxydes de la première étape d'oxydation en produits secondaires d'oxydation dépendant de la nature de l'extrait des pelures ajoutés mais aussi de la concentration. L'HT, l'HC50 et l'H $\alpha$ -toco enregistrent les valeurs les plus élevées du CE pendant toute la période de stockage (0,52, 0,51 et 0,50, respectivement). Après 20 jours de stockage, l'extrait de pelures de la betterave a révélé un effet contre l'oxydation à la concentration 150ppm, beaucoup plus important que les autres extraits aussi par rapport au BHA. Les résultats de l'extinction spécifique des huiles enrichies par les composés phénoliques de ces coproduits montrent que ces extraits augmentent la stabilité des huiles vis-à-vis de l'oxydation et réduisent la formation des produits secondaires de l'oxydation par rapport à l'huile témoin. Nos résultats sont comparables aux résultats trouvés par (Gharby *et al.*, 2011).

- **Pourcentages de réduction des coefficients d'extinction spécifiques à 270nm**

**Tableaux XIII :** Pourcentages de réduction des coefficients d'extinction spécifiques à 270 nm des huiles enrichies comparées aux standards.

Echantillon	B50	B100	B150	PT50	PT100	PT150	C50	C100	C150	BHA	TOCO
% de réduction	7,42	32,85	45,61	9,23	18,28	31,23	2,28	12,38	22,47	25,80	27,90

D'après les résultats présentés dans le tableau XIII, l'HB150 enregistre le % de réduction de CE le plus élevé (45,61%) parmi les huiles enrichies par les extraits de pelures, qui est supérieur à celui de l' HBHA et l'HToco.

Le % de réduction de l'extinction spécifique des différentes HE varie selon l'ordre suivant :

HB150>HB100>HPT150>HToco>HBHA>HC150>PT100>C100>HPT50> HB50>HC50.

Ces résultats témoignent que l'HB150 retarde la décomposition des hydroperoxydes formés dans la première étape de l'oxydation en produits secondaires.

# *Conclusion*

### Conclusion

Ce présent travail a été mené en vue de valoriser les pelures de la pomme de terre, de la carotte et de la betterave ainsi que l'étude de l'effet de leur extrait phénolique sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge et de comparer celle-ci au BHA et de l' $\alpha$ -tocophérol, employés comme standards.

Les résultats du dosage des composés phénoliques totaux ont révélé que les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux et flavonoïdes sont obtenues par l'extrait de pelures de la betterave (326.94 mg E.A.G/100g et 11,05 mg E.Q/100g de M.S, respectivement). Par contre, la concentration la plus élevée en caroténoïdes est attribuée à l'extrait de pelure de la carotte (38,04 mg E. $\beta$ - carotène/100 g).

Pour l'activité antioxydante, l'extrait de pelures de la betterave montre un pouvoir antiradicalaire plus élevé parmi les extraits étudiés avec un  $IC_{50}=3.24 \pm 0.15$  mg/ml, la bonne corrélation ( $r=0.90$ ) est notée entre cette activité et les teneurs en flavonoïdes. Par contre, aucune corrélation significative n'est observée entre cette activité antiradicalaire sur le DPPH et la teneur en polyphénols totaux, cela témoigne que cette capacité de nos extraits à piéger le DPPH est due essentiellement à l'action des flavonoïdes. Tandis que, pour le pouvoir réducteur aucune différence significative n'est enregistrée entre les  $EC_{50}$  des trois extraits de pelures traités.

Les analyses physicochimiques réalisées sur l'huile d'olive de la variété Sigoise sont conformes aux normes fixées par le C.O.I, 2015, relatives à la catégorie des huiles d'olives vierge extra.

Le dosage des antioxydants dans l'huile d'olive a permis d'enregistrer des teneurs en polyphénols, flavonoïdes, caroténoïdes et chlorophylles :  $230,39 \pm 0,41$  mg E.A.G/Kg,  $6,68 \pm 0,08$  mg E.Q/Kg,  $1,42 \pm 0,09$  mg/Kg et  $1,68 \pm 0,37$  mg/Kg, respectivement.

Dans cette présente étude, l'enrichissement est réalisé en incorporant les différents extraits phénoliques dans l'huile à des concentrations différentes (50, 100 et 150 ppm). L'étude statistique a révélé des différences significatives ( $P<0,005$ ) entre la plupart des huiles enrichies à différentes concentrations et l'huile témoin. Les résultats trouvés permettent de déduire que les huiles enrichies possèdent une activité antiradicalaire plus importante que

l'huile témoin et  $\alpha$ -tocophérole, cette activité revient à celle exécrée donc par les extraits phénoliques.

L'huile enrichies avec la Betterave à 150 ppm enregistre le % d'inhibition le plus élevé (75,51%), alors que, l'huile enrichie avec la carotte a 50 ppm révèle un % d'inhibition le plus faible (50%), à cet effet, on constate que le choix des concentrations à incorporer joue un rôle important sur l'activité antioxydante de l'huile.

La stabilité oxydative est évaluée par la méthode de Shall, impliquant un stockage pendant 20 jours à l'étuve à une température de 65°C.

L'extrait qui réduit le plus l'indice de peroxyde est celui de la Betterave à 150 ppm ( $43,28 \pm 0,19\%$ ). En ce qui concerne les absorbances dans l'UV (232 nm et 270 nm), les valeurs du coefficient d'extinction spécifique se rapprochent a 232nm après 20 jours de stockage, par contre à 270 nm l'HB150, l'HB100 et l'HPT150 enregistrent des % de réductions (45,61%, 32,85%, 31,23%, respectivement) supérieurs aux standards : BHA et Toco (25,80 et 27,90, respectivement).

Pour compléter notre étude il serait intéressant d'envisager d'autres aspects à savoir :

- Quantifier et identifier les Composés phénoliques par des méthodes précises: HPLC GCMS ;
- Purifier les extraits ;
- Augmenter les concentrations d'enrichissement ;
- Etudier le profile en acides gras ;
- Augmenter la période de stockage pour le test de stabilité oxydative ;
- Effectuer le test du rancimat ;
- Utiliser une autre méthode d'enrichissement comme la méthode d'enrichissement assisté par ultrasons ;
- étudier l'activité antimicrobienne des huiles enrichies ;
- procéder à l'analyse sensorielle, qui est un élément fondamental dans l'évaluation de la qualité des huiles enrichies ;
- Etaler l'étude sur d'autres sous-produits (résidus de la pulpe, pépin...)

*Références  
bibliographiques*



# Références bibliographiques

## A

**Anonyme1** :[http:// www. Les fruits et legumesfrais.com](http://www.Lesfruitsetlegumesfrais.com) .consulté le 01/05/2018

**Anonyme2** :[http://www.aprifel.com/fiche-nutri-produit-composition-betterave-rouge\\_98.html](http://www.aprifel.com/fiche-nutri-produit-composition-betterave-rouge_98.html). Consulté le 30/04/2018.

**Anonyme 3**:<http://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-21674-synthese>. consulté le 16/06/2018.

**Anonyme4** :<http://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-9513-synthese> . Consulté le 16/06/2018

**Abaza L., Msalem M., Daoud D. et Zarrouk M. 2002.** Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisienne. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 9(2): 9-174.

**Achat S., Tomao V., Madani K., Chibane M., Elmaataoui M., Dangles O. et Chemat F. 2012.** Direct enrichment of olive oil in oleuropein by ultrasound-assisted maceration at laboratory and pilot plant scale. *Ultrasonic sonochemistry*, 19: 777-786.

**Aguilera M.P., Beltran G., Ortega D., Fernandez A., Jimenez A. et Uceda M. 2005.** Caractérisation of virgin olive oil of Italian olive cultivars :Frantoio and Leccino, grown in Andalusia. *Food Chemistry*, 89: 387-391.

**Akyol Ç., Hami A., Alev B. 2006.** Inactivation of peroxidase and lipoxygenase in carrots, green beans, and green peas by combination of high hydrostatic pressure and mild heat treatment. *European Food Research and Technology*, 224, 171-176.

**Alais C., Linden G. et Miclo L. 1999.** Lipides. In : Biochimie alimentaire. Ed Dunod, 51-71.

**Alba-Mendoza J.A. 1999.** Séparation des phases solides et liquides (Analyse des différentes méthodes). Séminaire international sur les innovations scientifiques et leurs applications en oléiculture et oleotechnique, Florence, 10, 11 et 12 mars 1999. Conseil Oléicole International, 1-20.

**Alilat Y. 2017.** Pomme de terre : La spéculation à l'origine de la hausse des prix le quotidien d'Oran. 31 Janvier 2017. N°6748.

**Allalout A., Krichéne D., Metheni K., Taamalli A., oueslati I., Daoud D. et Zarrouk M. 2008.** Characterization of virgin olive oil from Super Intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Scientia Horticulturae* xxx (2008) xxx-xxx.

**Appartito R., Roda L. Albi Ma. Gutiérrez F. 1999.** Effect of Various Compounds on Virgin oil Stability measured by Rancimat. *Journal of Agricultural and Chemistry*, 45:4150-4155.

**Arapoglou D., Varzakas T., Vlyssides A. et Israilides C. 2010.** Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Management*, 30: 1898-1902.

**Azeredo H.M. 2009.** Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal Food Science and Technology*, 44: 2365–2376.

## **B**

**Babbar N., Oberoi H., Sandhu S. et Bhargav H, 2012.** Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10):2568–2575

**Baccouri B., Ben Temime S., Campeol E., Luigi Cioni P., Daoud D. et Zarrouk M. 2006.** Application of solid-phase micro extraction to the analysis of volatile compounds in virgin olive oils from five new cultivars. *Food Chemistry*, 102(2007) : 850-856.

**Benabdallah F.Z. et Bendaoud M. 2016.** Contribution a la production d'éthanol a partir des épiluchures de pomme de terre. Université AboubakrBelkaid-Tlemcen-.

**Bendini A., Bonoli M., Cerroni L., Bigguzi B., Lercker G. et Toschi T.G. 2003.** Liquid-liquid and solide-phase extractions of phenols from virgin olives oil and their separation by chromatographic and electrophoretic methods. *Journal of Chromatography A*, 985:425-433.

**Bendini A., Cerretani L., Carrasco-Pancorbo A., Gomez-Caravaca A.M., Segura Carretero A., Fernandez-Gutiérrez A. et Lercker G. 2007.** Phenolic Molecules in Virgin Olive Oils: a Survey of Their Sensory Properties, Health Effects, Antioxidant Activity and Analytical Methods. An Overview of the Last Decade, *Molecules*, 12: 1679-1719.

**Benlemlih M. et Ghanam J. 2016.** 2eme édition Polyphénols aux actions antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, anti-vieillessement et protectrices cardio-vasculaires.

**Ben Tekaya I. et Hassouna M. 2005.** Etude de la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge extra tunisienne au cours de son stockage . OCL Vol. 12 N° 5-6.

**Benyahia N. et Zein K. 2003.** Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. *Contribution spéciale de Sustainable Business Associates* :1-8

**Bergthaller W., Witt W. et Goldeau H-P. 1999.** Potato starch technology . *Starch/ Stärker*, 51 : 235-242.

**Berra B. 1998.** Les composants mineurs de l'huile d'olive : aspects biochimiques et nutritionnels. *Olivae*, 73 : 29-30.

**Berset c. 2006.** Antioxydants phénoliques, structure, propriétés et sources végétales , 265-290 in Sarni-Manchado P., Cheyner V. 2006. Les polyphénols en agroalimentaire, Lavoisier (Paris), Editions Tec et Doc, 398.

**Bhupinder Singh. et Bahadur Singh Hathan. 2017.** Chemical composition, functional properties and processing of Beetroot —a review. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 263.032004.

**Bouarroudj K., Tamendjari A. et Larbat R. 2015.** Quality, Composition and antioxidant activity of Algerian wild olive (*Olea europaea* L. Sub sp. *Oleaster*) oil Industrial Crops and Products xxx (2016) xxx-xxx.

**Bouaziz M., Fki I., Jemai H., Ayadi M. et Sayadi S. 2008.** Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Food Chemistry*, 108:253-262.

**Boubault D.O.E., Pinatel C., Souillol S., Guérère M. et Artaud J, 2004.** Analyse de la fraction phénolique des huiles d'olive vierges. Annales des falsifications, de l'expertise chimique et toxicologique, 2<sup>ème</sup> Semestre 2004-N°965-pp.169-196.

**Boufares K. 2012.** Comportement de trois variétés de pommes de terre (Sunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Mem. Ing. Agro., Univ. Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, p. 77.

**Bougandoura N. et Bendimerad N. 2013.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja Calamintha ssp. Nepeta* (L). Briq. *Nature et Technologie. B-sciences Agronomiques et Biologiques*, 9 : 14-19.

**Boskou D. 2006.** Olive Oil Chemistry and Technology. II. *American Oil Chemists' Society*. TP683.O45:664'.362--dc22.

**Boskou D. 1996.** Olive oil: chemistry and technology. Champaign. IL (USA): AOCS press

**Brenes M., Garcia A., Garcia P., Rios J.J. et Garrido A. 1999.** Phenolic Compounds in Spanish Olive Oils. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47: 3535-3539.

## C

**C.E.E. 2568/91.** Communauté Economique Européenne. Règlement (CEE) N°2568/91 de la commission du 11 juillet 1991. Relatif aux caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférentes : 27630.

**Chambre agricole de la wilaya de Bejaia 2017.** Statistique de la production de l'huile d'olive de la wilaya de Bejaia.

**Chen CW. et Ho CW. 1995.** Antioxidant properties of polyphenolsextracted from green and black tea. *Journal of Food Lipids* 2:35–46

**Cillard J., Cillard P. 2006.** Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-Oxydations. *Oleagineux, corps gras, lipides* 13 (1), 24-29.

**Chiellini E., Cinelli P., Chiellini F. et Imam SH. 2004.** Environmentally degradable bio-based Polymeric blends and composites. *Macromolecular Bioscience*, 4: 218-231.

**Chimi H. 2006.** Technologies d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. Bulletin mensuel d'information et de liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture, 141: 1-4.

**Chougui N., Djerroud N., Naraoui F., Hadjal S., Khellaf A., Zeroual B. et Larbat R. 2014.** Physicochemical properties and storage stability of margarine containing *Opuntiaficus-indica* peel extract as antioxidant. *Food chemistry*, 173: 382-390.

**Christopoulou E., Lazarki M. et Alexiou F. 1995.** La qualité de l'huile d'olive vierge grecque: critères chimiques et organoleptiques. *Olivae*, 56:54-59.

**Chun O., Kim D., Smith N., Schroeder D., Han J. et Lee C. 2005.** Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of Science. Food Agricultural*, 85: 1715–1724.

**Clodoveo M.L. 2012.** Malaxation: Influence on virgin olive oil quality. Past, present and future – An overview. *Trends in Food Science & Technology*, 25: 13-23.

**Clodoveo M.L. et HachichaHbaieb R. 2013.** Beyond the traditional virgin olive oil extraction systems: Searching innovative and sustainable plant engineering solutions. *Food Research International*, 54: 1926-1933.

**Cortesi N., Rovellini P. et Fedeli E. 2000b.** Cultivars, technologie et qualité des huiles d'olive. *Olivae*, 81 :26-35.

**C.O.I. 1996.** Analyse spectrophotometrique dans l'ultraviolet. Conseil oléicole International/T20/Doc 19 juin 1996. Madrid. Espagne.

**C.O.I. 2015.** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. Madrid. Espagne. Conseil Oléicole International/T.15/NC n°3/rév.8

**Cuvelier M-E et Martel P. 2002.** Additifs antioxygènes IN: Multon J-L. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. 3<sup>ème</sup> édition. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 207-235.

## D

**Dangles O. 2006.** The physico-chemical properties of polyphenols: How do they relate to their roles in plants, foods and human health, *AgroFood Industry HiTech*, 17: 64–67.

**De Stefano G., Piacquadio P., Servili M., Di Giovacchino L. et Sciancalepore V. 1999.** Effect of extraction systems on the phenolic composition of virgin olive oils. *Fett/Lipid*, 101 (9): 328-332.

**Del Caro A., Vacca V., Poiana M., Fenu P. et Piga A. 2006.** Influence of technology, storage and exposure on components of extra virgin olive oil (Bosana cv) from whole and destined fruits. *Food chemistry*, 98: 311-316.

**Deußer H., Guignard C., Hoffmann L. et Evers D. 2012.** Polyphenol and glycoalkaloid contents in potato cultivars grown in Luxembourg. *Food Chemistry*, 135: 2814–2824.

**Direction des Statistiques Agricoles et des systèmes d'information de la wilaya de Bejaia, 2017.**

**Dominique M. 2010.** Les productions légumières. Educagri, France.

**Dorman M., Pelteketo A., Hiltunen R. et Tikkanen, M. 2003.** Characterisation of the antioxidant properties of de-outdourised aqueous extracts from selected Lamiacea herbs. *Food chemistry*, 83 (2), 255-262.

**Downie S.R. et Katz-Downie D.S. 1996.** A Molecular Phylogeny of Apiaceae Subfamily Apioideae: Evidence from Nuclear Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer Sequences. *American Journal of Botany* 83: 234-251.

**Doymaz I., Gorel O. et Akgun A. 2004.** Drying characteristics of the solide by product of olive oil extraction. *Biosystems engineering*, 88: 213-219.

**Dugo G., Lo Turco V., Pollicino D., Movrojeni E. et Pipitone F. 2004.** Caractérisation d'huiles d'olive vierges siciliennes. Variation quantitative des huiles des fruits des cultivars « techniques et de l'époque de récolte des olives» *Olivae*, 101: 44-52.

## E

**El Antari A., El Moudni H., Ajana H et Cert A. 2003.** Etude de la composition lipidique de deux compartiments du fruit d'olive (pulpe et amande) de six variétés d'olivier cultivés au Maroc. *Olivae*, 98 : 20-28.

**ES-Safi N., Kollmann A., Khlifi S. et Ducrot P.H. 2007.** Antioxydative effect of compounds isolated from *Globularia alypum* L. Structure activity relationship. *Food Science and Technologie*, 7(40): 1246-1252.

**Ezekiel R., Singh N., Sharma S. et Kaur A. 2013.** Beneficial phytochemicals in potato. A review. *Food Res. Int*, 50: 487–496.

## **F**

**F.A.O.S.T.A.T. Potatoes Production in the World. Statistics Division, 2013.** Disponible online: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (16 /04/2018).

**F.A.O.S.T.A.T. Production de carotte au niveau mondial : tonnages et surfaces cultivées** Disponible sur : [http://faostat3.fao.org/home/index\\_fr.html?locale=fr#SEARCH\\_DATA](http://faostat3.fao.org/home/index_fr.html?locale=fr#SEARCH_DATA).

**Favati F., Caporale G. et Bertuccioli M. 1994.** Rapid determination of phenol content in extra virgin olive oil. *Grasas Y Aceites*, 45:68-70.

**Fedeli E. 1999.** Qualité (stockage, conservation et conditionnement de l'huile), réglementation et contrôle. Séminaire international sur les innovations scientifiques et leurs applications en oléicultures et oleotechnique. Florence, 10, 11 et 12 mars 1999. Conseil Oléicole International, 1-20.

**Food and Agriculture Organization Statistics (FAOSTAT).** FAO Statistic Division; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2015; Available online: <http://faostat3.fao.org/home/E>.

**Francis F.J. 1999:** Colorants. Eagan Press, St. Paul: 55–66.

**Frankel EN. 1998.** Methode to determine extent of oxidation. *Lipid oxidation*. 79-98.

**Fregapane G. et Salvador M.D. 2013.** Production of superior quality extra virgin olive oil modulating the content and profile of its minor components. *Food Research International*, 54: 1907-1914.

**Freidmen M. 1997.** Chemistry biochemistry and dietary role of potato Polyphenols-a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 1523-1540

**Fuhrer F., Limacher A., Mikle H, Truttmann M., Friedli R., Pasquier M., Pfefferli H., Schneller R. et Gremaud G. 2005.** Graisses comestibles, huiles comestibles et graisses émulsionnées. In : *Manuel suisse des denrées alimentaires*, 27 p.

## **G**

**Gandul-Rojas B. et Minguez-Mosquera M.I. 1996.** Chlorophyll and carotenoid composition in virgin olive oils from various Spanish olive varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72(1): 31-39.

**Georgé S., Brat P., Alter P. et Amiot M. J. 2005.** Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5): 1370-1373.

**Gharby S., Harhar H., El Monfalouti H., Kartah B., Maata N., Guillaume D. et Charrouf Z. 2011.** *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 44: 1-8.

**Gutiérrez F., Villafranca M.J., Castellano J.M. 2002.** Changes in the main components and quality indices of virgin olive oil during oxidation. *J. Am. Oil Chem. Sec.*, 79: 669-676.

**Gordon M.H. 1990.** The mechanism of antioxidant in vitro. In: Hudson B.J.F.(ed) Food antioxidants. *Elsevier Applied Science*, London.

## ***H***

**Haddam M., Chimi H. et Amine A. 2014.** Formulation d'une huile d'olive de bonne qualité. *OCL*, 21(5): 507.

**Halliwel B. 1990.** How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Researchh communication*, 9, 1-32.

**Hashimoto T. et Nagayama T. 2004.** Chemical composition of ready-to eat fresh carrot. *J Food HygSoc Japan* :324-328.

**Hou D.X. 2003.** Potential mechanism of cancer chemoprevention by anthocyanin. *Current Advancements in Molecular Medicines*, 3: 149-159.

## ***I***

**Inglese P. 1994.** L'influence de la variété sur les caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive. *Olivae*, 54 : 42-44.

**Im H.W., Suh B.S., Lee S.U., Kozukue N., Ohnisi-Kameyama M. et Levin C.E 2008.** Analysis of phenolic compounds by high-performance liquid chromatography and liquid chromatography/mass spectrometry in potato plant flowers, leaves, stems, and tubers and in home-processed potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9): 3341–3349.

**Iqbal, S., Bhangar, M. I. 2007.** Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry*, 100, 246–254.

## ***J***

**Jeong S.M., Kim S.Y., Kim D.R., Jo S.C., Nam K.C., Ahn D.U et Lee S.C. 2004.** Effects of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*.52: 3389-3393.

**Johson D., R, Gul C. 1988.** IN: Autoxidation and Antioxidants, John Wiley, New York, 433-448.

## **K**

**Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., Rauha J.P., Pihlaja K., Kujala T.S. et Heinonen M. 1999.** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 3954-3962.

**Karleskind A. 1992.** Généralités. In :Manuel des corps gras.Ed:Lavoisier, Tec.et Doc, paris, p.1-46 .

**Kataja-Tuomola M., Sundell J.R., Männistö S., Virtanen M.J., Kontto J., Albanes D. et Virtamo J. 2008.** Effect of  $\alpha$ -tocopherol and  $\beta$ -carotene supplementation on the incidence of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 51(1) : 47-53.

**Koutsaftakis A. et Stefanoudaki E. 1995.** L'extraction de l'huile par un décanteur à deux phases : résultats obtenus. *Olivae*, 56: 44-47.

**Kroyer G.T. 2003.** Red clover extract as antioxydant active and functional food ingredient innovative. *Food Sciences and Emerging Technologies*, 5:101-105.

**Kujala T., Loponen J. et Pihlaja K. 2001:** Betalains and phenolics in red beetroot (*Beta vulgaris*) peel extracts: extraction and characterisation. *Zeitschriftfür Naturforschung – C*, 56: 343–348.

## **L**

**Laincer F., Laribi R., Tamendjari A., Arrar L., Rovellini P. et Venturini S. 2014.** Olive oils from Algeria: Phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activities. *GRASAS Y ACEITES* 65(1). ISSN-L: 0017-3495.

**Lafka T-I., Sinagolou V. et Lazos E.S. 2007.** On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. *Food chemistry*, 104: 1206-1214.

**Lee J. et Finn C.E. 2007.** Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucuscanadensis*) and European elderberry (*S.nigra*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2665–2675.

**Lesage-Meessen L. Navarro D. Maunier S. Sigoillot J.-C. Lorquin J. Delattre M. Simon J.-L. Asther M. et Labat M. 2001.** Simple phenolic content in olive oil residues as a function of extraction systems, *Food Chemistry*, 75 501–507



**Lewis C., Walker J, Lancaster J. et Sutton K. 1997.** Determination of Anthocyanins, Flavonoids and Phenolic Acids in Coloured Potatoes. I : Cultivars of *Solanum tuberosum*L. *Journal of Science Food Agriculture*.77,45-57

**Lisinska G. et Leszczynski W. 1987.** Potato tubers as raw material for processing and nutrition.ch.2 In potato science and technology, G. Lisinska and W. Leszczynski (Ed.): *Elsevier Applied Science*, London, England, pp: 34-38.

## M

**Mahgoub H., Eisa G., Youssef M. et Molecular. 2015,** biochemical and anatomical analysis of some potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars growing in Egypt.*J. Genet. Eng. Biotechnol*, 13: 39-49.

**Manai-Djebali H., Krichène D., Ouni Y., Gallardo L., Sánchez J., Osorio E. et Zarrouk M. 2012.** Chemical profiles of five minor olive oil varieties grown in central Tunisia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(2): 109-119.

**Monteleone E., Caporale G., Carlucci A. et Pagliarini E. 1998.** Optimisation of Extra Virgin Olive Oil Quality. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 77: 31-37.

**Marc F. 2004.** Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *Médecine / Science*. 20.

**Martysiak-Żurowska D. et Wenta W . 2012.** A comparison of ABTS and DPPH methods for assessing the total antioxidant capacity of human milk. *Technologie Aliment*, 11: 83-39.

**Medkour M. et Gasmi K. 2017:** Memoire pour obtenir le diplôme Master intitulé Investigation autour d'une chaine logistique agrolimentaire cas de la betterave. Université Abou-BekrBelkaid-Tlemcen, 21-22.

**Merouane A., Noui A., Medjahed H., Nedjari K., Benhadj Ali. et Abdelkader Saadi. 2014.** Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 8(4): 1865-1870.

**Minguez-Mosquera I., Rejano J.L., Gandul B., Higinio A. et Garrido J. 1990.** Pigments present in the olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, (3):192-196.

**Minguez-Mosquera I., Rejano J.L., Gandul B., Higinio A. et Garrido J. 1991.** Colorpigment correlation in virgin olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 68: 669-671.

**Minguez-Mosquera M.I., Rijano L., Gandul B., Sanchez A.H. et Garrido J. 1991.** Color-pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of the American oil chemists Society*, 86: 322-337.

**Mohagheghi Samarin A., Poorazarang H., Hematyar N. et Elhamirad A. 2012.** Phenolics in Potato Peels: Extraction and Utilization as Natural Antioxidants. *World Applied Sciences Journal* 18 (2): 191-195.

## N

**Nieves Criado M., Paz Romero M., Casanovas M. et Motilva M. J. 2008.** Pigment profile and Color of monovarietal virgin olive oils from Arbequina cultivar obtained during two consecutive crop seasons. *Food Chemistry*, 110: 873–880.

**Newsletter-Marché oléicole N° 119-Septembre 2017.** Evolution de la campagne huile d'olive 2016/17 et estimation de la campagne huile d'olive et olive de table 2017/18

## O

**Ollivier D., Boubault E., Pinatel C., Souillol S., Guère M. et Artaud J. 2004.** Analyse de la fraction phénolique des huiles d'olive vierges, Annales des falsifications, de l'expertise chimique et toxicologique, 2ème Semestre, 65: 169-196.

**Owen R.W., Haubner R., Wurtele G., Hull W.E., Spiegelhader. et Bartsch H. 2004.** Olives and olive oil in cancer prevention. *European Journal of Cancer Prevention*, 13(4): 319-326.

## P

**Pedreno M.A. et Escribano J. 2001:** Correlation between antiradical activity and stability of betanine from *Beta vulgaris* L roots under different pH, temperature and light conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 627–631.

**Pinelli P, Galardi C, Mulinacci N, Vincieri F.F, Cimato A. et Romani A. 2003.** Minor polar compound and fatty acid analyses in monocultivar virgin olive oils from Tuscany. *Food Chemistry*, 80: 331–336.

**Prior, R. L. (2004).** Absorption and metabolism of anthocyanins: Potential health effects. In M. Meskin, W. R. Bidlack, A. J. Davies, D. S. Lewis, & R. K. Randolph (Eds.), *Phytochemicals: Mechanisms of action* (pp. 1). Boca Raton, FL: CRC Press

**Psomiadou E, Tsimidou M. et Boskou D. 2000.**  $\alpha$ -tocopherol content of Greek virgin olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (5):1770-1775.

## Q

**Quettier-Deleu C, Gressier B, Vasseur J, Dine T, Brunet C, Luyckx M, Cazin M, Cazin, J.C, Bailleul F. et Trotin F. 2000.** Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology*, 2 : 35-42.

## R

**Rahmani M. 2007.** Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides. *Les techniques de laboratoire*, 2 : 18-12.

**Ribéreau –Gayou P. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Edition.Dunod.Paris p1-23.

**Rice-Evans. 1996.** Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol Med* 20:933–956

**Robles-Ramirez M., Monterrubio-Lopez R., Mora-Escobedo R. et Beltàn-Orozco M. 2016.** Evaluation of extracts from potato and tomato wastes as natural antioxidant additives. ALAN vol. 66 no. 1 Caracas.

**Rodriguez de Sotillo, D.; Hadley, M.; Holm, E. T.1994 .** Potato peel waste; stability and antioxidant activity of a freeze-dried extract. *Journal of Food and Science*.59, 1031-1033.

**Rolland Y. 2004.** Antioxydants naturels végétaux. OCL. 11 N°6.

**Ronald Ross Watson et Victor R. 2009.** Bioactive foods in promoting health: fruits and vegetables, 655.

**Rosecler M., Rossetto M., Vianello F., Abdallah da Rocha S. et Lima G. 2009.** Antioxidant substances and pesticide in parts of beet organic and conventional manure. *African Journal of Plant Science* Vol. 3 (11), pp. 245-253.

**Rousselle-Bourgeois F. et Rousselle P. 1992.** Création et sélection de population diploïdes de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L). *Agronomie* 12 (1), 59-67.

## S

**Salta F.N., Mylona A., Chiou A., Boskou G. et Andrikopoulos N.K. 2009.** Oxidative stability of edible vegetable oils enriched in polyphenols with olive leaf extract. *Food Science and Technology International*, 13: 413-421.

**Samaniego-Sanchez C., Troncoso Gonzalez A.M., Garcia-Parrilla M.C., Quesada Granados J.J., L'opez Garcia de la Serrana H. et Lopez Martinez M.C. 2007.** Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenol content. *Analytica Chimica Acta*, 593:103–107

**Sanchez V., Priego-Capote F., Jimenez-Ot C. et Luque de Castro M.D. 2011.** Quality and stability of edible oils enriched with hydrophilic antioxidants from the olive tree: the role of enrichment extracts and lipid composition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*: 59, 11432-11441.

**Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M.M. et Toth-Markus M. 2005.** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38: 1023–1029.

**Schieber A., Stintzing FC. et Carle R. 2001.** By-products of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 12(11): 401-413.

**Schmidt S. et Pokorny J. 2005.** Potential application of oilseeds as sources of antioxidants for food lipids- a review. *Food Science.*, 23: 93-102.

**Servili M., Selvaggini R., Esposito S., Taticchi A., Montedoro G.F. et Morozzi G. 2004.** Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. *Journal of Chromatography*, 1054: 113-127.

**Shahidi F. 2004.** Functional foods: their role in health promotion and disease prevention. *Journal of Food Science*, 69: 146-149.

**Sheila J., Priyadarshini S., Sarah Jane M. et Arumugam P. 2017.** Phytochemical profile and thin layer chromatographic studies of *Daucus carota* peel extracts. *International Journal of Food science and Nutrition*. Vol 2; 2455-4898.

**Siddhuraju P., Mohn PS., Becker K. 2002.** Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia Fistula* L): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. *Food Chemistry* 79:61–69

**Singh R., Singh S., Kumar S. et Arora S. 2006.** Studies on antioxidant potential of methanol extract/fractions of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. *Food Chemistry*, doi: 10.1016/j.foodchem.2006.08.019.

**Singleton V.L., Othofer R. et Lamuela-Raventos R.M. 1999.** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299:152-178.

**Sweetier K., Rameshchander P., Radhakrishna A. et Sharma A. 2005.** Potato Peel Extract -a Natural Antioxidant for Retarding Lipid Peroxidation in Radiation Processed Lamb Meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53:1499–1504.

**Shyamala.BN. et Jamuna P. 2010.** Nutritional Content and Antioxidant Properties of Pulp Waste from *Daucus carota* and *Beta vulgaris*. *Mal J Nutr* 16(3): 397 – 408.

## **T**

**Turkmen N., Sedat Vlioglu Y., Sari F. et Polat G. 2007.** Effect of extraction conditions on measured total polyphenol content and antioxidant and antibacterial activities of black tea.12 (3), 484-496, 2007.

**Tamendjari A., Bellal.M., Laribi R. et Angerosa F. 2004.** Impact de l'attaque de *Bactrocera oleae* et du stockage des olives de la variété Chemlal sur la qualité de l'huile. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*.

**Tuck K.L. et Hayball P.J. 2002.** Major phenolic compounds in olive oil: metabolism and health effects. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13:636-644.

## **U**

**United States Department of Agriculture National Nutrient Database. 2008.**

**U.S. per Capita Utilization of Potatoes, by Category: 1971-2012** (s.a.) National Potato Council:[http://nationalpotatocouncil.org/files/7314/0060/1153/2014\\_Statbook\\_per\\_capita\\_utilization.jpg](http://nationalpotatocouncil.org/files/7314/0060/1153/2014_Statbook_per_capita_utilization.jpg).

## **V**

**Van Tang N., Christopher J. et Scarlett. 2016.** Mass Proportion, Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Carrot Peel as Affected by Various ,No. 2 Nguyen DinhChieu, NhaTrang, KhanhHoa 8458, Vietnam.

**Velasco J. et Dobarganes C. 2002.** Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104: 661-676.

**Vinson J.A., Hao Y., Su X. et Zubik L. 1998.** Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 3630–3634.

**Visioli F. et Galli C. 1994.** Oleuropein protects low density lipoprotein from oxidation. *Life Sciences*, 55(24): 1965-1971.

## W

**Wai Keong L., Hoang Van C. et Quan V. 2018.** Physical Properties, Carotenoids and Antioxidant Capacity of Carrot (*Daucus carota* L.) Peel as Influenced by Different Drying Treatments. *International Journal of Food Engineering*. 20170042.

**Wang M. Et Goldman I.L. 1997.** Transgressive segregation and reciprocal effect for free folic acid content in a red beet (*Beta vulgaris*L.) population. *Euphytica*, 96: 317–321.

## Y

**Yanishlieva N. et Marinova E. M. 2001.** Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 752–767.

## Z

**Zhang D. et Hamauzee Y., 2004.** Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Food Agricultural Environment*, 2: 95 -101.

**Zhang Q., Tan S., McKay A. et Yan G., 2005.** Carrot browning on simulated market shelf and during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 85 (1):16–20.

**Zarrouk W., Haddada F.M., Baccouri B., Oueslati I., Taamalli W., Fernandez X., Lizzani-Cuvelier L., Daoud D. et Zarrouk M. 2007.** Characterization of virgin olive oil from Southern Tunisia. *European Journal of Lipid Science*. Tech,110 :81-88.

# *Annexes*





**Tableau I :** Données physico-chimiques et organoleptiques de la classification des huiles d'olive (COI 2015)

<b>Huile</b> <b>Paramètres</b>	<b>Huile d'olive vierge extra</b>	<b>Huile d'olive vierge</b>	<b>Huile d'olive vierge courante</b>	<b>Huile d'olive vierge lampante</b>	<b>Huile d'olive raffinée</b>	<b>Huile d'olive</b>
<b>Caractéristiques organoleptique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fruité</b></li> <li>• <b>Défaut</b></li> </ul>	Me>0  Me=0	Me>0  0<Me<2.5	Me=0  2.5<Me<6.0	  Me>6.0		
<b>Densité relative (à 20°C)</b>	/	/	0.910-0.916	/	0.910-0.916	/
<b>Acidité libre (% d'acide oléique)</b>	≤0.8	≤2	≤3.3	≤3.3	0.3	≤1
<b>Indice de peroxyde (meq O<sub>2</sub>/Kg)</b>	≤20	≤20	≤20	Non limité	<5	<15
<b>Extinction spécifique (UV)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>K232</b></li> <li>• <b>K270</b></li> </ul>	≤2.5  ≤0.22	≤2.6  ≤0.25	  ≤0.3	/  /	/  ≤1.1	<0.15  0.9

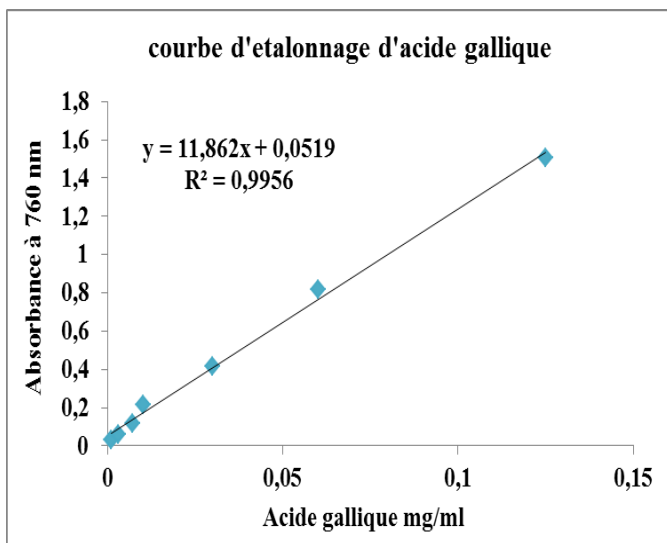
**Tableau III** : Triglycérides majoritaires de l'huile d'olive (Abaza *et al.*, 2002).

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

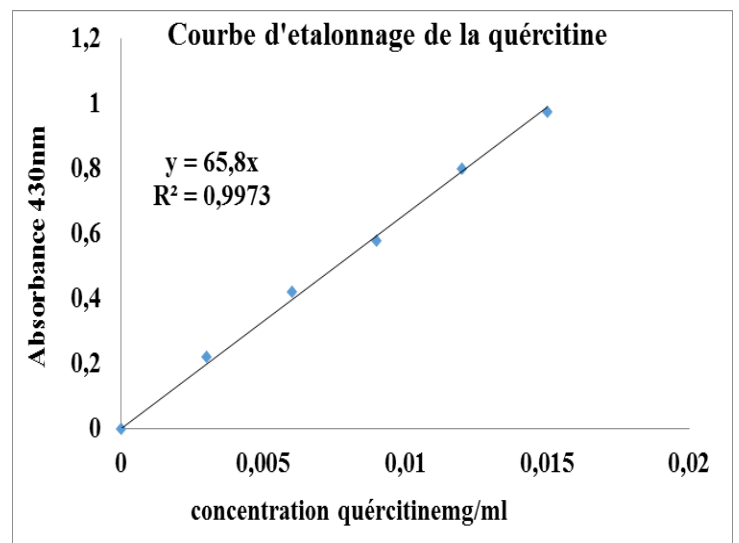
**O** : Acide oléique, **P** : Acide palmitique, **L** : Acide linoléique, **S** : Acide stéarique

**Tableau II** : Antioxydants naturels et principales sources alimentaires (visioli *et Galli*, 2001 ;Kaliora *et al.*, 2006)

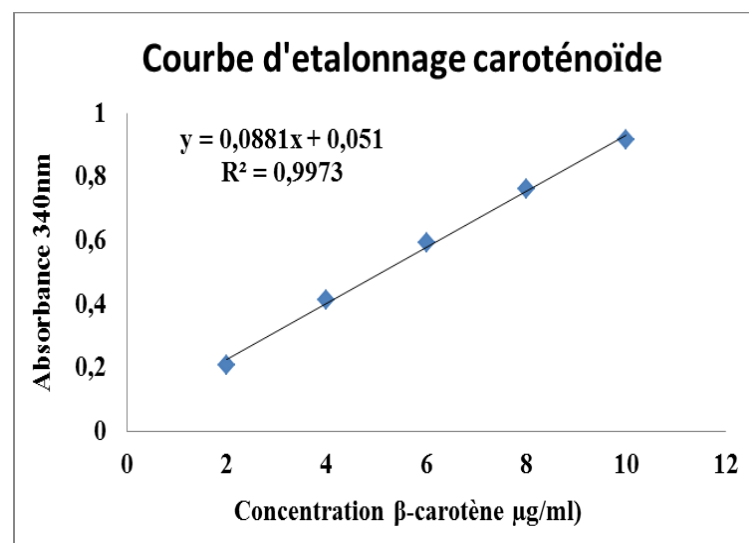
Subclasses	Antioxydants	Sources alimentaires
<b>Antioxydants vitaminiques</b>	Tocophérols notamment ( $\alpha$ -et $\gamma$ -tocophérols) et tocotriénols ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ , $\delta$ ). Caroténoïdes (précurseur la vitamine A), vitamine C.	Noix, germe de blé, huiles végétales (huile de tournesol), Les amandes, margarines, le beurre et les œufs. Fruits et légumes pigmentés : carottes, brocolis, betterave, tomates, poivron rouge, citrouille, pêche, abricot, épinards et Agrumes
<b>Antioxydants non vitaminiques (phytochimiques)</b>	Les polyphénols : phénols simples, acides phénoliques, benzoquinones, flavonoïdes, hydrocinnamates.	Fruits et légumes, abondants dans les olives, raisins, l'huile d'olive, café, thé noir et le vin rouge.



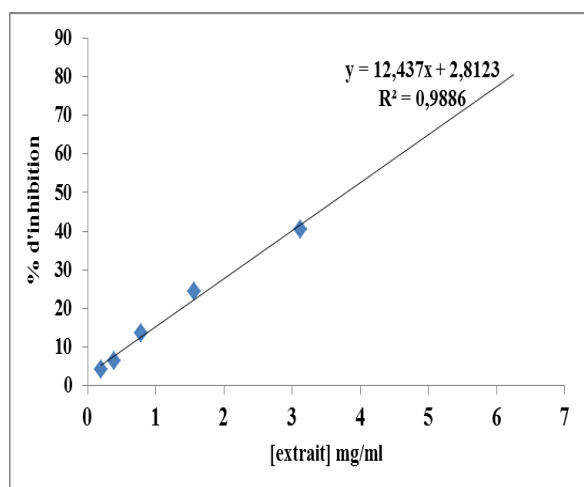
**Figure 1 :** courbe d'etalonnage pour le dosage des PPT des pelures



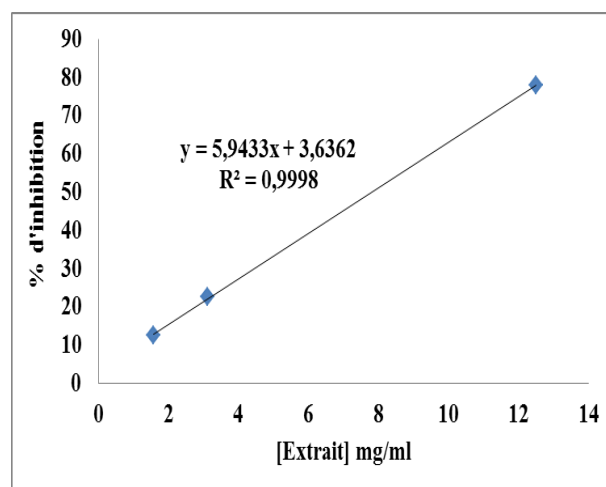
**Figure2 :** Courbe d'etalonnage pour le dosage des flavonoides des pelures



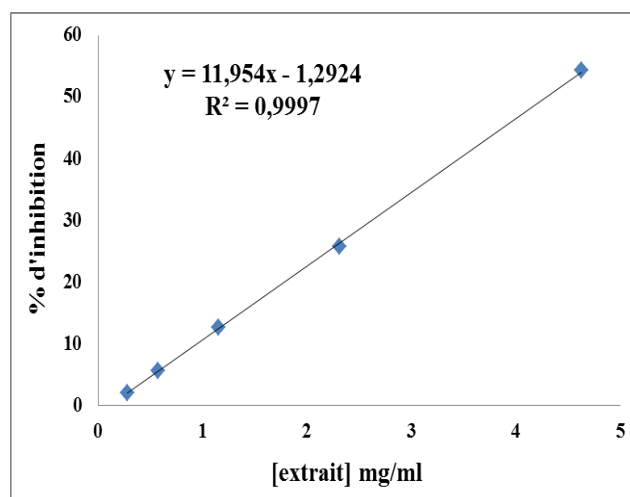
**Figure 3 :** Courbe d'etalonnage des carotenoides des pelures



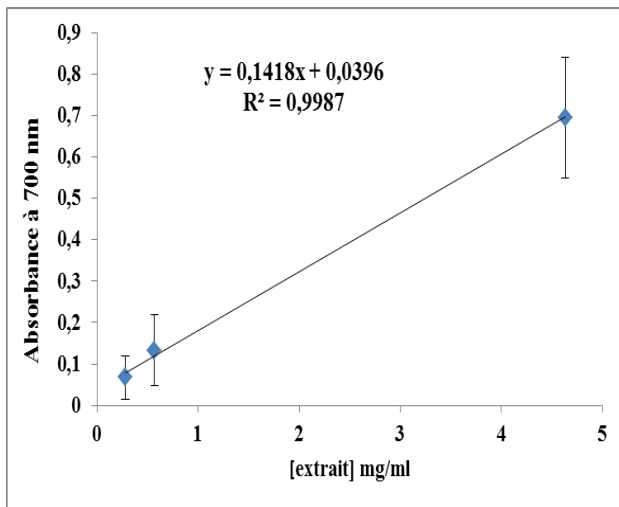
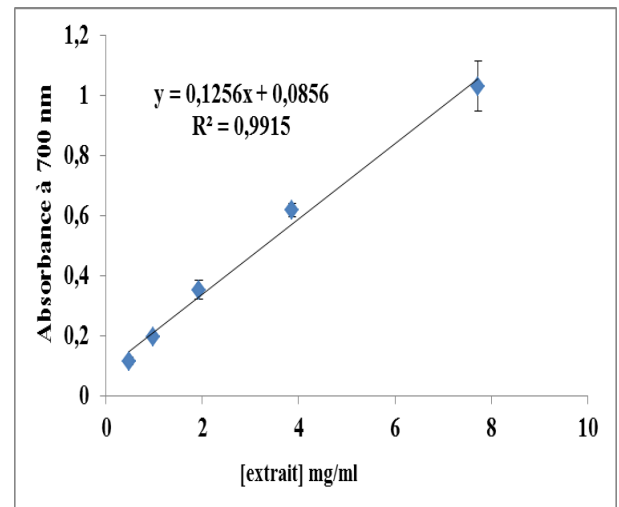
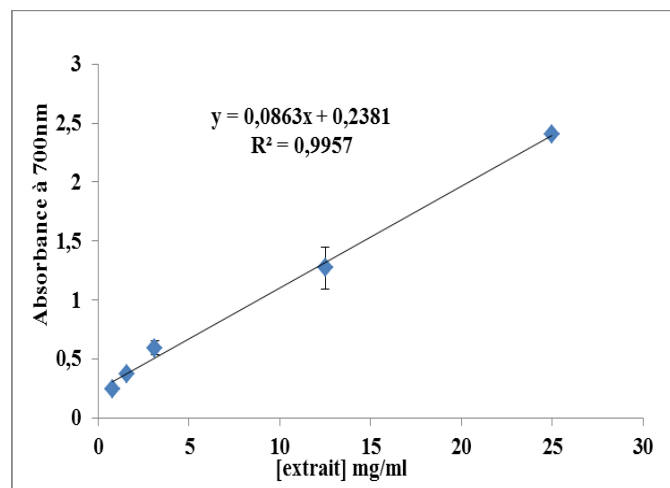
**Figure 4 :** Courbe % d'inhibition d'extrait de **B**

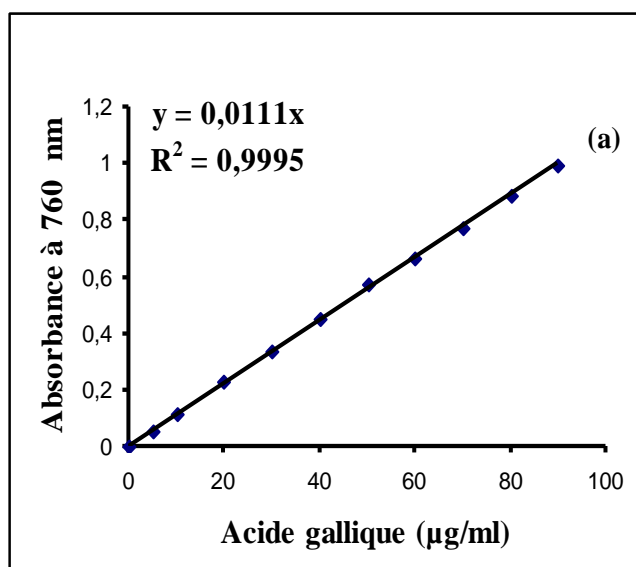
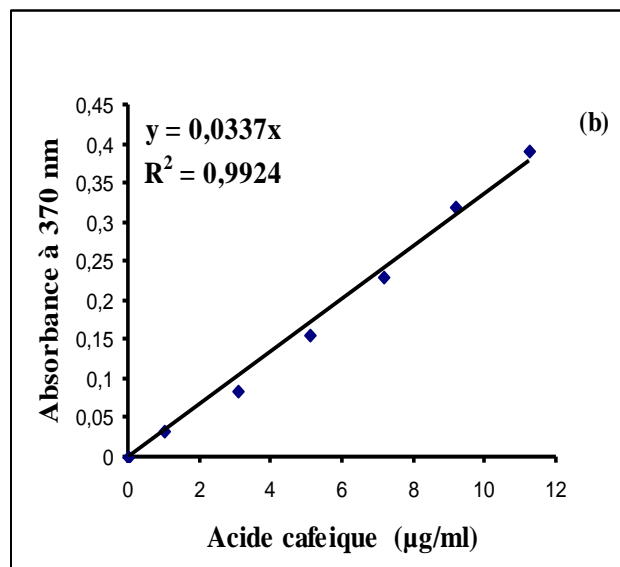
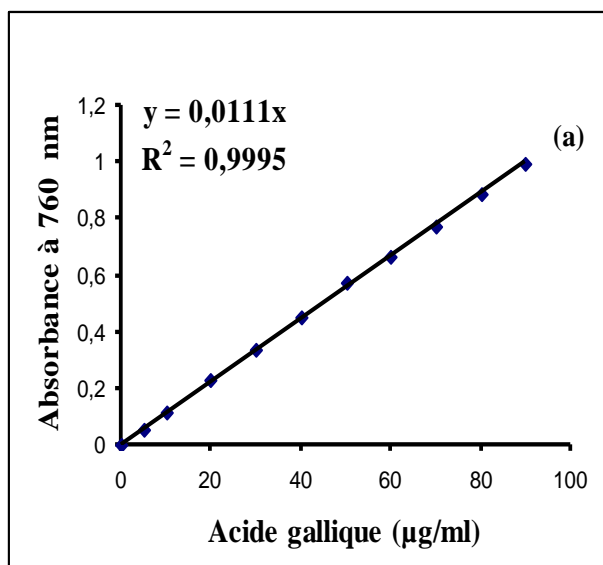


**Figure 5 :** Courbe des % d'inhibition d'extrait de **C**



**Figure 6 :** Courbe des % d'inhibition d'extrait de **PT**

**Figure 7 :** Pouvoir réducteur d'extract de PT**Figure 8 :** Pouvoir réducteur d'extract de B**Figure 9 :** courbe du pouvoir réducteur d'extract de C



**Figure 4** : Courbes d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques (a), des *Ortho*-diphénols (b) et des caroténoïdes(c) de l'huile d'olive.

## Résumé

Dans cette étude, on opte pour l'extraction des polyphénols à partir des pelures de trois légumes : pomme de terre, carotte et betterave, dans le but de valoriser ces sous - produits en utilisant leur extraits phénoliques comme antioxydants naturels qui pourraient substituer les antioxydants synthétiques comme le BHA et l' $\alpha$  tocophérol. A cet égard, l'activité antioxydante et l'effet de ces extraits sur la stabilité oxydative d'un produit sont testés sur une huile d'olive (Sigoise). Les extraits de pelures reconstitués sont additionnés à l'huile d'olive par méthode de macération avec trois concentrations (50, 100 et 150 ppm). L'activité antioxydante des huiles enrichies est meilleure que celle de l'huile témoin, dépendant de la nature de l'extrait et de la concentration utilisé. La meilleure activité antiradicalaire sur le DPPH est de 75,51% enregistrée pour l'huile enrichie avec l'extrait de pelures de betterave à la concentration 150ppm (HB150). La stabilité de l'huile est mesurée par oxydation accélérée sous des conditions de stockage simulées (test accéléré a 65°C /20jours), Après la mesure de L'IP et les coefficients d'extinction à 232 et 270 nm, on constate que parmi les huiles enrichies avec les extraits, L'HB150 possède une meilleure stabilité oxydative mais reste inférieure à celle du BHA.

**Mots clé :** pelures, polyphénols, extrait phénolique, antioxydants, huile d'olive, oxydation, stabilité oxydative.

## Abstract

In this present study, we opt for extraction of phenolic compounds from three different vegetable's peels: potato, carrot, and beetroot, in the purpose of valorisation of these by-products by using their phenolic extracts as natural antioxidants which might substitute synthetics antioxidants such as BHA and  $\alpha$ - tocopherol. In this regard, the antioxidant activity and the effect of these extracts on the oxidative stability of the product is tested on olive oil (Sigoise variety).The reconstituted extracts are added to olive oil by maceration method in three different concentrations (50, 100, 150 ppm. Enriched olive show the best antioxidant activity comparing to non-enriched one, depending on the nature of the extract and concentration used. The best DPPH scavenging activity (75, 51%) is observed for the enriched olive oil with 150 ppm of beetroot peels (HB150). In the other hand, the oxidative stability is evaluated by the oven test method at 65°C during 20 days. This test shows that the HB150 has the best stability among all the enriched oils and comparing with non-enriched but lower then BHA enriched one.

**Key words:** peels, phenolic compounds, phenolic extract, antioxidant, olive oil, oxidative stability.