

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université « Mouloud MAMMARI » de TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Biologiques



## MEMOIRE DE FIN DE CYCLE



En vue de l'obtention du

Diplôme de Master académique en Biologie

Option : alimentation humaine et contrôle de la qualité des produits.



### Thème

*Essai d'amélioration de la résistance auto-oxydative et photo oxydative de l'huile « FLEURIAL » par incorporation des feuilles de Romarin et de la lavande*

Réalisé par : M<sup>elle</sup> : BELMILOUD SABRINA

M<sup>elle</sup> : BOUDALI HADJILA

Devant le jury :

Président: M<sup>r</sup> AMIR Y.

Professeur à l'U.M.M.T.O.

Promoteur: M<sup>r</sup> SADOUDI R.

M.C.B à l'U.M.M.T.O.

Examineur: M<sup>r</sup> HADJ KACI A.

M.C.A à l'U.M.M.T.O.

Examineur: M<sup>r</sup> AMROUCHE T.

M.C.A à l'U.M.M.T.O.

Promotion : 2014-2015

# Remerciements

*Nous tenons à remercier en premier lieu le bon DIEU de nous avoir donné le courage et la volonté pour effectuer ce travail.*

*Nous tenons particulièrement à exprimer notre profonde reconnaissance et notre respect à M<sup>r</sup>SADOUDI, pour son aide, ses conseils orientations ainsi que pour sa disponibilité entière toute au long de la période de l'expérimentation.*

*M<sup>r</sup> AMIR , pour l'honneur qu'il nous fait de présider l'honorable jury.*

*M<sup>r</sup> HADJ KACI et M<sup>r</sup> AMROUCHE d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

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

*Nos sincères remerciements à tous nos enseignants de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*



*Dédicaces*

*A Allah le miséricordieux, le très miséricordieux*

*A notre prophète Mohamed (QSSSL)*

*A mes très chers parents*

*A mes sœurs et mes frères*

*Vous êtes ce que j'ai de plus cher dans ce bas-monde*

*Vous êtes ma famille, ma vie, ma seule raison d'être*

*Que Dieu vous accorde longue vie avec beaucoup de bienfaits*

*A ma grand – mère*

*A mes cousines et cousins et tout la famille « Belmiloud et Bensmaile »*

*A mes chères amies « Dihia, Celia, Wassila, Meriem »*

*A tous ce qui m'ont soutenu*

*Je vous remercie pour vos prières, sans lesquels je ne serais pas arriver au bout de ce travail*

*Que Dieu m'accorde longue vie et meilleure santé.*

*Sabrina*



## *Dédicaces*

*Je tiens tout d'abord à remercier mon bon dieu de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*À celle qui remplit mon cœur de clarté et de bonheur, ma très chère Maman « zedjigua ».*

*À celui qui ma soutenu avec tout les moyens et que j'aime beaucoup, mon cher Papa « Ali ».*

*À mes chers frères « Arezki, Yacine et Ghiles ».*

*À ma chère sœur « Nabila » et son mari « Nadir » et ces deux enfants.*

*À mon futur adorable mari « Mustapha ».*

*À ma chère grande mère « Hadjila » dont provient mon nom.*

*À ma future belle mère « Keltoum » et mon future beau père « Mouloud ».*

*À mes future beaux frères « Mohamed et Mimouh ».*

*À toutes mes belles sœurs, leurs maris et leurs enfants.*

*À mes chères amies « Hanane, Karima et Kahina » ainsi leurs familles.*

*À mes cousins et cousines, et toute la famille « Boudali » partout dans le monde.*

*Et tout ce qui me connaît de près ou de loin.*

*Hadjila*

## *Liste des abréviations*

**AET:** Apport énergétique total

**AG:** Acide gras

**AGE:** Acide gras essentiel

**AGI:** Acide gras insaturé

**AGL:** Acide gras libre

**AGMI:** Acide gras mono insaturé

**AGPI:** Acide gras polyinsaturé

**AH:** Antioxydant

**AGS:** Acide gras saturé

**A°:** Radical de l'antioxydant

**A% :** Acidité

**A<sub>w</sub> :** Activité de l'eau

**ECN :** Espèce chimique nouvelle

**HF :** Huile Fraiche

**I<sub>A</sub>:** Indice d'acide

**I<sub>i</sub>:** Indice d'iode

**I<sub>s</sub>:** Indice de saponification

**I<sub>p</sub>:** Indice de peroxyde

**L :** Lavande

**<sup>1</sup>O<sub>2</sub> :** Oxygène singulat

**R :** Romarin

**R° :** Radical libre d'acide gras

**RH :** Acidegras

**RL :** Radical libres

**ROO°:** Radical peroxyde

**ROOH:** Hydroperoxyde

**Figure 1** : Réaction d'estérification

**Figure 2** : Production mondiale d'huiles et de graisses végétales en 2003

**Figure 3** : Plante de tournesol

**Figure 4**: Les étapes du raffinage chimique des huiles végétales brutes

**Figure 5** : Plante de romarin

**Figure 6**: Plante de la lavande

**Figure 7** : Action des photosensibilisateurs de type 1 sur les AG

**Figure 8** : Action des photosensibilisateurs de type 2 sur les AG

**Figure 9** : Formation des hydroperoxydes à partir de l'oxygène singulet

**Figure 10** : Phase d'initiation

**Figure 11** : Phase de propagation

**Figure 12** : Phase de terminaison

**Figure 13.1** : Schématisation de la cinétique d'oxydation des acides gras insaturés

**Figure 13.2** : Schéma générale des réactions d'auto-oxydations des AGI

**Figure 14** : Antioxydants de type I

**Figure 15** : Mécanisme d'action des polyphénols

**Figure 16**: Evolution de taux d'humidité des huiles photo-oxydées

**Figure 17** : Evolution de taux d'humidité des huiles auto-oxydées

**Figure 18** : Evolution de l'extinction spécifique U.V à 232nm pour les huiles photo-oxydées

**Figure 19** : Evolution de l'extinction spécifique U.V à 232nm pour les huiles auto-oxydées

**Figure 20** : Evolution de l'extinction spécifique U.V à 270nm pour les huiles photo-oxydées

**Figure 21**: Evolution de l'extinction spécifique U.V à 270nm pour les huiles auto-oxydées

**Figure 22** : Evolution de l'indice d'acide pour les huiles photo-oxydées

**Figure 23** : Evolution de l'indice d'acide pour les huiles auto-oxydées

**Figure 24** : Evolution comparative de l'indice d'acide de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin

**Figure 25**: Evolution comparative de l'indice d'acide de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande

**Figure 26** : Evolution comparative de l'indice d'acide de l'huile fraiche photo-oxydée et auto-oxydée.

**Figure 27** : Evolution de l'indice de peroxyde pour les huiles photo-oxydées

**Figure 28** : Evolution de l'indice de peroxyde pour les huiles auto-oxydées

**Figure 29**: Evolution comparative de l'indice de peroxyde de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin.

**Figure 30**: Evolution comparative de l'indice de peroxyde de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande

**Figure 31** : Evolution comparative de l'indice de peroxyde de l'huile fraiche photo-oxydée et auto-oxydée.

**Figure 32** : Evolution de l'indice d'iode pour les huiles photo-oxydées

**Figure 33**: Evolution de l'indice d'iode pour les huiles auto-oxydées

**Figure 34** : Evolution comparative de l'indice d'iode de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin.

**Figure 35**: Evolution comparative de l'indice d'iode de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande

**Figure 36** : Evolution comparative de l'indice d'iode de l'huile fraiche photo-oxydée et auto-oxydée.

**Figure 37**: Evolution de l'indice de saponification ( $I_S$ ) pour les huiles photo-oxydées

**Figure 38**: Evolution de l'indice de saponification ( $I_S$ ) pour les huiles auto-oxydées

**Figure 39** : Evolution comparative de l'indice de saponification de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin

**Figure 40** : Evolution comparative de l'indice de saponification de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande

**Figure 41** : Evolution comparative de l'indice de saponification de l'huile fraiche photo-oxydée et auto-oxydée

**Tableau I:** Classification des corps gras selon leur origine

**TableauII:** Classification des CG selon leur consistance

**Tableau III:** Classification des CG selon leur fonction

**Tableau IV:** Classification des CG selon l'analyse élémentaire

**Tableau V:** Classification des CG selon leurs propriétés de saponification

**Tableau VI:** Classification des CG selon leurs présentations

**Tableau VII :** Classification des CG selon la longueur de la chaîne carbonée

**Tableau VIII :** Teneur en insaponifiables de quelques huiles courantes

**TableauIX :** Point de fusion de quelques AG

**Tableau X :** Points d'ébullition de certains AG

**TableauXI :** Les différentes compositions des huiles alimentaires fabriquées en Algérie

**Tableau XII :** Les différentes subdivisions des huiles selon leurs états physiques

**Tableau XIII:** Classification botanique du tournesol

**Tableau XIV :** Composition en insaponifiables de l'huile de tournesol

**Tableau XV:** Principales constantes physico-chimiques de l'huile de tournesol

**Tableau XVI :** Mécanisme d'oxydation des lipides

**Tableau XVII :** Maladies provoquées par les radicaux libres

**Tableau XVIII :** Normes des différentes analyses physico-chimiques

**Tableau XIX :** Analyse de la variance de taux d'humidité de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée

**Tableau XXII :** Evolution de l'indice d'acide de l'huile de tournesol « FLEURIAL » en fonction de temps, des plante et des conditions de stockage

**Tableau XXI :** Analyse de la variance de l'indice de peroxyde de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée

**Tableau XXII :** Analyse de la variance de l'indice d'iode de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée

**TableauXXIII :** Analyse de la variance de l'indice de saponification de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée

# Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale .....	1

## Partie bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur les corps gras

I.1. Définition .....	3
I.2. Classification .....	3
I.3. Composition des CG .....	6
I.4. Propriétés des corps gras .....	8
I.5. Rôle des corps gras .....	11
I.6. Source d'acides gras essentiels .....	11
I.7. Besoins et apports lipidiques recommandés .....	12

### Chapitre II : Généralités sur les huiles végétales

II.1. Définition .....	13
II.2. Production mondiale .....	13
II.3. Les différentes huiles commercialisées en Algérie et leurs compositions .....	14
II.4. Classification .....	15
II.5. Importance dans l'alimentation humaine .....	15
II.6. Huile de tournesol .....	16
II.6.1. Définition et origine .....	16
II.6.2. Types d'huiles extraites .....	17
II.6.3. Composition .....	17
II.6.4. Caractéristique .....	17
II.6.5. Utilisation alimentaire .....	18
II.6.6. Valeur nutritionnelle .....	18
II.7. Raffinage .....	18

### Chapitre III : Végétaux riches en antioxydants

<b>III.1. Romarin</b> .....	<b>20</b>
III.1.1. Classification .....	20
III.1.2. Distribution géographique et appellations .....	21
III.1.3. Propriétés pharmacologiques et thérapeutiques du romarin .....	21
III.1.4. Domaine d'utilisation du romarin .....	21
III.1.5. composition chimique .....	21
<b>III.2. Lavande</b> .....	<b>22</b>
III.2.1. Présentation .....	22
III.2.2. Description et identification des deux espèces de la lavande .....	23
III.2.2.1. La lavande spontanée ( <i>Lavandula stoechas</i> ) .....	23
III.2.2.2. La lavande cultivée ( <i>lavandula officinalis</i> ) .....	23
III.2.3. Utilisations de la lavande .....	24

# Sommaire

## Chapitre IV : Altération des corps gras

IV.1. Mécanismes d'oxydation des lipides .....	25
IV.1.1. Mécanisme de la photo-oxydation .....	25
IV.1.2. Mécanisme de l'auto-oxydation .....	26
IV.2. Facteurs influençant l'oxydation .....	29
IV.3. Oxydation et qualité des aliments.....	30
IV.4. Les maladies provoquées par les radicaux libres .....	31

## Chapitre V : Antioxydants

V.1. Définition.....	32
V.2. Différents types d'antioxydants .....	32
V.3. Composés phénoliques .....	35
V.3.1. Définition.....	35
V.3.2. Activité antioxydante.....	35

## Partie expérimentale

I. Matériels et méthodes .....	36
I.1. Objectif de l'étude .....	36
I.2. Protocole expérimentale .....	36
I.3. Analyse physique .....	37
I.3.1. Détermination de la teneur en eau et matières volatils.....	37
I.3.2. Absorbance à UV.....	38
I.4. Analyse chimiques .....	38
I.4.1. L'indice d'acide.....	38
I.4.2. L'indice de peroxyde .....	39
I.4.3. L'indice d'iode.....	40
I.4.4. Indice de saponification .....	41
I.5. Traitement des résultats .....	42
II. Résultats et discussion .....	43
II.1. Evolution des paramètres d'analyses physiques .....	43
II.2. Evolution des paramètres d'analyses chimiques .....	49

Conclusion générale .....	66
---------------------------	----

## Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Les corps gras alimentaires, un des constituants de la ration alimentaire, comprennent les huiles végétales et les matières grasses végétales (*PETTER et al., 2002*), les corps gras jouent un rôle nutritionnel important ; ils apportent de l'énergie, des acides gras essentiels, minéraux et de nombreuses vitamines liposolubles (A, D, E et K). Les lipides, fraction majoritaire des corps gras, participe dans l'élaboration des aliments tout en influençant leurs propriétés rhéologiques et sensorielles (*GRAILLE et al., 2003*).

Les utilisations recommandées pour chaque huile dépendent de la nature des acides gras qui les constituent.

De ce fait, les huiles alimentaires sont réparties en trois types d'huile :

- ❖ les huiles pour assaisonnement
- ❖ les huiles pour cuisson
- ❖ les huiles pour friture

Les recommandations nutritionnelles tendent à augmenter la part relative des acides gras polyinsaturés (AGPI) dans la ration, en raison notamment de leurs rôles dans la prévention de pathologie de système cardiovasculaire et de l'obésité (*MARTIN, 2001*).

En Algérie, les huiles alimentaires constituent le troisième produit de première nécessité, importé par le pays dans une proportion d'environ 12% de l'ensemble de ces importations en denrées alimentaires (*ANONYME, 2005*). Cette situation place le pays sous la dépendance exclusive de marché extérieur. Les huiles brutes importées sont raffinées et conditionnées avant la commercialisation (*HACHEMI, 2007*).

La disponibilité d'aliments sains et nutritifs est l'une des exigences de consommateur. Le problème de la consommation d'aliments contaminés et de ces effets préjudiciables à la santé humaine, n'a pas été étudié de façon suffisamment approfondie en Algérie. Le gouvernement devrait toutefois prendre les mesures nécessaires pour garantir à sa population une alimentation saines et en soutenir ainsi la santé et le développement économique (*BOUBRIT et BOUSSAD, 2007*).

Par ailleurs, avec la forte consommation des huiles végétales, les conditions de commercialisations des huiles alimentaires aussi bien chez les grossistes que chez les détaillants laissée à l'appréciation de chaque commerçant sans aucune information, ni contrôle ne soit effectué. Aussi, des produits alimentaires sont souvent exposés au soleil, à la poussière, et à l'humidité sans aucune protection possible ne soit prise. C'est le cas des bouteilles d'huiles alimentaires exposées directement au soleil et à haute température.

L'altération des huiles et des matières grasses est un phénomène complexe ; dépend de type de corps gras, des traitements technologiques subis mais aussi des conditions de conservation (présence d'air, catalyseurs, anti oxydants, etc.).

L'oxydation des lipides est une cause majeure de dégradation des huiles alimentaires lors de leur conditionnement, leur conservation et leur stockage. Elle affecte surtout les huiles à forte teneur en acide gras polyinsaturés (*MARTIN, 2001*). Les huiles végétales riches en

acides gras polyinsaturés de la série des omégas 3 et 6 ont des avantages nutritionnels. Mais, ces huiles peuvent s'avérer toxiques et compromettre la santé du consommateur lorsqu'elles subissent des réactions d'oxydation.

Les causes d'altération par oxydation peuvent être nombreuses et variables. La conséquence la plus perceptible de l'oxydation des lipides est l'apparition de l'odeur et de flaveurs désagréables souvent qualifiées de rance. Ces odeurs conduisent souvent au rejet de l'aliment par le consommateur, elles peuvent être perçues très précocement. Elles sont liées à la formation des composés volatils au seuil de détection olfactif très bas (*PRIOR, 2003*).

Notre étude a porté sur une huile produite en Algérie, à savoir l'huile de tournesol (FLEURIAL). L'objectif de notre présent travail est l'essai d'amélioration de la résistance de cette huile à la photo oxydation et à l'auto oxydation par incorporation de deux plantes.

Le présent travail a été entrepris afin d'évaluer l'activité antioxydante de la partie aérienne de *Rosmarinus officinalis* et *Lavandula officinalis* sur l'huile de tournesol, largement consommée en Algérie, pour améliorer sa résistance à la photo-oxydation et à l'auto oxydation. Ces plantes sont très connues en Kabylie grâce à leurs effets thérapeutiques et leurs utilisations dans les traditions culinaires.

Actuellement, On accorde un grand intérêt pour les antioxydants naturel dans la prévention des processus oxydatifs des aliments. Parmi ces molécules, les polyphénols sont de plus en plus étudiés ; ils sont isolés à partir de nombreuses plantes (*RICE-EZVANS et MILLER, 1997*).

Grâce à leur aspect et leur présence dans les plantes consommées, ces molécules sont acceptées par les consommateurs, contrairement aux antioxydants de synthèse susceptibles d'engendrer des maladies (*BARLAWZIA et al., 2003*). Ainsi, de nombreuses recherches menées pour déceler des substances saines, naturellement actives, inhibant efficacement l'oxydation des lipides.

Les polyphénols présentent une valeur commerciale très important dans le domaine agroalimentaire et pharmaceutique en tant que puissant antioxydant naturel (*MOPON et al., 1998*). Les composés phénoliques stabilisent les radicaux libres et par la suite, ils bloquent la propagation des chaînes radicalaires durant l'oxydation lipidique (*RANALLI et al., 2003*).

## I. Généralités sur les corps gras

### I.1. Définition

Les corps gras font partie d'un ensemble complexe de composés organiques, les lipides présent dans les tissus animaux et végétaux. Ce sont des esters naturels, formés à partir d'acides gras et d'alcool ou d'amine. Ces biomolécules sont caractérisées par leurs insolubilités dans l'eau, solubilité dans les solvants organiques (éther, benzène, chloroforme) et le toucher onctueux (huileux) (*PERCHERON et PERLES, 1981; WELL, 2001*).

Ils sont considérés comme des produits de haute importance en raison de leurs apports nutritifs et énergétique (*ALAIS et LINDEN, 1997*). Ils ont une importance fondamentale dans l'alimentation humaine, non seulement par leurs valeurs énergétiques (9kcal/g), mais également par leur rôle d'élément de structure (protection extra et intracellulaire) et de régulation. Les graisses et les huiles sont la forme la plus concentrée en vitamines liposolubles (A, D, E, K) (*HELEME, 1984*).

### I.2. Classification

Les corps gras peuvent être classés selon plusieurs critères.

#### I.2.1. Leur origine

Une matière grasse « comestible » ou « alimentaire » est un mélange de graisses animales et /ou végétales (*ALAIS et al., 2008*).

**Tableau I:** Classification des corps gras selon leur origine (*FREDOT, 2006*).

Origine	Corps gras
<b>Animale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beurre ; Crème ; Graisse de bœufs, canard</li> <li>- Shortening (graisse raffinées et hydrogénées)</li> <li>- Saindoux ; Huiles des animaux marins</li> </ul>
<b>Végétale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Huiles pour assaisonnement</li> <li>- Huiles pour friture et assaisonnement</li> <li>- Margarines végétales</li> <li>- Végétalienne (huile de coprah hydrogénée)</li> </ul>
<b>Mixte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Margarines standards à base d'huiles végétales et de graisses de poisson</li> <li>- Margarines et shortening pour pâtisseries</li> </ul>

#### I.2.2. Leur consistance à température ambiante

Les propriétés physiques des CG dépendent directement de leur composition chimique en AG qui influence donc leur consistance.

Ainsi, on appelle point de fusion, la température à partir de laquelle un corps gras se liquéfie. Par conséquent :

- Plus le nombre de doubles liaisons est important, plus le CG est liquide ou fluide à température ambiante ;
- Plus les AG saturés sont en quantité importante ; plus le CG est solide ou concret à température ambiante.

**Tableau II :** Classification des CG selon leur consistance (FREDOT, 2006).

Appellation	Corps gras
<b>CG fluides</b>	<i>Huiles de :</i> d'arachide ; De colza ; De soja ; De carthame ; De noix ; De germe ; De maïs ; d'amande douce.
<b>CG concrets</b>	<i>Huiles de :</i> De palme ; De palmiste ; De coprah. Margarines végétales ; Beurre ; Saindoux Shortening ; Graisse de bœufs ; de canard.

### I.2.3. Leur rôle physiologique

Les CG alimentaires ont plusieurs rôles physiologiques

**Tableau III :** Classification des CG selon leur fonction (MASSON, 2002)

Lipide de structure	Lipide de réserve	Lipide ayant une activité Biologique
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phospholipides ;</li> <li>• Cholestérol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triglycérides.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormones stéroïdiennes ;</li> <li>• Vitamine liposolubles.</li> </ul>

### I.2.4. L'analyse élémentaire

Les lipides peuvent être divisés en deux classes : les lipides simples et les lipides complexes. Les lipides simples ont été définis comme « lipides qui, une fois hydrolysés, libèrent tout au plus de deux types de produits primaires par mole ». Quant aux lipides complexes : « leur hydrolyse libère trois produits ou plus par mole » (FRENOT et VIERLING, 2001).

**Tableau IV :** Classification des CG selon l'analyse élémentaire (FRENOT et VIERLING, 2001).

Lipides simples	Lipides complexes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acides gras;</li> <li>• Acylglycérol;</li> <li>• Stérides;</li> <li>• Cérides.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Glycérophospholipides:</u></li> <li>• Acide phosphatidique;</li> <li>• Phosphatidylcholine;</li> <li>• Phosphotidyléthanolamine;</li> <li>• Phosphatidylsérine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Sphingolipides:</u></li> <li>• Céràmides;</li> <li>• Sphingophospholipides;</li> <li>• Glycosphingolipides.</li> </ul>

### I.2.5. Leur propriété de saponification

**Tableau V:** Classification des CG selon leurs propriétés de saponification (JEANTET *et al.*, 2006).

Lipides saponifiables	Lipides non saponifiables
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acylglycérols</li> <li>• Phospholipides</li> <li>• Cires</li> <li>• Stérides</li> <li>• Cutine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrocarbures</li> <li>• Pigments</li> <li>• Stérols</li> <li>• Vitamines liposolubles</li> </ul>

### I.2.6. Leurs présentations

Les graisses dites « visibles » sont celles qui sont rajoutées dans l'alimentation, les graisses dites « cachées » sont celles qui sont contenues dans les aliments (FRENOT *et al.*, 2001).

**Tableau VI:** Classification des CG selon leurs présentations (CHRISTIAN, 1997)

Nature des acides gras	Graisses « visibles »	Graisses « cachées »
<b>Acides gras saturés</b>	Beurre, crème, huile de noix, de coco, margarine ordinaire.	Charcuterie, mouton, bœuf.
<b>Acides gras mono insaturés</b>	Huiles d'arachide, d'olive, de colza, Margarine végétal.	Volaille, porc.
<b>Acides gras polyinsaturés</b>	Huiles de tournesol, de soja, de maïs, margarine végétale.	Poisson

### I.2.7. Leur longueur de la chaîne carbonée

Les longueurs des chaînes couvrent un large éventail, depuis un acide à 4 atomes de carbone contenu dans le lait jusqu'aux acides gras à 30 atomes de carbone qu'on trouve dans certaines huiles de poissons.

**Tableau VII :** Classification des CG selon la longueur de la chaîne carbonée (CHRISTIAN, 1997).

Type de chaîne	Nombres d'atomes de carbone
<b>Chaîne courte</b>	4 à 8
<b>Chaîne moyenne</b>	8 à 12
<b>Chaîne longue</b>	14 à 18
<b>Chaîne très longue</b>	20 et plus.

### I.3. Composition des CG

Le traitement des lipides par la soude ou la potasse en milieu chaud donne deux fractions :

- Premièrement, la fraction saponifiable comprenant les triglycérides, les phospholipides et les cires ;
- Deuxièmement, La fraction insaponifiable composée d'hydrocarbures, de pigments, de stérols, tocophérols, etc.

#### I.3.1.Substances saponifiables

##### I.3.1.1.Triglycérides

Les lipides sont constitués par des mélanges d'esters appelés mono-, di- ou triacylglycérols. Deux lipides renfermant qualitativement et quantitativement les mêmes acides gras auront, si les acides gras sont répartis différemment dans les triglycérides, des caractéristiques physiques, chimiques ou physiologiques différentes (*GRAILLE, 2003*).

Les TG sont constituées d'une molécule de glycérol sur laquelle chacune des trois fonctions alcool est estérifiée par un AG (*CHENE, 2002*). Ils contiennent environ 99% des CG, Parfois, les triglycérides sont de types mixtes et renferment au moins deux molécules d'acides gras différents (*JOUILLIER et al., 1969*).

En raison de leur densité énergétique beaucoup plus élevée que celle du glycogène, les triglycérides constituent la plus grande réserve énergétique des animaux (*BLAVY, 2010*).

##### I.3.1.2. Phospholipides

Ce sont des diesters d'acides gras et de glycérol dont la troisième fonction alcoolique est liée à un acide phosphorique qui lui-même peut être associé à une base alcoolique azotée ou un acide aminé. Ce sont les constituants principaux des membranes biologiques (*ANONYME 1, 2002*).

Dans les huiles brutes, les phospholipides (PL) sont associés en micelles (*AJANA et al., 1986*). Selon *COSSUT (2002)*, Les phospholipides sont des glycérides qui possèdent un pôle hydrophile et un pôle lipophile (affinité avec les lipides) d'où leurs rôles :

- D'émulsifiant en industrie agroalimentaire ;
- De constituant des membranes cellulaires ;
- Et de transporteur d'acides gras dans l'organisme.

##### I.3.1.3.Cérides

Selon *POISSON (2003)*, Il s'agit d'esters d'acides gras et de mono ou dialcools insolubles dans l'eau en raison de leur masse moléculaire élevée. Parmi eux, on distingue :

- Les cires naturelles (esters d'acides gras et de mono alcools aliphatiques) qui sont présentes chez :
  - Les animaux, où elles peuvent prendre la forme de véritables dépôts ;
  - Les végétaux, contribuant à la formation de couches protectrices des graines et des fruits, s'accumulant parfois dans certains tissus.

- Les stérides (esters de stérols ou de molécules assimilées, méthylstérols et alcools triterpéniques) dont les esters de cholestérol, sont les seuls à être très répandus dans les tissus animaux. En revanche, les tissus végétaux sont plus riches en esters de stérols différents ;
- Les caroténocérides (esters d'acides gras et d'hydroxy-caroténoïdes ou xanthophylles) etc.... (GRAILLE, 2003).

Il est à remarquer que les caractéristiques chimiques, physiques et métaboliques de l'huile dépendent surtout de la fraction saponifiable.

### I.3.2. Substances insaponifiables

Cette fraction lipidique, qui représente en général 0,2 à 2% d'un lipide non raffiné, comprend l'ensemble des constituants qui, après hydrolyse basique (saponification), sont très peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants des matières grasses (éther diéthylique, hexane, chloroforme...etc.) (GRAILLE, 2003).

La proportion d'insaponifiable contenue dans un lipide dépend bien évidemment de l'origine biologique de ce lipide, des traitements qu'il a pu subir (raffinage), ainsi que de la nature de solvant d'extraction (éther di-éthylique, hexane), facteur particulièrement important (SOULIER, 1992).

Les insaponifiables renferment des substances variées : stérols, alcools aliphatiques, alcools terpéniques, tocophérols, caroténoïdes, hydrocarbures insaturés, hydrocarbures saturés, composés phénolique, etc....

**Tableau VIII** : Teneur en insaponifiables de quelques huiles courantes (WOLF, 1968)

Huile	Colza	Tournesol	Soja	Olives
%	0,5-1,5	0,5-2,5	0,7-2,0	0,5-1,2*

Selon MENSIER (1957), cette teneur varie de 0,75 à 3%.

#### I.3.2.1. Stérols

Ce sont des composés tétracycliques comportant le plus souvent 27, 28 ou 29 atomes de carbone, présents sous forme libre et estérifié.

Les stérols constituent une fraction importante de l'insaponifiable ; ils représentent environ 30 à 60%.

Les lipides végétaux comprennent en général de 2 à 5 stérols majoritaires, accompagnés de composés minoritaires souvent assez nombreux. Le stérol le plus abondant dans le règne végétal est sans conteste le sitostérol (SOULIER *et al.*, 1992).

#### I.3.2.2. Tocophérols

Les tocophérols sont des composés liposolubles (solubles dans un corps gras) qu'on regroupe sous le terme de vitamine E. Le tocophérol regroupe quatre substances :

l'alpha-tocophérol (le plus actif), le bêta-tocophérol, le gamma-tocophérol et le delta-tocophérol.

La vitamine E est un antioxydant contribue à neutraliser les radicaux libres qui peuvent s'accumuler dans les membranes lipidiques et tissus gras de l'organisme, et elle joue un rôle essentiel dans la protection de la membrane cellulaire. De façon générale, les huiles végétales, les noix, les graines et les légumes à feuilles vertes sont de bonnes sources de vitamine E (*DRAKE et al., 1996*).

La teneur en tocophérols varie de 200 à 1200 mg/kg dans les huiles végétales et 10 à 20mg/kg dans les graisses animales(*ANONYME 2, 2002*).

### **I.3.2.3. Caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont de longues molécules très hydrophobes et ils font partie descolorants des huiles. Ce sont des pigments colorés en rouge aux fortes concentrations, en jaune en solutions diluées. Ils existent dans l'huile en quantité variable de 1 à 100 mg/100 g d'huile(*TOUATI, 1980*).

### **I.3.2.4. Composés phénoliques**

Les composés phénoliques sont constitués des trois grandes catégories : les acidesphénoliques, les flavonoïdes et les tanins (*BA et al., 2010*). Ils ne se rencontrent pas dans la nature à l'état libre mais sous forme d'esters ou plus généralement sous forme d'hétérosides (*RIBEREAU-BAYON, 1968*).

Ces phénols simples sont présents à la concentration de 4,2 mg/100 g dans l'huile d'olive vierge extra et de 0,47 mg/100 g dans l'huile raffinée(*BOUHADJRA, 2011*).

## **I.4. Propriétés des corps gras**

### **I.4.1. Propriétés physiques**

#### **I.4.1.1. Etat physique**

Les corps gras sont liquides ou solides à température ambiante selon leurs composition chimique, les glycérides sont d'autant plus solides lorsqu'ils sont plus saturés et que leurs poids moléculaire est plus élevé (*KOOLMAN et ROHM, 1999*).

#### **I.4.1.2. Densité**

Les AG et les lipides en général ont une densité inférieure à celle de l'eau ce qui explique pourquoi les lipides flottent sur l'eau (*FRENOT et VIERLING, 2005*). Elle diminue au fur et à mesure que le PM des AG diminue et que leur insaturationaugmente (*UZZAN, 1992*).

#### **I.4.1.3. Solubilité**

Les AG sont bipolaire (pôle hydrophobe et pôle hydrophile) ; le comportement globale de la molécule dépend de la taille de la chaîne carbonée : si la chaîne aliphatique est petite (ayant au moins de 6 carbones), c'est le comportement hydrophile qui l'emporte, la molécule est donc soluble.

En milieu aqueux. Si la chaîne carbonée est moyenne ou longue (ayant plus de 8 carbones), les propriétés liées à l'hydrophobie vont en croissant, en particulier l'insolubilité dans l'eau (MASSON,2002).

#### I.4.1.4. Point de fusion

Le point de fusion est la température à laquelle un CG passe de l'état solide à l'état liquide (MASSON,2002), la température de fusion des AG augmente avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée, et elle diminue avec le nombre de doubles liaisons (l'abaissement est plus grand pour la forme « cis » que pour la forme « trans »). Le point de fusion diminue avec le nombre de doubles liaisons.

Le tableau suivant donne la température de fusion de quelques AG :

**Tableau IX** : Point de fusion de quelques AG (ALAIS *et al.*, 2003).

Désignation	Nombres d'atomes de carbone	Nombre de doubles Liaison	Point de fusion
<b>Acide oléique</b>	18	1	13,4°C
<b>Acide linoléique</b>	18	2	-5°C
<b>Acide <math>\alpha</math>-linoléique</b>	18	3	-11°C

#### I.4.1.5. Point d'ébullition

Le point d'ébullition des AG augmente avec la longueur de la chaîne ; les doubles liaisons l'influencent peu. Le tableau suivant indique le point d'ébullition de quelques AG.

**Tableau X** : Points d'ébullition de certains AG (DIEFFENBACHER *et al.*, 2000).

Les AG	Points d'ébullition
<b>Acides gras saturés :</b>	
Acide myristique C14	127
Acide palmitique C16	148
Acide stéarique C18	166
<b>Acides gras insaturés :</b>	
Acide oléique C18 :1	165
Acide linoléique C18 :2	164
Acide $\alpha$ -linoléique C18 :3	163

#### I.4.1.6. Résistance thermique (point de fumé et le point éclair)

Le point de fumée est la température la plus basse à laquelle un échantillon chauffé, dans des conditions bien définies, commence à émettre la fumée de façon nettement visible (*DIEFFENBACHER et al., 2000*).

Le point éclair est la température à laquelle une huile chauffée s'enflamme au contact d'une flamme (*CHARBONNIER, 1996*).

#### I.4.2. Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques des acides gras sont liées d'une part au groupement carboxylique et d'autre part à la chaîne carbonée.

##### I.4.2.1. Propriétés liées au groupement carboxylique

###### I.4.2.1.1. Formation d'ester

L'estérification est la condensation d'une fonction carboxylique avec une fonction alcool selon la réaction suivante :



**Figure1** : Réaction d'estérification (*MASSON, 2002*)

###### I.4.2.1.2. Formation de sels (savon)

La saponification est une réaction de neutralisation des acides gras par les bases (KOH et NaOH). L'indice de saponification est inversement proportionnel à la longueur des AG (*MASSON, 2002*).

###### I.4.2.1.3. Formation des AG libres

Les AG libres sont issus de l'hydrolyse de triacylglycérols (*ALIAS et al., 2003*).

##### I.4.2.2. Propriétés liées à la chaîne hydrocarbonée

La présence de doubles liaisons dans la chaîne carbonée confère aux acides gras une certaine réactivité. En effet, les liaisons éthyléniques peuvent faire l'objet des réactions d'additions (*MASSON, 2002*).

###### I.4.2.2.1. Fixation d'hydrogènes

L'hydrogénation permet la diminution de l'insaturation des CG par fixation d'hydrogène sur les doubles liaisons de la chaîne hydrocarbonée, sous l'action de la chaleur, de la pression et en présence d'un catalyseur tel que le Nickel (*VIERLING, 2003*).

###### I.4.2.2.2. Fixation d'halogènes

La réaction d'addition peut avoir lieu avec les halogènes, comme l'iode. Cette réaction est utilisée pour définir l'indice d'iode ; celui-ci augmente avec le nombre d'insaturation (MASSON, 2002).

La réactivité des doubles liaisons des chaînes carbonées peut aussi être à l'origine de réaction d'oxydation, d'isomérisation, de polymérisation et de cyclisation (MASSON, 2002).

Les propriétés physico-chimiques attribuées aux corps gras sont illustrées dans le tableau (Annexe 9).

## **I.5. Rôle des corps gras**

Les matières grasses jouent un rôle important dans l'alimentation et dans l'industrie agroalimentaire.

### **I.5.1. Rôle nutritionnel**

Il présente un apport d'énergie élevé (9Kcal/g) et d'acide gras essentiel : acide linoléique ( $\omega_6$ ) et l'acide  $\alpha$ -linoléique ( $\omega_3$ ) qui ont pour rôle de diminuer les risques des maladies cardiovasculaires. Et apport en vitamines liposolubles A, D, K, essentiellement la vitamine E qui joue un rôle antioxydant (ayant aussi un apport de phytonutriments qui jouent un rôle hypocholestérolémiant) (JEANTET *et al.*, 2006).

Le tableau résumant les différents rôles des vitamines liposolubles et leurs principaux apports alimentaires est illustré dans (Annexe 10).

### **I.5.2. Rôle organoleptique**

Ces corps gras peuvent être utilisés comme un agent de sapidité et agent de texture dans la préparation des pâtes brisées, feuilletées, sablées ou dans la garniture des préparations culinaires (VIERLING, 2003).

Il augmente l'appétence des aliments (corps gras tartinables et huiles fluides pour assaisonnement) et il se présente comme un support d'arôme ou précurseurs des molécules aromatiques (VIERLING, 2003).

### **I.5.3. Rôle technologique**

Ils constituent un milieu de conservation contre les bactéries aérobies, un fluide caloporteur ou vecteur de chaleur dans la cuisson des aliments notamment la friture est un agent émulsifiant (DIEFFENBACHER *et al.*, 2000).

### **I.5.4. Rôle biologique**

Selon TOUTOU (2005), les matières grasses font partie des constituants membranaires, réserves d'énergie pour la cellule et sont des précurseurs des stéroïdes, des vitamines liposolubles et des prostaglandines.

## **I.6. Source d'acides gras essentiels**

Parmi les AGPI, on trouve la famille des AGE. Il a été admis que tous les AGPI ne sont pas essentiels. En effet, selon ANONYME2 (2002), un AGPI est essentiel s'il permet de

prévenir ou de guérir complètement certains symptômes résultant d'une absence totale des lipides dans le régime alimentaire.

Les principales sources d'acides gras essentiels sont les huiles végétales, les margarines élaborées à partir de ces dernières et les huiles des poissons (*Annexe II*).

### **I.7. Besoins et apports lipidiques recommandés**

La consommation conseillée des corps gras est de 30 à 35% de l'apport énergétique total, tandis que les apports recommandés en acides gras sont les suivants :

- ❖ 25% d'acides gras saturés, soit 7,5% de l'apport énergétique total (A.E.T) ;
- ❖ 50% d'acides gras mono insaturés, soit 15% de L' AET ;
- ❖ 25% d'acides gras polyinsaturés, soit 7,5% d'AET avec un rapport (acide linoléique/acide  $\alpha$ -linoléique) compris entre 4 et 10 (*FRENOT et VIERLING, 2001*).

Par ailleurs, on recommande un apport calorique de 2100 calories par jour avec une consommation de 72g de lipides. L'acide linoléique n'apporte que 6,5% des calories totales et l'acide  $\alpha$ -linoléique 1% (*ANONYME 2, 2002*).

## II. Généralités sur les huiles végétales

### II.1. Définition

Les huiles sont des composantes d'AG avec des structures chimiques différentes l'une de l'autre ; elles sont composées de TG formés essentiellement d'AG qui sont soit saturés (AGS) ou insaturés (AGMI et AGPI) (ANONYME, 1992).

Les huiles sont liquides à température ordinaire et insolubles dans l'eau. Elles sont destinées à de nombreux usages (assaisonnement, fritures). Les CG culinaires que l'on appelle « huiles » sont d'origine végétale, extraits soit de graines (tournesol, arachides, colza, sésame, soja, coton, ...), de fruit (olives, noix, ...) et de racines (souchet : rhizomes de plants aquatiques comestibles) (APFELBAUM, 2004).

Les huiles majoritaires trouvées dans le commerce sont les huiles raffinées, plus stables, et sans arrière-goût végétal car les mucilages, les gommages, la lécithine et d'autres composés végétaux indésirables ont été éliminés lors de raffinage. Plus une huile contient des AGPI, plus elle nécessite des précautions pour sa conservation, mais son intérêt nutritionnel est plus grand également (APFELBAUM, 2004).

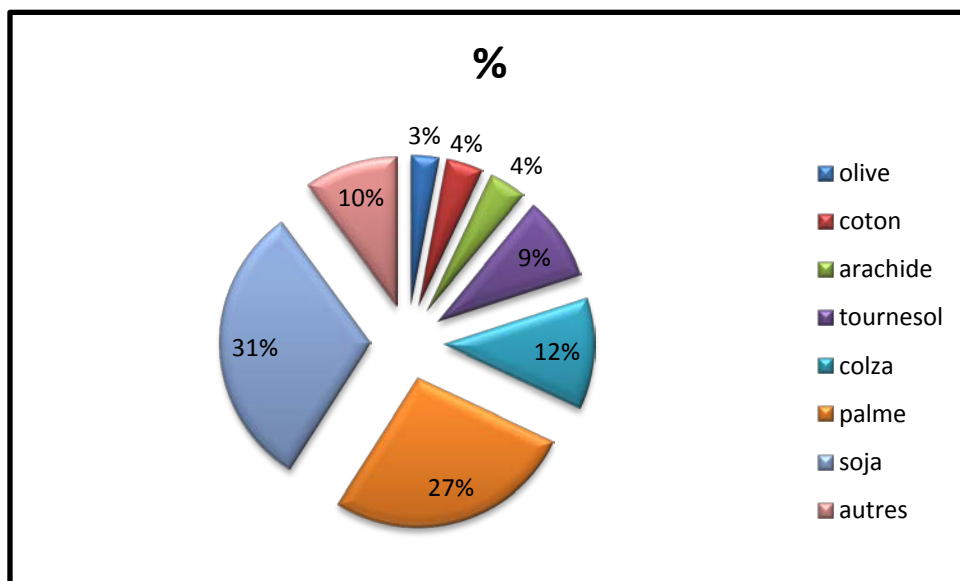
### II.2. Production mondiale

Depuis 1981, la production mondiale d'huiles végétales progresse régulièrement. En 2003, elle atteint 102 Mt. Comme le montre la *figure 2*, le soja occupe toujours la première place des huiles produites dans le monde avec 31 millions de tonnes, soit 31% de la production mondiale (contre 32% en 1981).

Depuis 1981, la production mondiale d'huile de palme a été multipliée par 6 et occupe, en 2003, la deuxième place derrière le soja, avec 28 millions de tonnes, soit 27% de la production mondiale (contre 12% en 1981).

L'huile de colza a également connu une bonne progression puisqu'elle a triplé depuis 1981, et se place, à présent, en troisième position, avec 12% de la production mondiale (11% en 1981), soit 12,5 millions de tonnes.

En 2001, la Chine est devenue le premier producteur de corps gras (13% en 2003), devançant les USA et l'UE (12% chacun) (ANONYME 1, 2014).



**Figure 2** : Production mondiale d'huiles et de graisses végétales en 2003 (ANONYME 1, 2003)

À la faveur d'un cours de l'huile de tournesol plus avantageux, les pays d'Afrique du Nord (Algérie, Egypte, Libye, Maroc et Tunisie) devraient plus que doubler leurs importations d'huile de tournesol en 2011/2012, selon *Oil World*. Elles pourraient atteindre un record d'environ 750000 tonnes contre 390000 tonnes en 2010/2011. Les principaux fournisseurs seraient l'Ukraine, la Russie et l'Argentine (ANONYME 3, 2014).

Globalement les importations d'huile et de matières grasses devraient s'approcher d'un nouveau record à 3,4 millions de tonnes (Mt) en 2011/2012 contre 3,3 Mt en 2010/2011. L'Egypte est le premier importateur (1,75 Mt), suivie de l'Algérie (0,6 Mt), du Maroc (0,51 Mt), de la Tunisie (0,35 Mt) et de la Libye (0,16 Mt) (ANONYME 3, 2014).

### II.3. Les différentes huiles commercialisées en Algérie et leurs compositions

Il existe sur le marché algérien différentes marques d'huiles végétales alimentaires, qu'elles soient pures (huile de soja et de Tournesol) ou mélangées, celles-ci sont utilisées pour l'assaisonnement, la cuisson ou la friture.

Les différentes compositions des huiles alimentaires fabriquées en Algérie sont représentées dans le tableau XI.

**Tableau XI** : Les différentes compositions des huiles alimentaires fabriquées en Algérie (ANONYME, 2010).

Marque	Nature de l'huile
Huile « Elio »	80 soja%et 20% tournesol
Huile « Fleurial »	100% tournesol
huile « Afia »	95 %soja et 5% maïs
Huiles« Huilor », « Lynor », « Oléor », « La Belle », « Lesieur »	100% soja
Huile « Safia »	60%tournesol et 40%colza

#### II.4. Classification

Les huiles alimentaires sont subdivisées selon leurs états physiques. Le tableau ci-dessous présente les différentes subdivisions des huiles selon leurs états physiques.

**Tableau XII** : Les différentes subdivisions des huiles selon leurs états physiques

Etat physique	Nature de l'huile	Référence
<b>Huiles fluides</b>	D'Arachide, de colza, de germe de maïs, de tournesol, de colza, de soja, d'olive, de noix, de pépin de raisin.	(DUPIN, 1992)
<b>Huiles végétales concrètes</b>	Graisses solide.	(ROGIS, 2002)
<b>Huiles de coprah</b>	Noix de Cocco, pépin de raisin.	(CHANG, 2001)
<b>Huiles de palme et palmiste</b>	Palme et palmistes.	(DUPIN, 1992)

#### II.5. Importance dans l'alimentation humaine

Les variétés d'huiles sont de plus en plus importantes, chaque huile à une composition particulière, c'est pourquoi chaque une a une utilisation conseillé ; on en trouve : les huiles classiques (tournesol, colza, arachide, etc.). Les huiles à usage spécifiques (fritures, fondue, pizza, ...), les huiles à goût cas des huiles aromatisées ; ail ; basilic...etc. ; huile de noix (de Cocco, de pépin de raisin, d'olive, ...etc.) et les nouvelles huiles (les huiles « santé ») (CHANG, 2001).

## II.6.Huile de tournesol



**Figure 3** : Plante de tournesol (WIKIPEDIA, 2014)

### II.6.1.Définition et origine

Le tournesol « *héliathus annus* » est une plante appartenant à la famille des astéracées (KARLESKIND, 1992). Il est originaire d'Amérique du nord ; c'est une plante connue depuis l'antiquité. Les amérindiens, fascinés par sa beauté et son aptitude à suivre le soleil, lui reconnaissant des vertus médicinales et nutritionnelles. Ils vénéraient la fleur et furent les premiers à la cultiver (ROGIS, 2002).

Les marins de cortès apportèrent du tournesol en Europe vers le milieu de XVI<sup>ème</sup> siècle. Grâce aux travaux d'ARTHUR BUNYAN, qui mit au point une méthode d'extraction de l'huile à partir de grain de tournesol, cette culture révéla son intérêt nutritionnel et se développa considérablement. Elle s'étendit alors à l'ensemble de l'Europe au cours de XIX<sup>ème</sup> siècle et plus particulièrement en Russie où furent réalisés les premiers travaux de sélection (ROGIS, 2002).

L'huile de tournesol est jaune pâle, pratiquement dépourvue de goût ; sa teneur en acide linoléique est très élevée (62 à 70%), ce qui en fait l'une des meilleures sources d'acide gras essentiels, fortement insaturés (ROGIS, 2002).

La classification botanique du tournesol est représentée dans le tableau XIII.

**Tableau XIII**: Classification botanique du tournesol (ANONYME 1, 2014).

Classification classique	
Règne	Plantae
Division	Magnolophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Genre	Helianthus
Nom binomial	
<b>Helianthus annuus (L.) Merr, 1917</b>	
Classification phylogénétique	
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae

## II.6.2. Types d'huiles extraites

On distingue deux classes de tournesol, le standard et l'oléique. Pour le tournesol standard, les huiles ont comme caractéristique essentielle la richesse en acide linoléique 60 à 70% et 15 à 20% d'acide oléique (DELPLANQUE, 2000). L'apparition de tournesol oléique fut mentionnée pour la première fois en Russie dans les années 70 ; les huiles extraites sont riches en acide oléique (83%) (KARLESKIND, 1992).

## II.6.3. Composition

L'huile de tournesol se compose essentiellement de TG (97 à 98%) et de composés appelés composés mineurs (insaponifiable), car ils représentent moins de 2% dans l'huile raffinée (CATHERINE, 1990).

### II.6.3.1. Composition en acide gras

On constate l'importance des acides gras insaturés (87%) par rapport aux acides gras saturés (13%) ; on signalera l'importance de l'acide linoléique (C18 :2) et la faible teneur en acide linoléique (C18 :3) (KARLESKIND, 1992) (Annexe 12)

### II.6.3.2. Composition en insaponifiables

La teneur en insaponifiables est variable selon la nature de l'huile ; celle de tournesol est comprise entre 0.5 et 1.5%.

Le tableau XIV résume tous les constituants principaux d'insaponifiables.

**Tableau XIV** : Composition en insaponifiables de l'huile de tournesol (MERRIEN, 1992).

Composition en insaponifiable	Teneur en insaponifiables (en mg/100g de corps gras)
<b>Stérols</b>	325-515
<b>Hydrocarbures</b>	15-57
<b>Tocophérols</b>	44-120
<b>Alcools</b>	100

Les stérols représentent chez le tournesol entre 325 et 515mg/100g de CG. Les antioxydants (tocophérols) s'opposent au rancissement de l'huile, et la fraction la plus importante est représentée par  $\alpha$ -tocophérols.

## II.6.4. Caractéristiques

### II.6.4.1. Caractère nutritionnel

L'huile de tournesol est de saveur douce, d'odeur légère et agréable, sa couleur est jaune claire. Cette huile possède des qualités gustative et une valeur alimentaire lui permettant de tenir une place de choix parmi les autres huiles de grande consommation, en effet, l'huile de tournesol est riche en acide linoléique (C18:2) et elle est très faible en acide

linoléique(C18 :3). Sa principale qualité est donc sa richesse en acide linoléique que l'organisme humain ne peut pas synthétiser(KARLSKING, 1992).

#### II.6.4.2. Caractère physico-chimique

L'huile de tournesol possède certaines propriétés physico-chimiques qui sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau XV:** Principales constantes physico-chimiques de l'huile de tournesol(KARLSKING, 1992).

Caractéristiques	
• Densité à 20°C	0.920-0.925
• Indice de réfraction à 20°C	1.474-1.475
• Indice d'iode	120-134
• Indice de saponification	188-193
• Point de solidification °C	12-16
• Viscosité à 20°C	51-57

#### II.6.5.Utilisation alimentaire

L'huile de tournesol est utilisée dans l'industrie alimentaire pour la fabrication des sauces et des assaisonnements, ainsi que pour la friture et de nombreuses autres préparations. Sa richesse en acide linoléique est particulièrement recherchée pour la friture. Elle confère une bonne stabilité de l'huile à la cuisson et de bonne aptitude technologique pour la friture industrielle. En alimentation humaine, l'huile de tournesol réduit le taux de cholestérol sanguin et des maladies cardio-vasculaires(ROGIS, 2002).

#### II.6.6.Valeur nutritionnelle

Cette une huile utilisée comme huile de table grâce à sa richesse en acide gras essentiels. L'huile de tournesol a une très bonne action sur la peau, les muqueuses, le système nerveux et endocrinien ; elle est importante en cas de d'hypercholestérolémie, d'athérosclérose et d'une manière générale dans toute les maladies cardiovasculaires (CHUNG, 2001).

### II.7.Raffinage

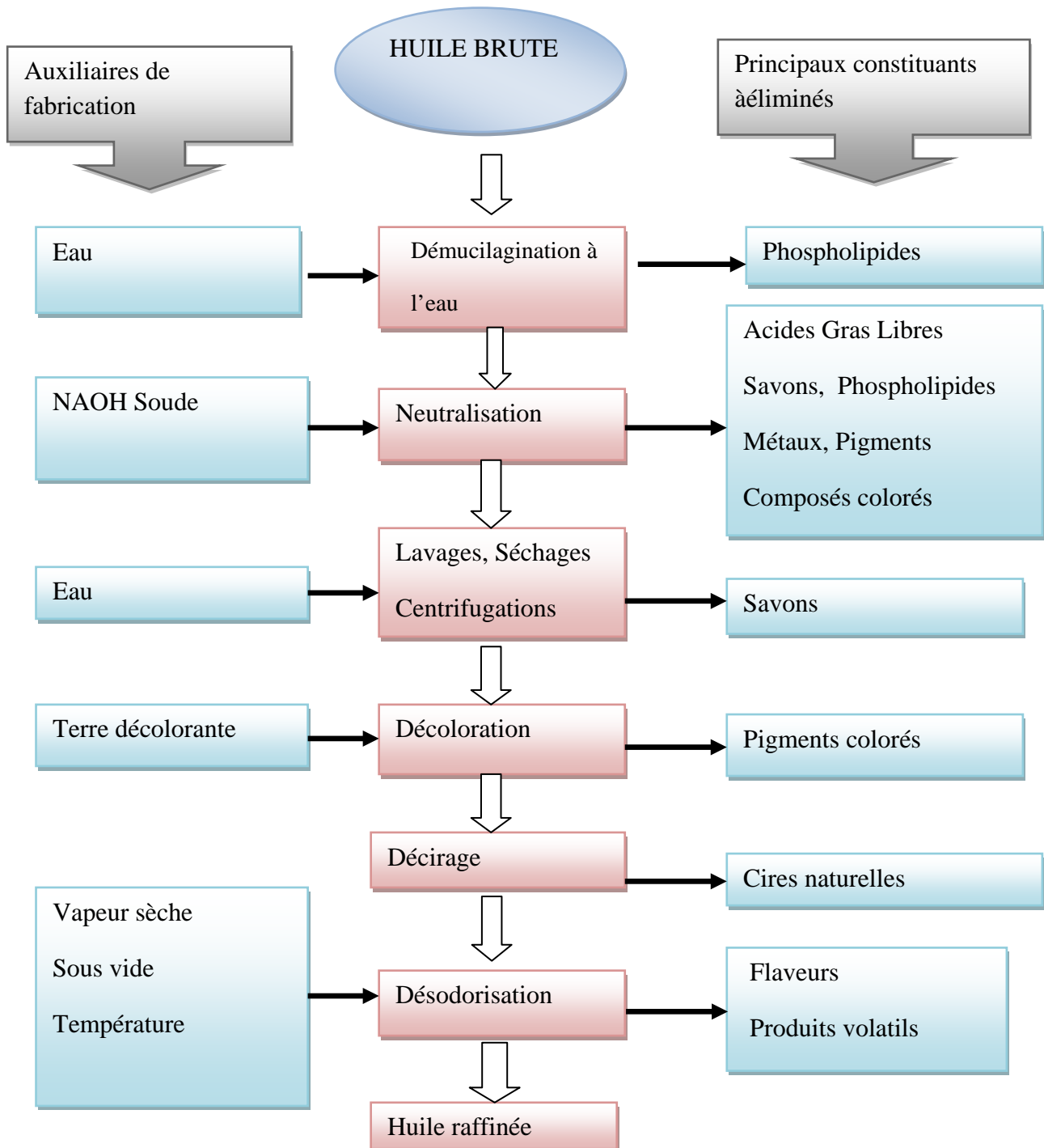
#### II.7.1.Définition

Le raffinage constitue une étape clé de production des huiles ; il permet d'obtenir une qualité conforme aux exigences des différentes utilisations alimentaires humaine, animales et cosmétique (FRANCOIS, 1974).

## II.7.2. But

Le raffinage des CG bruts doit garantir aux consommateurs un produit neutre, de gout agréable, résistant à l'oxydation et débarrasser de substances toxiques ou nocives (DENISE., 1982). Le raffinage permet d'obtenir une huile débarrassée de ses impuretés, dont la saveur est discrète et agréable, et qui présente toutes les garanties sur le plan de l'hygiène alimentaire (COSSUT, 2002). Les étapes préliminaires de préparation des graines et d'extraction d'huile sont résumées dans les annexes 13 et 14.

## II.7.3. Les étapes du raffinage chimique des huiles végétales brutes (Annexe 15).



**Figure 4:** Les étapes du raffinage chimique des huiles végétales brutes

### III. Végétaux riches en antioxydants

#### III.1. Romarin



**Figure 5** : Plante de romarin (WIKIPEDIA, 2014)

Le mot romarin (*Rosmarinus*) dérive du latin « *Ros* » : rosée et « *Marinus* » : marin ou de marin. Le romarin est un arbrisseau de la famille des *Lamiaceae* ; il est connu depuis l'oligocène ; c'est l'une des familles les plus répandues dans le bassin méditerranéen et notamment en Algérie. Elle comprend plus de 3300 espèces et environ 200 genres (BRUNETON, 1999).

La plante peut atteindre jusqu'à 1,5 mètre de hauteur ; elle est facilement reconnaissable en toute saison à ses feuilles persistantes (IBANES *et al.*, 2000).

La floraison commence dès le mois de février (janvier parfois) et se poursuit jusqu'au avril-mai. La couleur des fleurs varie du bleu pâle au violet (on trouve plus rarement la variété à fleurs blanches *Rosmarinus officinalis albiflorus*) (BRUNETON, 1999).

#### III.1.1. Classification

##### III.1.1.1. Classification phylogénétique

- **Ordre** : Lamiales
- **Famille** : Lamiaceae

##### III.1.1.2. Classification classique

- **Règne** : Plantae
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Ordre** : Lamiales
- **Famille** : Lamiaceae
- **Genre** : *Rosmarinus*
- **Espèce** : *Rosmarinus officinalis*

### **III.1.2. Distribution géographique et appellations**

#### **III.1.2.1. Air Géographique**

Le romarin pousse spontanément sur les côtes méditerranéennes et dans le sud-ouest de l'Asie ; il est souvent cultivé dans les jardins comme clôtures. Le romarin affectionne particulièrement les sols calcaires, c'est pour quoi on le trouve dans les garrigues maquis, pas loin de la mer (ABDEKRIM, 2003).

En Algérie, le romarin est l'une des espèces végétales excédant 50.00 ha sur le territoire nationale.

#### **III.1.2.2. Appellations régionales du romarin en Algérie**

Région de l'Est : EKLIL

Région de l'Ouest : HELHAL

Région du Centre : YAZIR, AMEZIR en région de Kabylie

### **III.1.3. Propriétés pharmacologiques et thérapeutiques du romarin**

Cette plante est utilisée en médecine en raison de ses différentes propriétés :

- ❖ Hépatoprotectrices, soulagement des désordres respiratoires (LEMONICA *et al.*, 1996 ; SOUZA *et al.*, 2008) ;
- ❖ Antibactériennes, antioxydantes (IBANES *et al.*, 2000 ; EREZ *et al.*, 2007 ; WANG *et al.*, 2008) ;
- ❖ Anti-inflammatoires, (CHUNG *et TAI*, 2007) ;
- ❖ Le carnosol du romarin possède une activité antivirale contre le virus du SIDA (HIV) (ARUOMA *et al.*, 1996), alors que l'acide carnosique a un effet inhibiteur très puissant contre la protéase de HIV-1 (PARIS *et al.*, 1993) ;
- ❖ Certains extraits de plantes aromatiques contenant de l'acide rosmarinique ont des applications dans les domaines alimentaire, cosmétique, pharmaceutique, dans la production des boissons, etc. (WANG *et al.*, 2004).

#### **III.1.4. Domaine d'utilisation du romarin**

Les extraits végétaux du romarin présentent un pouvoir antioxydant important, et peuvent être appliqués à la conservation des aliments et des huiles alimentaires. Ces propriétés sont dues aux acides polyphénoliques, rosmariniques et caféiques (LEUNG *et FOSTER*, 1996).

#### **III.1.5. Composition chimique**

Les principaux constituants du romarin responsables des différentes propriétés sont les acides phénoliques : acide rosmarinique, acide vanillique, acide caféique, et les flavonoïdes : genkwanine, (IBANEZ *et al.*, 2000), ériocitrine, hespéridine, diosmine, lutéoline (OKAMURA

et al., 1994 ; DEL BANO et al., 2004), apigénine (WANG et al., 2008). Dont le plus important est :

➤ **Acide rosmarinique**

L'acide rosmarinique, représente un exemple d'antioxydant pouvant être une bonne alternative aux antioxydants de synthèse, car il est présent dans plusieurs plantes. L'acide rosmarinique ( $C_{18}H_{16}O_8$ ) a été isolé pour la première fois à l'état pur par deux chimistes italiens. Son nom provient du nom de la plante à partir de laquelle il a été isolé, le romarin (*Rosmarinus officinalis*) (PETERSEN et SIMMOUNDS, 2003).

## III.2. Lavande

### III.2.1. Présentation



**Figure 6:** Plante de la lavande (WIKIPEDIA, 2014)

#### III.2.1.1. Historique et origine

La lavande appartient à la famille des labiées et fait partie du genre *lavandula* ; ce mot d'origine italien venant du latin, désignant une eau de toilette. Ce genre comprend vingt-cinq espèces (BOUSSARD et al., 1986).

Son aire géographique se situe autour du bassin méditerranéen et occupe une partie du continent asiatique, on trouve l'indes, mais aujourd'hui elle se rencontre un peu partout dans le monde, jusqu'à 2000m d'altitude (BOUSSARD et al., 1986).

#### III.2.1.2. Description du genre « *Lavandula* »

Selon GRAMMONT (1978), la lavande est une plante vivace, semi arbustive, atteignant 80cm de hauteur, caractérisée par une tige droite. Cette dernière porte des feuilles persistantes, entière ou dentées, opposées, grisâtre ou argentées (BOUSSARD et al., 1986).

Au sein du genre *Lavandula*, on cite la lavande sauvage (*Lavandula stoechas*) et la lavande cultivée (*Lavandula officinalis*) (Annexe 16) (BENISTON, 1984).

### III.2.1.3. Position taxonomique

Selon ABDEKRIM(2003), la lavande appartient :

- Règne : plantae
- Embranchement : spermaphytes
- Sous- embranchement : angiospermes
- Classe : magnoliopsida
- Sous-classe : asterida
- Ordre : lamiales
- Famille : lamiaceae
- Sous-famille : lavandulloideae
- Genre : lavandula
- Espèce :*Lavandulaofficinalis*  
:*Lavandulastoechas*

### III.2.2. Description et identification des deux espèces de la lavande

#### III.2.2.1. La lavande spontanée (*Lavandulastoechas*)

##### III.2.2.1.1. Critères d'identification

La lavande (*L. Stoechas*)est une plante vivace de 20 à 40cm de haut, à feuilles grisâtres et tomenteuse. A petites fleurs pourpres à noirâtre, surmontées d'une touffe de bractées violette, l'odeur est légèrement camphrée(*PINKAS et al., 1980 ; ROGER BIAIS, 1994*)

Selon *GUENTHER (1974) et PINKAS et al(1880)*,la partie utilisée de *lavandulastoechas* est les sommités fleuries.

##### III.2.2.1.2. Habitat

L'espèce occupe la totalité du bassin méditerranéen, ou elle colonise les garrigues, les matorrals, les maquis et les forêts de pin, sur substratum siliceux, acide (*BENISTON, 1984 ; BARTLES, 1998*).Cette espècedénotée « HALHAL » est très commune dans tout le territoirealgérien (*BABAAISSA, 2000*).

#### III.2.2.2. La lavande cultivée(*Lavandulaofficinalis*)

##### III.2.2.2.1. Caractères d'identification

*Lavandulaofficinalis*est une plante sous arbrisseau, elle est plus résistante, présente une tige fortement ramifiée, mesure de 20 à60 cmde haut, porte des rameaux herbacés densément ouvert de feuilles linéaires et présente de petite fleurs à calices bleuâtre.

##### III.2.2.2.2.Habitat

C'est une espèce originaire de bassin méditerranéen, souvent plantée dans les jardins campagnards et cultivée en plein champ (*JEAN VOLAK et al., 1983*).Ilexiste d'autres espèces dont les noms sont cités dans *l'annexe17*.

### **III.2.3. Utilisations de la lavande**

D'après *JEAU-MICHEL(1981)*, la lavande a de multiples utilisations :

#### **III.2.3.1. En parfumerie**

- utilisé la lavande pour parfumer le linge fraîchement lavé, pour éloigner les mites et parfumer la garde-robe ;
- Parfumer les savonnettes, les détergents et le papier hygiénique. Dans les parfums proprement dits, la lavande est surtout réservée aux hommes.

#### **III.2.3.2. En médecine**

- propriétés antiseptiques, bactéricides, désinfectantes, calmantes, antispasmodiques, des vertus cicatrisantes, antivenimeuses, pour combattre les mites et les poux ;
- combattre l'anxiété, la nervosité et les insomnies, ainsi que pour soulager les rhumatismes et soigner les infections des voies respiratoires ;
- L'huile essentielle de lavande est antiseptique et bactéricide. Appliquée pure sur la peau elle soulagerait les brûlures et les piqûres d'insectes. Appliquée sur les tempes, elle soulagerait les douleurs migraineuses ;
- utilisée dans quelques préparations culinaires.

## IV. Altération des corps gras

D'après *PERRIN (1989)*. Toutes les huiles végétales subissent au cours de leur conservation ou de leur utilisation différentes altérations qualifiées d'oxydation. Lorsqu'elles sont extraites de leur environnement protecteur (cellules).

### IV.1. Mécanismes d'oxydation des lipides

Ces mécanismes sont l'auto-oxydation, la photo-oxydation, l'oxydation enzymatique et l'hydrolyse. Dans les aliments, l'auto-oxydation est le phénomène le plus important suivi par la photo-oxydation. L'oxydation enzymatique et l'hydrolyse sont, de façon générale, moins importantes, bien que ces mécanismes puissent être critiques dans des circonstances particulières (*PERRIN, 1989*).

L'oxydation des lipides peut s'effectuer suivant différents mécanismes ; cependant les compositions des produits de la réaction sont les mêmes et indépendantes de mécanisme (*PERRIN, 1992*).

**Tableau XVI** : Mécanisme d'oxydation des lipides (*FREDOT, 2006*).

Type d'oxydation	Lipides oxydés	Catalyseurs	Agents oxydants	Prévention
<b>Auto-oxydation</b>	Tous les lipides insaturés	Métaux lourds et radicaux libres	Oxygènes triplet	Antioxydants
<b>Oxydation enzymatique</b>	Lipides polyinsaturés	Lipoxygénase	Oxygène triplet	Inactivation des enzymes
<b>Oxydation due à l'oxygène singulet</b>	Tous les lipides insaturés	Molécules photosensibles	Oxygène singulet	Piégeurs d'oxygène singulet

#### IV.1.1. Mécanisme de la photo-oxydation

La photo oxydation est une voie important de production des hydroperoxydes en présence d'oxygène, de l'énergie lumineuse et les photosensibilisateurs dont les plus connus sont les chlorophylles, les phéophytines, les métallporphyrine et les riboflavines(*RIAHI,2000*).

L'oxydation par l'oxygène singulet est très intense dans les aliments exposés à la lumière visible et ultra-violette. Ainsi les huiles alimentaires conservées dans des bouteilles incolores ne sont pas bien protégées de la lumière ; elles doivent, donc, être exemptes de produits chlorophylliens(*PERRIN, 1992*).

Deux situations peuvent se présenter :

- La photo-oxydation directe : la lumière joue le rôle d'accélérateur de la cinétique des réactions d'oxydations, mais les mécanismes chimiques restent les mêmes (JUDDE, 2004);
- Oxydation photo-sensibilisée : grâce à la présence nécessaire d'un agent photosensibilisateurs (pigments type chlorophylles, certains colorants, certaines vitamines, etc.) (JUDDE, 2004).

Les photo-sensibilisateurs (sens) absorbent l'énergie lumineuse et passent à l'état triplet excité (sens3), ils interviennent dans la réaction de l'oxydation des lipides selon 2 types de mécanismes (FRANKEL, 1998). Les photo-sensibilisateurs de type 1, tel que les riboflavines arrachent un atome d'hydrogène ou un électron aux molécules lipidiques, pour former un radicale capable de réagir avec l'oxygène.



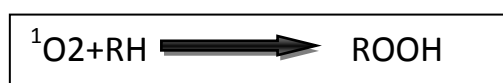
**Figure 7 :** Action des photo-sensibilisateurs de type 1 sur les AG

Selon le second mécanisme, les molécules photosensibles de type 2 tels que la chlorophylle, réagissent dans leur état excité (Sens 3) avec l'oxygène triplet auquel elle transfère leurs énergies pour donner de l'oxygène singulet ( $^1\text{O}_2$ ) (FRANKEL, 1998).



**Figure 8 :** Action des photo-sensibilisateurs de type 2 sur les AG

L'oxygène singulet ainsi formé est très électrophile, il peut réagir directement sur un AGI (RH) formant ainsi un hydroperoxyde ROOH



**Figure 9 :** Formation des hydroperoxydes à partir de l'oxygène singulet

Par la suite, intervient une réaction radicalaire en chaîne de l'auto-oxydation. Les hydroperoxydes formés sont différents de ceux formés par l'auto-oxydation (FRANKEL, 1998)

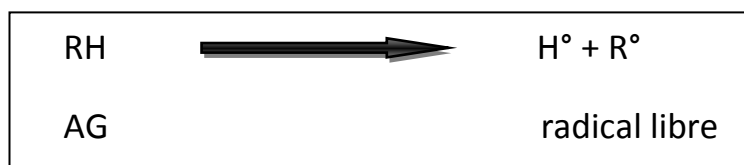
#### IV.1.2. Mécanisme de l'auto-oxydation

L'auto-oxydation des lipides est une réaction auto-catalytique. Il s'agit d'un enchaînement de réactions radicalaires se déroulant en trois étapes (EYMARD, 2003).

#### IV.1.2.1. Initiation

Dans la phase d'initiation ou d'induction, aucun changement apparent ne peut être détecté. Avec le temps, de plus en plus de produits de décomposition des AGI sont formés et peuvent être détectés.

Les réactions d'initiation conduisent à la formation des radicaux libres par la perte d'un proton dans un AG généralement non saturé selon la réaction suivant :



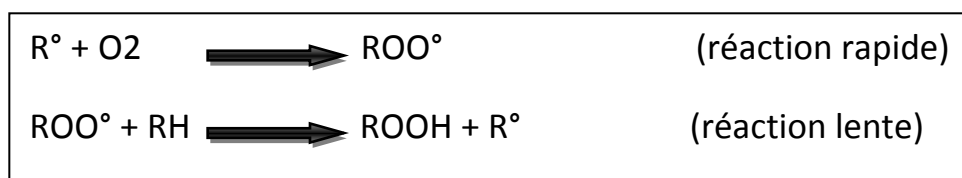
**Figure 10** : Phase d'initiation

La vitesse de la réaction d'initiation augmente avec l'insaturation des lipides, la température et l'énergie des radiations ionisantes ou solaires.

#### IV.1.2.2. Propagation

Elle est caractérisée par une accélération forte de la production de ses indicateurs. Ce n'est que pendant cette période que des quantités importantes de peroxydes s'accumulent pendant la dernière phase.

La propagation est une réaction radicalaire en chaîne. Les  $R^\circ$  formés fixent l'oxygène moléculaire et forment des radicaux peroxyde ( $ROO^\circ$ ). Ces derniers peuvent réagir avec une nouvelle molécule d'AG pour former des hydroperoxydes ( $ROOH$ ) et un autre  $R^\circ$ .

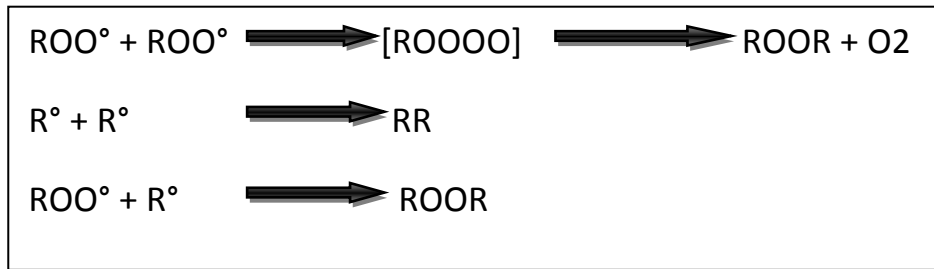


**Figure 11** : Phase de propagation

La vitesse de la réaction de propagation est lente lorsque la vitesse d'initiation est basse ; elle est accélérée avec l'augmentation de la température d'une part et du degré d'insaturation des huiles d'autre part. La réaction en chaîne est inhibée en présence d'antioxydants (*POKORNY, 2003*).

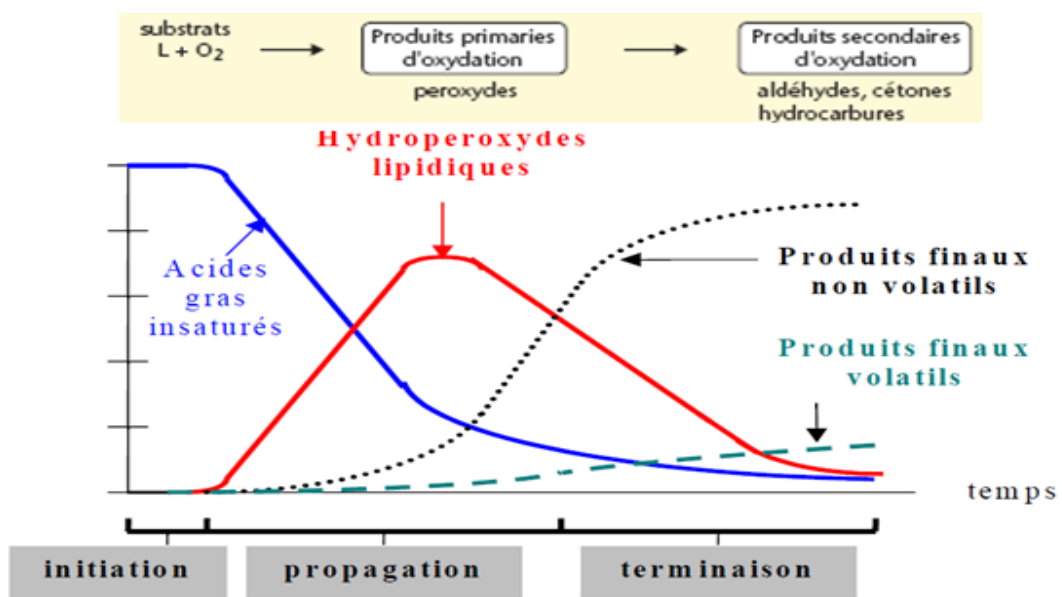
#### IV.1.2.3. Terminaison

Elle correspond à l'interaction entre deux radicaux libres ce qui donne des composés non radicalaires très divers (aldéhydes, cétones, hydrocarbures...) selon la réaction suivante (*ALAIS et al., 2003*).

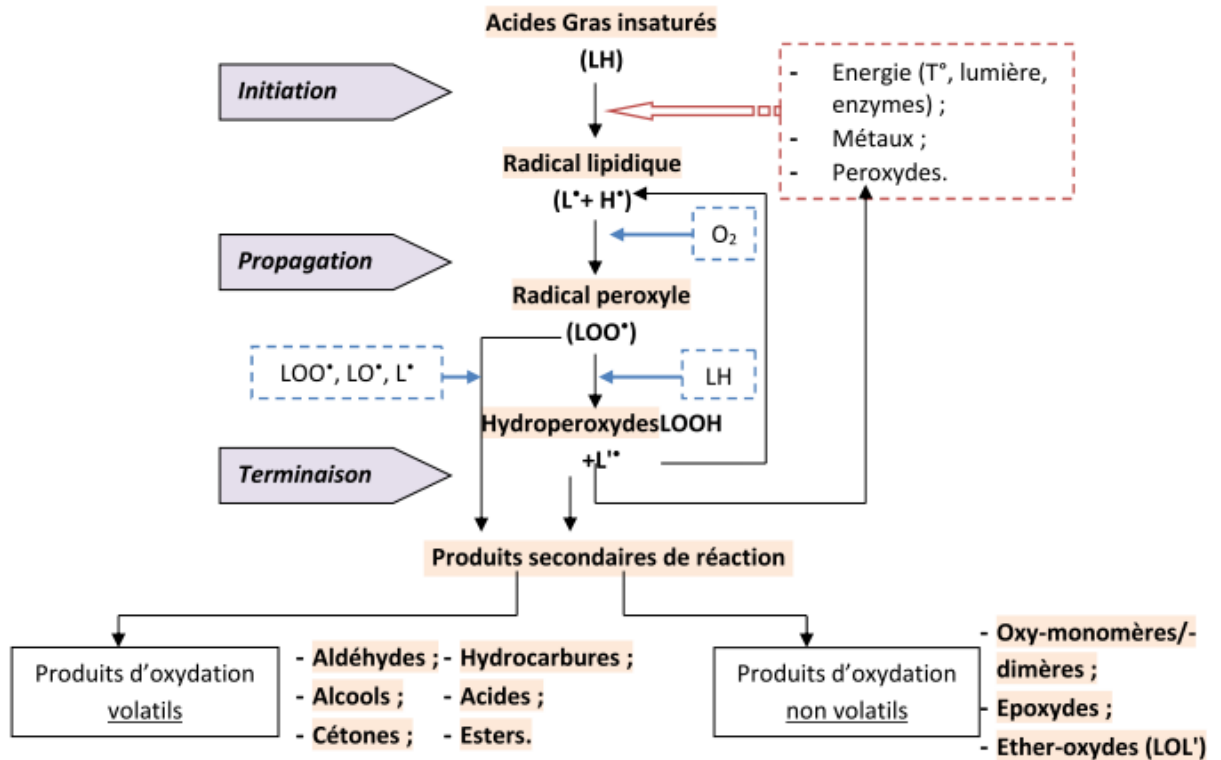


**Figure 12 :** Phase de terminaison

Les réactions de terminaison sont lentes lorsque la concentration en radicaux libres est basse (POKORNY, 2003).



**Figure 13.1:** Schématisation de la cinétique d'oxydation des acides gras insaturés (EYMARD, 2003).



**Figure 13.2** : Schéma générale des réactions d'auto-oxydation des AGI (EYMARD, 2003).

## IV.2. Facteurs influençant l'oxydation

### IV.2.1. Les catalyseurs de l'oxydation

La réaction d'oxydation peut être accélérée par divers facteurs :

- ❖ La lumière ;
- ❖ La présence d'oxygène ;
- ❖ Le degré d'insaturation : plus l'insaturation globale est importante, plus les transformations notées sont nombreuses ;
- ❖ La présence des radicaux libres ;
- ❖ La présence d'acides gras insaturés libres : ces acides gras, selon *MULTON(1982)*, s'oxydent plus vite quand ils sont sous forme libres qu'estérifiés au glycérol ;
- ❖ Les traces métalliques : telles qu'elle soit, ils sont toujours des catalyseurs d'oxydation ; selon *CHEFTEL(1976)*, le fer et surtout le cuivre accélèrent particulièrement le phénomène d'oxydation ;
- ❖ La température : les hautes températures provoquent une auto-oxydation rapide des matières grasses.

Selon *MARCUS (1973)*, la température élevée favorise la réaction de propagation : formation d'un peroxyde et d'un radical libre. La température varie aussi le type d'oxydation.

#### **IV.2.2. Les facteurs retardant l'oxydation**

L'auto-oxydation est un processus de détérioration qui, selon *CHEFTEL(1976)*, ne peut être que retardé. Les moyens possibles pour retarder les réactions d'oxydation sont :

- ❖ Conservation des corps gras à basse température et à l'abri de la lumière ;
- ❖ Exclusion de l'oxygène par conservation des huiles sous vide ou par utilisation de fixateur d'oxygène, tel que l'acide ascorbique ;
- ❖ Emploi d'agent de complexation de métaux lourds tel que l'acide citrique ;
- ❖ neutralisation des radicaux libres par l'emploi d'antioxydants naturels (les tocophérols) ou de synthèse (composés phénoliques).

#### **IV.3. Oxydation et qualité des aliments**

##### **IV.3.1. Oxydation et qualité nutritionnelle**

La perte en acides gras insaturés pose problème dans la mesure où ces nutriments ne peuvent pas être synthétisés par l'homme. Les plus importants sont les plus insaturés donc les plus fragiles. Il y a également des pertes en vitamines et en protéines (*SALVAYRE et al., 2002*).

##### **IV.3.2. Oxydation et qualité hygiénique**

Il n'y a pas de problème bactériologique, mais en terme de qualité chimique, il y a formation de composés plus ou moins toxiques. En effet, les hydroperoxydes formés dégradent les membranes cellulaires, et les époxydes n'étant pas métabolisables, s'accumulent et entraînent différentes hypertrophies d'organes (*CHEFTEL, 1976*).

##### **IV.3.3. Oxydation et qualités organoleptiques**

L'apparition de saveurs rances dues aux acides et aux cétones, ainsi qu'aux aldéhydes (*TURNER et al., 2006*).

#### IV.4. Les maladies provoquées par les radicaux libres

Les radicaux libres sont une source importante de plusieurs maladies, ils touchent à différents organes et perturbent leurs fonctionnements naturels.

**TableauXVII :** Maladies provoquées par les radicaux libres (*SALVAYRE et al., 2002; TURNER et al., 2006*).

Maladies	Organes touchés	Conséquences
<b>Le cancer</b>	ADN	Le Cancer est due aux dégâts créés sur l'ADN en amplifiant les signaux de prolifération et en inhibant les antioncogènes.
<b>Athérosclérose</b>	Cœur	L'athérosclérose est due aux produits de l'oxydation du cholestérol, Les radicaux libres sont impliqués dans les phénomènes d'hypertension et peuvent provoquer des dégâts au sein même du cœur tel l'infarctus.
<b>diabète</b>	pancréas	Le diabète est dû à l'augmentation de la glycosilation des protéines
<b>Dégénérescence nerveuse</b>	Cerveau	La dégénérescence nerveuse est due a l'augmente de taux de RL provoquant ainsi des troubles de désorientation, de modification des relations, de trouble du sommeil...

## V. Antioxydants

### V.1. Définition

Un antioxydant est une molécule qui diminue ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques. Les antioxydants s'utilisent pour réduire l'oxydation du produit auquel ils sont mélangés.

L'effet des antioxydants provient de deux mécanismes : ils neutralisent les radicaux libres et empêchent les réactions en chaîne initialisées par ces derniers ; les antioxydants détruisent les hydroperoxydes (composés intermédiaires formant des radicaux libres en interrompant la liaison O-O), diminuant ainsi la vitesse de formation des radicaux libres (RIBERIO *et al.*, 2001).

L'oxydation des lipides représente un problème important pour certaines industries puisqu'elle est responsable de la baisse de qualité et la diminution de la durée de conservation des produits alimentaires (YEPEZ *et al.*, 2002). Ce phénomène génère l'odeur de rance des aliments en putréfaction. L'addition des antioxydants est une solution pour protéger de tels produits de l'oxydation (KOSAR *et al.*, 2003).

Les antioxydants synthétiques sont utilisés depuis de nombreuses années. Mais, récemment, beaucoup d'études ont confirmé la toxicité élevée de ces molécules de synthèse utilisés dans l'industrie alimentaire, comme par exemple, le butylhydroxytoluène (BHT), l'hydroxyanisole butyle (BHA), le tert-butylhydroquinone (TBHQ) (RIBEIRO *et al.*, 2001 ; MARONGIU *et al.*, 2004).

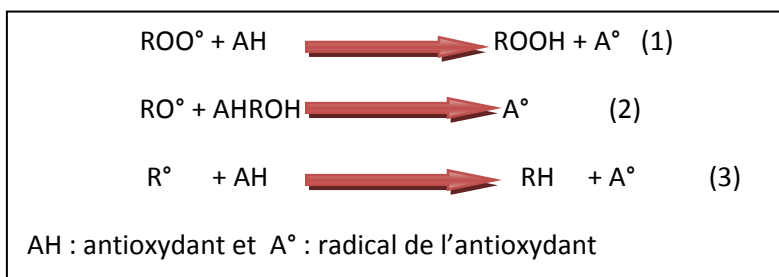
Le besoin de réduire l'utilisation des antioxydants synthétiques (maintenant limitée dans plusieurs pays en raison de leurs possibles effets indésirables sur la santé humaine) impose d'orienter le marché vers des antioxydants d'origine naturelle et stimule la recherche dans ce domaine (HERODEZ *et al.*, 2003).

Les plantes représentent une source très riche et renouvelable d'antioxydants naturels (RIBEIRO *et al.*, 2001 et MARONGIU *et al.*, 2004). L'industrie des aliments propose plusieurs antioxydants naturels comme additifs alimentaires. Le développement de méthodes de production de ces substances naturelles, spécialement à partir de plantes, est un domaine prometteur et en pleine croissance (YEPEZ *et al.*, 2002).

### V.2. Différents types d'antioxydants

#### V.2.1. Antioxydants de type I

Ce groupe peut inhiber la propagation des réactions radicalaires en fournissant l'hydrogène aux radicaux libres (KORTENCHKA *et al.*, 2002).



**Figure 14** :Antioxydants de type I

Les radicaux  $A^\circ$  qui se forment sont relativement stables et ne possèdent pas d'énergie suffisante pour arracher un hydrogène aux lipides. Ils subissent une réaction d'arrêt aboutissant à la formation de produits non radicalaires (*PINCEMAIL et al., 1998*).

En effet, l'antioxydant réagit avec le  $R^\circ$  en convertissant ce dernier en ROOH ou en dérivées hydroxyliques de type R-OH. En règle général, les formes radicalaires de l'antioxydant peuvent soit réagir entre elles pour donner des dimères, soit réagir avec un second radical lipidique (*DENISOV et DEMISAVA, 2000 cités par POKORNY, 2003*).

### V.2.2. Antioxydants de type II

Les antioxydants de cette catégorie sont les composés qui agissent en empêchant ou en diminuant la formation de radicaux libres (*ROLLAND, 2004*). Les plus utilisés sont des agents complexant les ions métalliques réduisant l'effet pro-oxydant des ions ; c'est le cas d'acide phosphorique, citrique et les ascorbates. Ils agissent en stabilisant la forme bivalente du métal dont l'action catalysant est plus faible que celle de la forme trivalente.

La classification de ces antioxydants se présente comme suit :

#### V.2.2.1. Antioxydants secondaires synergistes

Ce sont des substances qui prolongent la durée de vie des antioxydants primaires, et améliorent l'action de certains antioxydants ce qui se traduit souvent par un accroissement de la période de protection. Parmi eux se trouvent : l'acide ascorbique et son homologue palmitate d'ascorbyle, les acides lactiques, tartriques et orthophosphoriques et leurs sels de sodium, potassium ou calcium. L'efficacité des antioxydants peut être augmentée par l'utilisation d'un mélange d'antioxydant de type I et II. L'association de ces deux types d'antioxydants permet d'inhiber les phases d'initiation et de propagation de l'oxydation des lipides (*FRANKEL, 1998*).

#### V.2.2.2. Antioxydants secondaires « chélateurs de métal »

Ils piègent les métaux pro-oxydants (fer et cuivre) ; c'est le cas d'acide citrique et des lécithines qui présentent une efficacité pour des doses d'incorporation faibles, à partir de 50 ppm (FRANKEL, 1998).

#### V.2.2.3. Antioxydants secondaire ayants un rôle spécifique et agissant sur l'oxygène

Le  $\beta$ -carotène est capable de piéger l'oxygène sous sa forme singulet et peut donc intervenir dans le cas d'une oxydation photo-sensibilisée.

Il est important également de signaler l'effet antioxydants des phospholipides (lécithines) utilisés en synergie avec les tocophérols naturellement présents dans les huiles végétales (JUIDDE, 2004).

De manière générale, il est pertinent de combiner les antioxydants entre eux, en associant par exemple, l'efficacité d'un antioxydant primaire avec un antioxydant secondaire synergiste, prolongeant la durée de vie du premier, et un antioxydant secondaire chélateur de métaux (JUIDDE, 2004).

#### V.2.3. Antioxydants de type III

Ils regroupent les facteurs de l'environnement qui ont une action anti-oxydante, en agissant sur le potentiel d'ox-red du milieu, la température, la pression en oxygène, la lumière. La mise sous vide permet de limiter les réactions d'oxydation et de prolonger la durée de vie des produits. L'emballage peut également être réalisé sous atmosphère modifiée ( $N_2O_2CO_2$ ) (JUIDDE, 2004).

#### V.2.4. Antioxydants synthétiques

Parmi les antioxydants phénoliques de synthèse qui sont autorisés dans certains aliments : le BHT (E321) (3,5-ditertiobutyl-4-hydroxytoluène) et le BHA (E320) (3-tertiobutyl-4-hydroxyansiole) ; ils sont solubles dans les lipides et résistent bien à la chaleur. Ils ont une action synergique ; ils présentent l'inconvénient d'avoir une odeur désagréable et s'évaporent rapidement. Le TBHQ (tertiobutyl-hydroxyquinone) est moins soluble dans les graisses ; le gallate de propylée (PG) a l'avantage d'être relativement soluble dans l'eau, mais peu soluble dans les lipides, peu résistant à la chaleur et donne avec le fer des sels de couleur foncés. Le nitrite présente des propriétés anti-oxydantes ; il peut aussi former des nitrosamines cancérigènes. Les chélateurs de métaux utilisés et les plus efficaces sont les polyphosphates et les dérivés d'acide citrique (PIBIRI, 2005).

#### V.2.5. Autres types d'antioxydants

Certains composés protéiques possèdent une activité anti-oxydante. C'est le cas par exemple de la carnosine (KANSCI et COLL, 1997), des concentrés protéiques obtenus à partir du lait. Ils sont susceptibles de complexer le fer. De plus, ils contiennent des composés polyphénoliques et des flavonoïdes présentant une activité antioxydant.

### V.3.Composes phénoliques

#### V.3.1. Définition

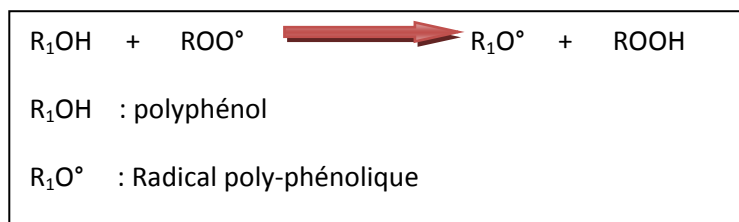
Les polyphénols sont des molécules spécifiques du règne végétal ; elles renferment une panoplie de substances organiques de structures variées ; leur élément structural de base est un noyau benzénique auquel sont directement liés un ou plusieurs groupes hydroxyles, ceux-ci sont libres ou engagés dans une autre fonction chimique (éther méthylique, ester, sucre,...)(*YANG et al., 2010*).

Selon leurs caractéristiques structurales ; ils se répartissent dans différentes familles : Anthocyanes, flavonoïdes, tanins, acides, phénols.

#### V.3.2. Activité anti-oxydante

Les polyphénols sont connus pour leur activité anti-oxydante (*YANG et al., 2010*). Ils sont, en effet, les antioxydants les plus abondants du régime alimentaire et jouent un rôle majeur en contrôlant les réactions d'oxydation (*in vivo*). Ils peuvent piéger les radicaux libres et rompre les chaînes de réactions de peroxydation (*SCALBERT et WILLIAMSON, 2000*).

L'efficacité anti-radicalaire d'un composé phénolique dépend de sa capacité à céder un ou plusieurs  $H^+$  et ensuite à se stabiliser ; cette efficacité est fortement liée à la structure de la molécule (substitution de la molécule, polarité...). Le mécanisme d'action des polyphénols est le suivant :



**Figure 15** : Mécanisme d'action des polyphénols

## I. Matériels et méthodes

### I.1. Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'effet de l'incorporation des plantes séchées à effet antioxydant dans une huile fortement consommée en Algérie (huile 100% tournesol dénommée «FLEURIAL»), Cette huile a été choisie en raison de sa forte utilisation dans les préparations culinaires; elle est riche en acide gras essentiel, surtout l'acide linoléique, en fin, cette huile subit facilement le rancissement à cause de son haut degré d'insaturation (SHAHIDI *et al.*, 1992).

Les plantes qui font l'objet dans notre expérimentation, sont très connues dans les différentes régions de la Kabylie, elles sont connues par leurs effets thérapeutiques et leurs utilisations culinaires dans l'élaboration de différents plats, on parle alors de *Rosmarinus officinalis* et *Lavandula officinalis*, appelées dans le langage courant romarin et la lavande respectivement.

Toutes ces plantes ont en commun leur utilisation en parfumerie, en médecine et en cuisine traditionnelle et moderne.

En fin, l'auto-oxydation et la photo-oxydation sont respectivement des processus d'oxydation naturelle et chimique des huiles alimentaires. Ces réactions d'altérations se traduisent par leurs rancissements ; les acides gras des huiles sont convertis en acides gras libres. De plus, ceux-ci donnent, aussi, naissance à une odeur à l'huile au cours de sa conservation (ANWAR *et al.*, 2003).

### I.2. Protocole expérimentale

L'huile utilisée dans notre étude est achetée dans le commerce le 20/01/2015 à TIZI-OUZOU après 25 jours de sa production et exposition dans le marché.

Les deux plantes (romarin et la lavande) incorporées dans les échantillons d'huile ont été récoltés le mois de mai, à la région des OUADHIAS (village D'AIT ERGANE), ces plantes ont été bien entretenues, ce qui veut dire qu'elles étaient bien nettoyer, bien laver, et sécher à l'abri de la lumière (à l'obscurité).

L'huile de tournesol est répartie dans 6 bouteilles en verre à raison de 5g de feuille de plante dans 300ml d'huile. Les plantes ont subi une macération dans l'huile de tournesol pendant 48h à l'abri de la lumière avec agitation manuelle de 3 fois par jour. Ensuite, l'huile est filtrée pour se débarrasser des feuilles de plante incorporées à l'intérieur.

Deux lots de 3 échantillons ont été constitués, et chaque lot avec 1 bouteille aux feuilles de romarin, 1 bouteille aux feuilles de la lavande et 1 autre sans feuilles (huile fraîche). Un lot est soumis à l'auto-oxydation (à la température ambiante dans l'obscurité) et l'autre lot est soumis à la photo-oxydation (exposition à la lumière). La durée expérimentale est de 15 jours.

Les échantillons d'huiles ont été analysés après 2, 7, 10, et 15 jours. Cela permet de suivre l'évolution de degré d'auto-oxydation et de la photo-oxydation des échantillons d'huiles. Cela peut être évalué par la mesure des paramètres physiques telle que l'humidité et l'extinction au ultraviolet, et des critères chimiques comme l'indice d'acide, l'indice de peroxyde, l'indice d'iode et l'indice de saponification. Ces mêmes analyses ont également, été faites sur l'huile « FLEURIAL » fraîche.

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées on fonction de la disponibilité du matériels et les laboratoires.

Les normes que nous avons utilisées pour la mesure des différents paramètres sont citées dans le tableau XXIII:

**Tableau XVIII :** Normes des différentes analyses physico-chimiques

Analyse	Unité	Normes
Humidité	%	A.F.N.O.R NF T606-201 1984
Densité à 20C°	-	ISO 6883,1987
Absorbance à l'UV	-	A.F.N.O.R T60-223, 1968
Acidité	% d (acide oléique)	NF T60-204 ,1988
Indice de peroxyde	Meq d'o <sub>2</sub> /kg mg	A.F.N.O.R VF T60-220, 1988
Indice d'iode	G d'iode /100g d'huile	NF T60-203,1968
Indice de saponification	Mg KOH/g MG	NF T60-206, 1968

### I.3. Analyse physique

#### I.3.1. Détermination de la teneur en eau et matières volatils ((A.F.N.O.R .NF T 606-201, 1984).

La teneur en eau est déterminée par la mesure de la perte en masse de l'échantillon chauffé à 103°C (+ ou - 3°C), pendant un temps suffisamment court pour éviter l'oxydation, mais suffisamment long pour permettre l'élimination totale de l'eau.

#### Principe

Le principe consiste à chauffer une prise d'essai à 103°C (+ ou -3°C) dans une étuve jusqu'à l'élimination complète de l'eau. La teneur en eau est exprimée en % en masse.

#### Expression des résultats

La teneur en eau est exprimée en % en masse est égale à :

$$H\% = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

Où :

$M_2$ : masse en gramme de la capsule et de la prise d'essai après chauffage ;

$M_1$  : masse en gramme de la capsule et de la prise d'essai avant chauffage ;

$M_0$  : masse en gramme de la capsule vide.

### I.3.2. Absorbance à UV

Le principe de cette méthode est fondé sur le fait que les hydro-péroxydes linoléiques absorbent les produits non volatils de décomposition à 232 nm.

Des hydro-péroxydes sont représentés essentiellement par des acides oxydés. Ces derniers sont des diènes conjugués absorbent à 232nm comme les peroxydes, soit des cétones insaturés absorbent à 270nm.

### Expression des résultats

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

$$E^{1\%}_{1\text{cm}}(\lambda) = A/c.d$$

Où :

$E^{1\%}_{1\text{cm}}(\lambda)$  : extinction spécifique à la longueur d'onde  $\lambda$  ;

$A(\lambda)$  : densité optique à la longueur d'onde  $\lambda$  ;

C: concentration de la solution à analyser ;

d: épaisseur de la cuve.

## I.4. Analyse chimiques

### I.4.1. L'acidité est l'indice d'acide (NF.T60-204 ,1988)

La mesure de la quantité des AGL d'un corps gras est l'un des meilleurs moyens de déterminer son altération par hydrolyse. La teneur en AGL d'une matière grasse s'explique de deux manières.

L'acidité (A%) d'une huile est le pourcentage d'AGL exprimé habituellement selon la nature des CG. Généralement, l'acidité est estimée selon le taux d'acide oléique pour l'ensemble des corps gras.

### Principe

Mise en solution d'une prise d'essai dans l'éthanol (jusqu'à la dissolution de corps gras), puis un titrage des acides gras libres avec une solution d'hydroxyde de potassium(KOH) selon la réaction suivante :



### Expression des résultats

L'indice d'acide est donné par la formule suivante :

$$IA = \frac{N \cdot V \cdot Eg}{m} \text{ (mg de KOH /g de CG)}$$

N : normalité de KOH ;

V : volume en ml de la chute de la burette ;

Eg : équivalent gramme de KOH= 56,1g ;

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

Et l'acidité par la relation suivante :

$$A = \frac{N \cdot V \cdot M}{10m}$$

Avec :

N : normalité de KOH ;

V : volume en ml de la chute dans la burette ;

M : poids moléculaire de l'acidité pour l'expression des résultats (M=282,5g) ;

m : est la masse de la prise d'essai.

#### I.4.2. L'indice de peroxyde (A.F.N.O.R ; NF T60-220, 1988)

C'est le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif de peroxyde contenu dans un kilogramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. Il est exprimé en meq d'O<sub>2</sub>/kg d'huile.

## Principe

En présence d'oxygène, les acides gras libres insaturés des corps gras s'oxydent en donnant des peroxydes. Ce phénomène a lieu au cours d'un long stockage.



Les corps gras sont traités en solution, dans de l'acide acétique et le chloroforme, par une solution d'iodure de potassium (KI). Par la suite l'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) à (0.01 N) en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré.

## Expression des résultats

L'indice de peroxyde est donné par la formule suivante :

$$I_p = \frac{(V - V_0) \cdot N}{p}$$

Où :

$I_p$  : indice de peroxyde ;

$V$  : volume de ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) utilisé pour la prise d'essai ;

$V_0$  : volume de ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) utilisé pour l'essai à blanc ;

$N$  : normalité de ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) à (0.01N) ;

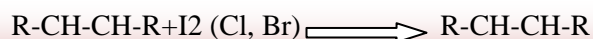
$P$  : poids en gramme de la prise d'essai utilisée.

### I.4.3. L'indice d'iode (NF T60-203, 1968)

L'indice iode ( $I_i$ ), permet de déterminer le degré d'insaturation d'un CG. Il correspond au nombre de gramme d'iode ( $nI$ ) fixé sur les doubles liaisons présentes dans 100 g de CG.

## Principe

Le principe consiste à la fixation des halogènes sur les liaisons éthyléniques des acides gras insaturés, selon la réaction suivante :



## Expression des résultats

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

$$Ii = \frac{V_0 - V}{P} \times 1.269 (\text{g d'iode} / 100 \text{ g d'huile})$$

Où :

Ii : indice d'iode ;

V<sub>0</sub> : volume en ml, de la solution de (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilisé pour l'essai à blanc ;

V : en ml, de la solution de (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilisé pour le titrage ;

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

#### I.4.4. Indice de saponification (NF T60-206 ,1968)

L'indice de saponification d'un corps gras est le nombre de mg d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier un gramme de corps gras ; autrement dit, c'est le nombre de KOH nécessaire pour transformer en savon tous les AGL liés à la molécule de glycérol sous forme de TAG par gramme de CG.

#### Principe

Saponification de la prise d'essai par KOH alcoolique sous réfrigérant à flux pendant une heure et titrage de l'excès de KOH par une solution de HCL à 0.5N en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine).



#### Expression des résultats

L'indice de saponification est calculé à partir de la formule suivante :

$$IS = \frac{(V_0 - V_1) \cdot N \cdot Eg}{P} (\text{mg de KOH/g d'huile})$$

Où :

Is : indice de saponification ;

V<sub>0</sub> : volume en ml de HCL utilisé pour l'essai à blanc ;

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

N : normalité de HCL (0.5N) ;

Eg : équivalent gramme de KOH (56.1g/mole) ;

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

### **I.5. Traitement des résultats**

Pour traiter les résultats de nos observations, nous les avons soumis aux tests d'analyses de la variance (ANOVA) à trois facteurs : lumière (présence ou absence), le temps, plantes. Il s'agit des méthodes de comparaison de moyenne de plusieurs échantillons. Cette analyse est réalisée par le logiciel STAT-BOX.

## II. Résultats et discussion

### II.1. Variation des paramètres physiques

#### II.1.1. Teneur en eau et en matières volatiles

D'après les normes fixées par le *codex alimentarius*, les huiles raffinées fraîches ne doivent pas contenir de l'eau, même sous forme de traces. Lors de traitement technologique, notamment à l'étape de désodorisation, l'humidité contenue dans l'huile brute est éliminée.

L'huile de tournesol raffinée utilisée dans notre étude expérimentale est dénommée « FLEURIAL » ; c'est une huile 100% tournesol ; elle a un taux d'humidité de 0.02%. Cette valeur est identique à celle trouvée par *GUERMOUCHE et YACEF(2007)*, mais inférieure à celle trouvée par *BELHARET, (2012)* qui est de 0.042%. L'humidification de cette huile pourrait être attribuée à plusieurs facteurs : qualité des graines oléagineuses, qualité de l'huile brute extraite, transport et conditionnement, barème du traitement thermique appliqué dans la raffinerie, etc.

Les résultats obtenus sur l'effet du stockage à l'ombre (auto-oxydation) et à la lumière (photo-oxydation) sur l'humidité de l'huile « FLEURIAL » sont illustrés par les *figures 16 et 17*.

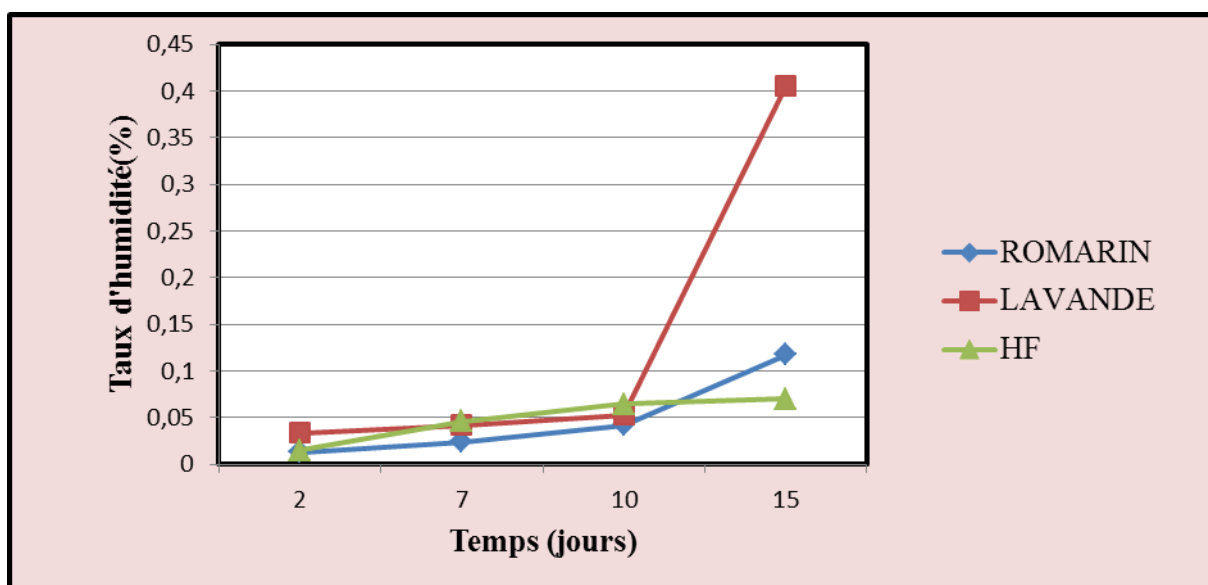
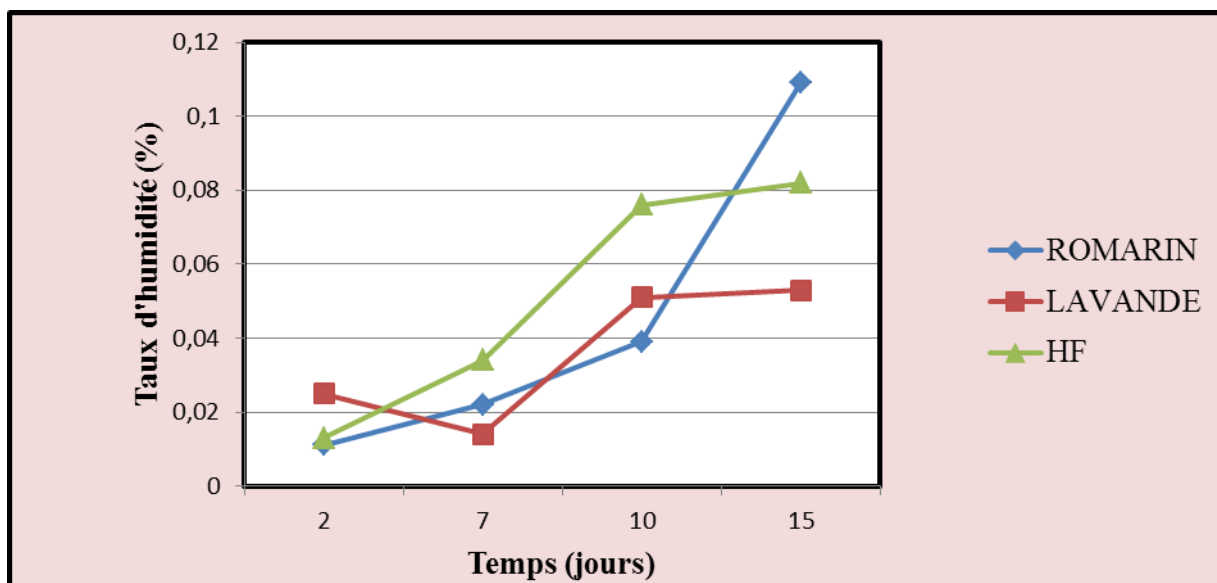


Figure 16 : Evolution de taux d'humidité des huiles photo-oxydées



**Figure 17** : Evolution de taux d'humidité des huiles auto-oxydées

L'humidification des échantillons d'huile placés dans ces deux conditions (à la lumière et à l'obscurité) pourrait être due à la formation d'eau et des composés volatils au cours des réactions d'oxydation (hydrolyse, acidification, etc.). En effet, l'eau et le  $\text{CO}_2$  constituent les produits terminaux de la décomposition des produits primaires d'oxydation (hydro peroxydes) de l'acide linoléique, principal acide gras de l'huile de tournesol.

A la lumière des résultats obtenus, on remarque une augmentation de l'humidité de l'huile, quel que soit son mode de stockage, à l'ombre ou à la lumière du jour (*figures 16 et 17*). Néanmoins, L'humidification est plus prononcée pour l'huile exposée à la lumière ; elle atteint 0.118% pour l'huile incorporée de romarin, 0.4% et 0.07% respectivement pour l'huile additionnée de feuilles de la lavande et l'huile fraîche. Ces valeurs restent élevées par rapport à l'huile stockée à l'abri de la lumière (auto oxydation), soit 0.109%, 0.053% et 0.082% respectivement pour l'huile dans les quelles ont été macérées des feuilles de romarin, feuilles de la lavande et l'huile fraîche.

Les corps gras, étant des esters, sont très facilement hydrolysables. Les traces d'eau provoquent la formation d'AGL et de glycérol qui se traduit par l'augmentation des valeurs de l'indice d'acide.

A travers les résultats obtenus, nous constatons une élévation du taux d'humidité de l'huile de tournesol. Nos valeurs varient entre 0.011% et 0.406 % pour la plupart des échantillons. Cette élévation est due aux conditions de conservation de l'huile durant son stockage à savoir la température, la durée, ainsi que la nature des plantes incorporée.

Le *tableau XIX* intègre les résultats de l'analyse de la variance du taux d'humidité des échantillons d'huile tout au long de la période de stockage. Il en ressort que les facteurs « lumière, temps et plantes » ont un effet non significatif sur la variation de ce paramètre. Ceci est dû aux coefficients de variation jugés très élevés.

**Tableau XIX** : Analyse de la variance de taux d'humidité de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. totale</b>	156149,2	71	2199,285				
<b>Var. facteur 1</b>	2193,859	1	2193,859	0,999	0,32352		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	4433,344	2	2216,672	1,01	0,37363		
<b>VAR.FACTEUR 3</b>	6684,453	3	2228,151	1,015	0,39555		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	4388,438	2	2194,219	0,999	0,37737		
<b>VAR.INTER F1*3</b>	6587,969	3	2195,99	1	0,40218		
<b>VAR.INTER F2*3</b>	13294,97	6	2215,828	1,009	0,43109		
<b>VAR.INTER F1*2*3</b>	13174,36	6	2195,727	1	0,43691		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	105391,8	48	2195,663			46,858	837,14%

**Facteur 1** : Lumière

**Facteur 2** : Plante

**Facteur 3** : Temps

### II.1.2. Extinction spécifique en UV

L'extinction spécifique UV est une méthode qui fournit des indications sur l'état d'oxydation d'une huile insaturée. La formation d'hydro peroxydes linoléique qui absorbent à 232nm s'accompagne d'une migration des doubles liaisons conduisant à la formation d'un système conjugué. Quant à leurs produits de décomposition non volatils qui constituent une large partie des acides oxydés, ce sont des diènes conjugués qui absorbent comme les peroxydes à 232nm ou des cétones insaturés absorbant au voisinage de 270nm (*WOLF, 1991*).

L'examen spectrométrique d'une huile dans l'UV fournit des informations complémentaires sur sa qualité. Les hydro peroxydes résultant du premier stade d'oxydation de l'huile peuvent être détectés par leur absorption dans l'UV aux environs de 232nm. Puis, ces peroxydes évoluent avec le temps et conduisent à la formation de produits divers, tels que les cétones insaturés et les dicétones qui absorbent dans l'ultraviolet vers 270nm (*JUDDE, 2004*).

En effet, l'extinction spécifique à 232nm et à 270nm d'une huile reflète son état d'oxydation. Plus son extinction à 232nm est forte, plus elle est peroxydée. De même, plus l'extinction à 270nm est forte, plus elle est riche en produits d'oxydation secondaires ce qui traduit une faible aptitude à la conservation. La détermination de l'extinction spécifique peut, donc renforcer la détermination de l'indice de peroxyde (*RAHMANI, 2005*).

Par ailleurs, l'absorption de la lumière UV est en relation avec la nature, le nombre et la position des doubles liaisons que comporte la molécule d'acide gras. Les diènes et les triènes conjugués absorbent respectivement au voisinage de 232nm et 270nm (*KARLSKIND, 1992*).

L'analyse par spectrométrie UV de l'huile fraîche « FLEURIAL » utilisée dans notre étude expérimentale a montré une forte absorbance à 270nm ; la valeur d'extinction enregistrée est de 0.992. Cette valeur est nettement supérieure à celle trouvée par *DJIOUA et HADOUCHE (2003)* qui est de 0.54 sur l'huile de tournesol. De plus, notre huile a enregistré une forte absorbance à 232nm ; la valeur de l'extinction est estimée à 0.922 ; celle-ci est nettement supérieure à celle notée par *DJIOUA (2003)* qui est de 0.77 ; cette différence pourrait être due à la faible sensibilité du spectrophotomètre UV utilisé dans notre étude.

D'après les résultats, l'huile « FLEURIAL » fraîche présente une certaine quantité de produits primaires d'oxydation de l'acide linoléique, à savoir les hydroperoxydes. Ces derniers sont instables ; ils se sont convertis en produits secondaires d'oxydation volatils.

Les résultats de notre étude sont illustrés par les *figures 18,19 et 20,21*.

#### **II.1.2.1. Extinction spécifique à 232nm**

L'auto-oxydation des CG contenant des chaînes hydrocarbonées polyinsaturées s'accompagne d'une conjugaison des doubles liaisons des hydro peroxydes pour donner des systèmes diéniques absorbant au voisinage de 232nm ; plus l'absorbance à 232nm est forte plus les CG sont peroxydés (*KARLESKIND, 1992*).

Les *figures 18 et 19* montrent l'évolution de la formation des produits primaires d'oxydation de l'huile selon le mode de conservation. La valeur de l'extinction à l'UV augmente durant toute la période expérimentale, Quel que soit le mode de stockage, à l'obscurité ou à la lumière. Ces valeurs rejoignent celles obtenues par la mesure de l'indice de peroxyde.

En effet, selon *POKORNY (2003)*, l'augmentation de l'extinction à 232 nm peut s'expliquer par la formation des peroxydes durant la phase de propagation, 2<sup>ème</sup> étape de l'auto-oxydation. Cette dernière est accélérée par l'effet de la lumière et de la température sur les AGPI.

La diminution de l'extinction après le 10<sup>ème</sup> jour de l'exposition de l'huile fraîche à la lumière est en concordance avec la diminution de l'indice de peroxyde. Ceci correspondrait à la transformation des hydro peroxydes instables en divers produits secondaires plus stables.

Le prétraitement des échantillons d'huiles au romarin et à la lavande a modifié le comportement de ces huiles pendant l'exposition à la lumière et son stockage à l'obscurité (*figures 18 et 19*), on remarque, une absorbance continue à 232 nm jusqu'au 15<sup>ème</sup> jour d'exposition. Ainsi, l'incorporation des molécules anti-oxydantes contenues dans les feuilles des plantes a empêché la conversion des hydroperoxydes en produits secondaires d'oxydation.

Les antioxydants détruisent les hydro peroxydes (composés intermédiaires formant des radicaux libres en interrompant la liaison O-O), en diminuant ainsi la vitesse de formation de radicaux libres (*REBERIO BERNARDO-GIL et al., 2001*).

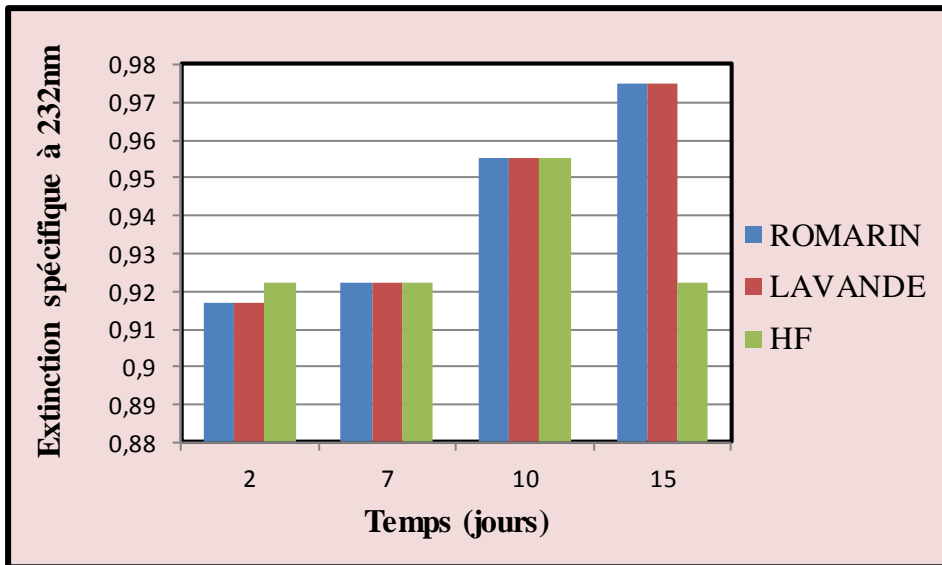


Figure 18 : Evolution de l'extinction spécifique UV à 232nm pour les huiles photo-oxydées

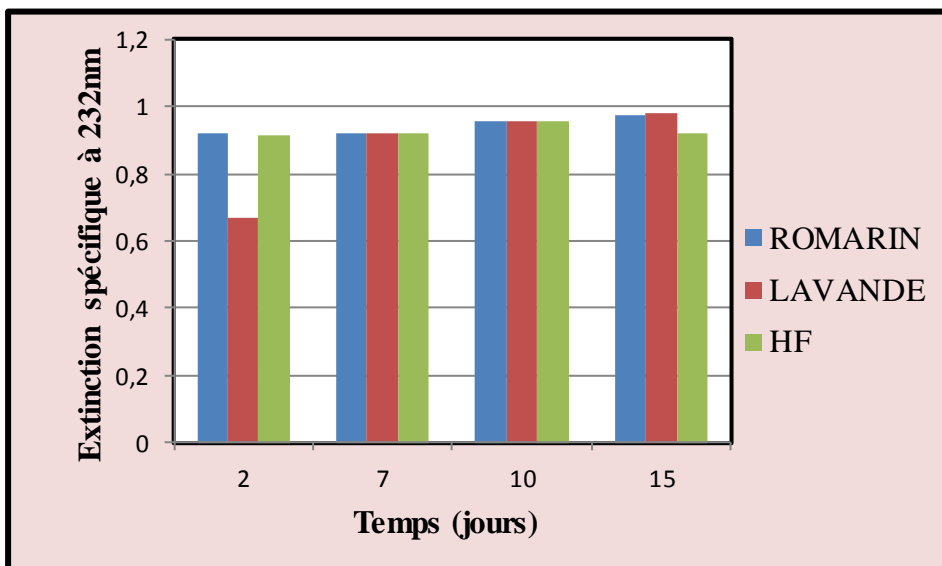


Figure 19 : Evolution de l'extinction spécifique UV à 232nm pour les huiles auto-oxydées

### II.1.2.2. Extinction spécifique à 270nm

L'absorbance spécifique à 270nm est un critère permettant de juger la présence de composés secondaires d'oxydation ; ceux-ci correspondent aux produits de la dégradation des hydro peroxydes ; les cétones  $\alpha$ -insaturés, les  $\alpha$ -dicétones et les triènes conjugués peuvent résulter de la décomposition terminale des peroxydes de l'acide linoléique.

Les figures 20 et 21 montre que les valeurs de l'extinction à 270 augmentent continuellement pour l'huile exposée au soleil et celle entreposée à l'obscurité. En revanche,

l'huile prétraitée avec les feuilles de romarin a maintenu stable la valeur de l'extinction à cette longueur d'onde et au long de la période d'exposition à la lumière du jour.

On a enregistré des valeurs élevées pour l'huile photo-oxydée et l'huile auto oxydée ; elles ont atteint une valeur maximale de 0.998 après 7 jours. Cette valeur reste constante jusqu'au 15<sup>ème</sup> jour d'expérimentation. L'augmentation progressive de l'absorbance à 270 nm reflète la transformation des produits primaires d'oxydation en divers produits secondaires.

D'après *KARLESKIND (1992)*, plus l'absorbance est importante à 270nm plus la MG est riche en produits secondaires d'oxydation.

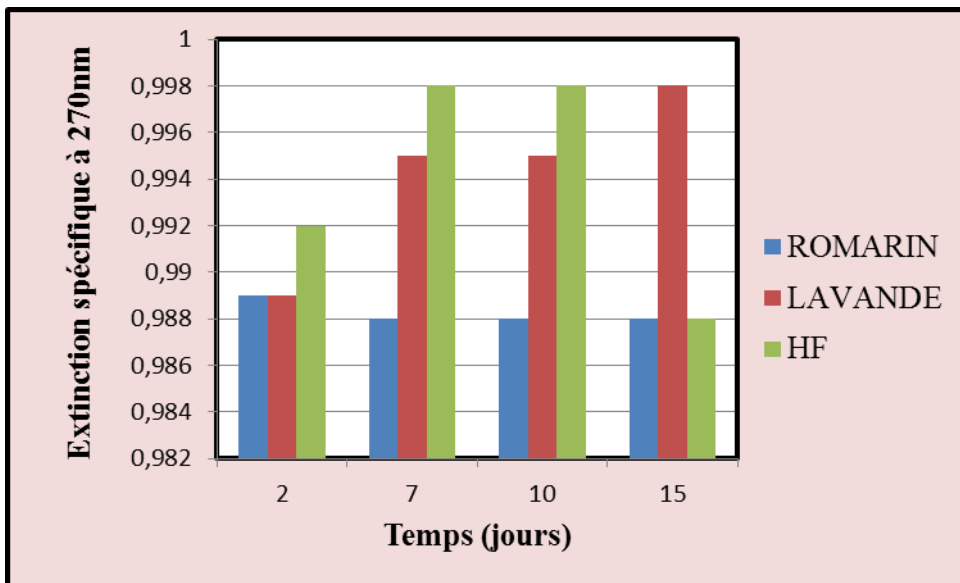
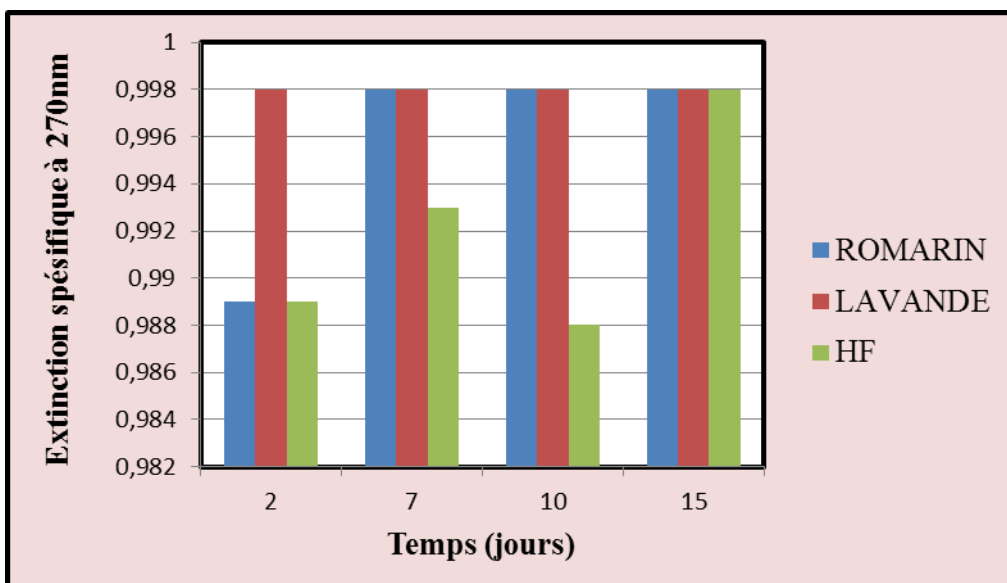


Figure 20 : Evolution de l'extinction spécifique UV à 270nm pour les huiles photo-oxydées



**Figure 21:** Evolution de l'extinction spécifique UV à 270nm pour les huiles auto-oxydées

## II.2. Evolution des paramètres d'analyses chimiques

### II.2.1. Evolution de l'indice d'acide

L'huile de tournesol raffinée « FLEURIAL » utilisée dans notre étude a un indice d'acide de 0.4 mg KOH/g d'huile. Cette valeur est inférieure à celle citée dans la fiche technique d'huile brute de tournesol qui est de 1,12 mg KOH /g d'huile. Cette valeur est nettement supérieure à celle estimée par *BELHARET (2012)*, soit 0.15mg KOH/g d'huile. Cette acidité est due à la libération d'AGL dans l'huile. Ces derniers sont présents naturellement dans la graine oléagineuse ; ils proviennent, également, de réactions d'hydrolyse enzymatique qui se produisent dans les huiles brutes soit au cours de leur obtention, soit au cours de leur stockage (*DENISE, 1992*).

Par ailleurs, le raffinage des huiles brutes se doit pour garantir au consommateur une huile débarrassée des constituants mineurs (surtout les AGL), neutre de goût, résistante à l'oxydation. C'est pour cela que l'élimination des AGL pendant le raffinage est délicate ; elle est aussi l'étape la plus importante ; elle tend à supprimer les réactions d'hydrolyses dans les huiles raffinées (*DENISE, 1992*).

L'acidité est un critère de qualité d'une huile ; sa valeur dépend essentiellement des conditions de son stockage (lumière, humidité, température et oxygène) (*WOLF, 1991*).

L'exposition à la lumière du jour des échantillons d'huiles analysés dans notre étude a accéléré l'acidification de l'huile par rapport à celle stockée à l'obscurité (*figures 22 et 23*). Ainsi, les valeurs enregistrées dépassent les valeurs citées dans la fiche technique d'huile brute de tournesol qui est de 1,12 mg KOH /g d'huile.

L'élévation de l'acidité d'une huile serait due à l'augmentation de la production d'acides gras libres lors du stockage de l'huile fraîche. L'accumulation des AGL est due au déroulement de la réaction d'hydrolyse des TAG ; cette réaction est catalysée par certains facteurs tels que l'eau, la chaleur, les rayons solaires, etc. Ainsi, ces AGL s'accumulent dans l'huile tout en augmentant son acidité (*GUILLAUMIN, 1977*).

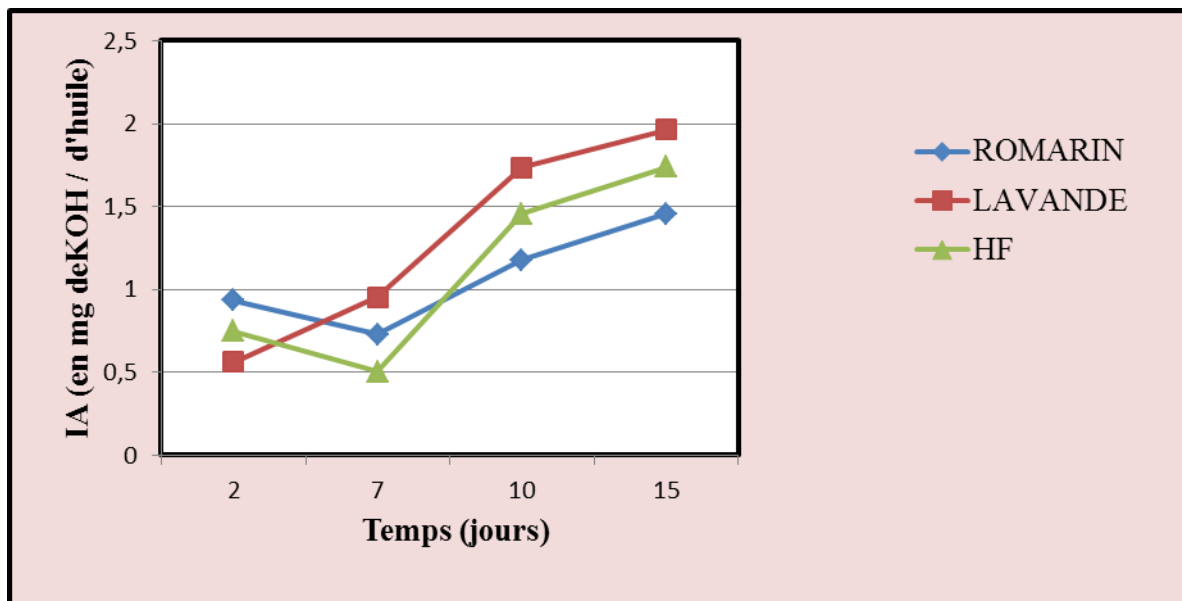


Figure 22 : Evolution de l'indice d'acide pour les huiles auto-oxydées

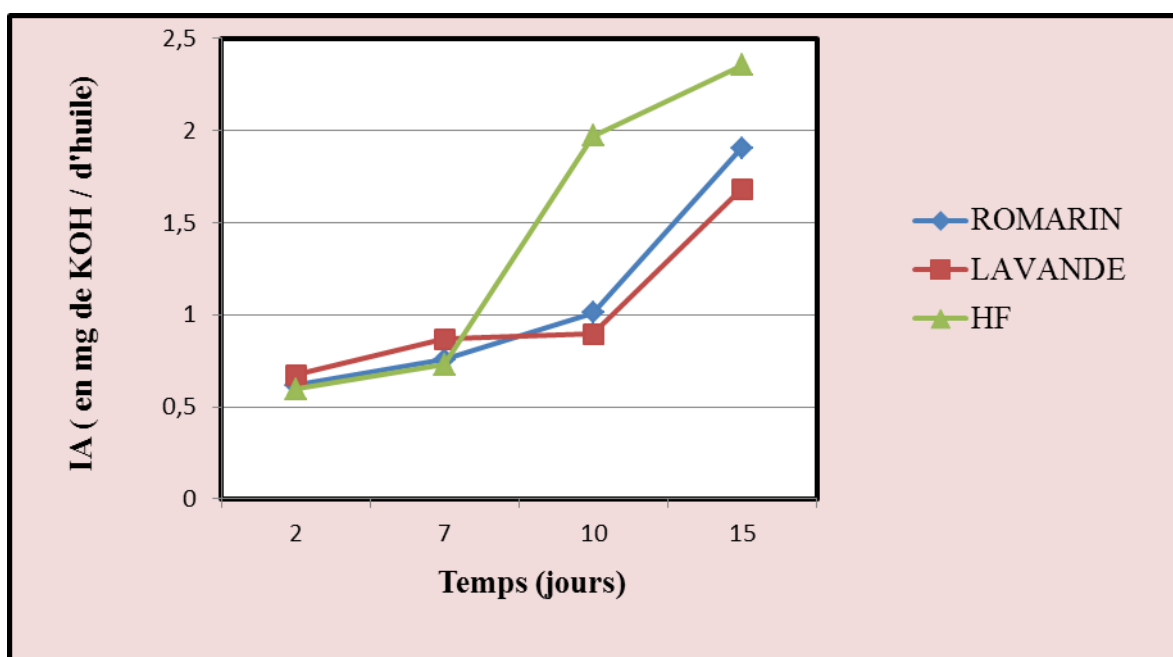


Figure 23 : Evolution de l'indice d'acide pour les huiles photo-oxydées

L'augmentation de l'acidité pour l'huile exposée à la lumière et pour l'huile entreposée à l'obscurité pourrait être liée à l'oxydation d'une partie des TAG en AGL. Une diminution est enregistrée pour l'huile au romarin et huile fraîche exposée à la lumière au 7<sup>ème</sup> jour. En effet, il a été rapporté que les AGL s'oxydent très vite sous forme libre que sous forme liée (CHEFTEL et CHEFTEL H, 1977).

La variation de cet indice pourrait être expliquée par l'augmentation du taux d'humidité ambiante et probablement à la non fermeture hermétique de certaines bouteilles.

Les antioxydants des plantes macérées dans l'huile n'ont pas empêché le déroulement de la réaction d'hydrolyse. Néanmoins, ces molécules ont inhibé la conversion des hydro peroxydes en produits secondaires d'oxydation, comme a été remarqué suite à l'analyse spectrométrique UV à 270nm. Les feuilles de plante semblent avoir un effet protecteur sur notre huile surtout à l'obscurité.

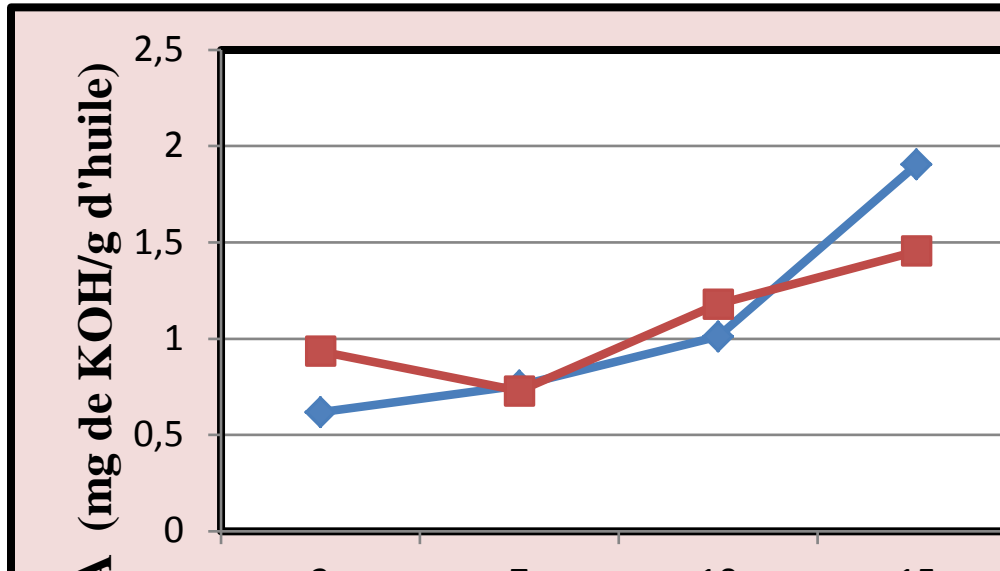


Figure 24 : Evolution comparative de l'indice d'acide de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin

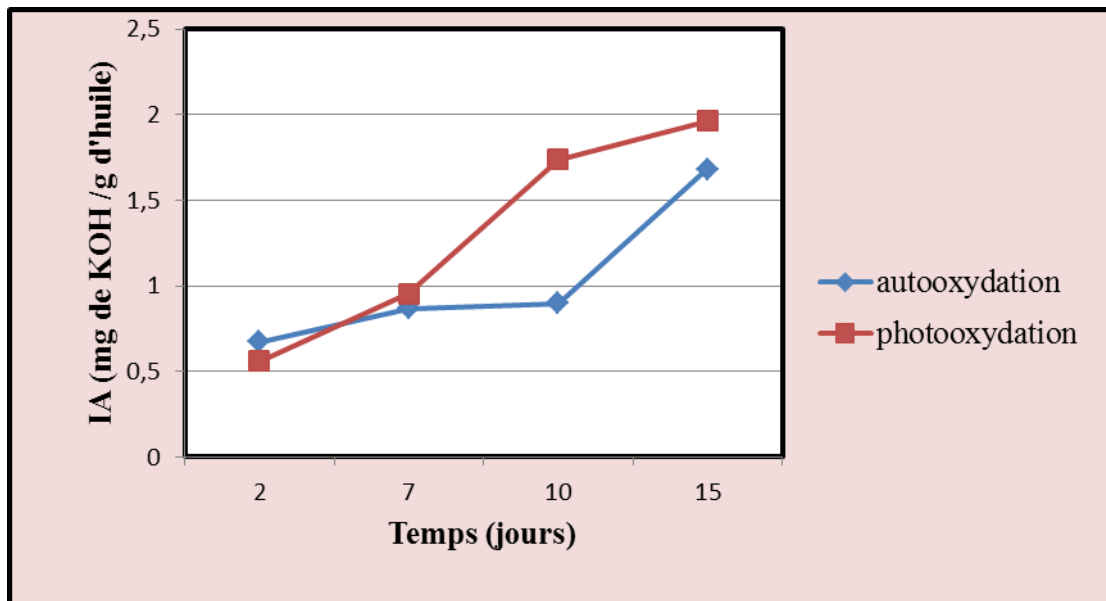
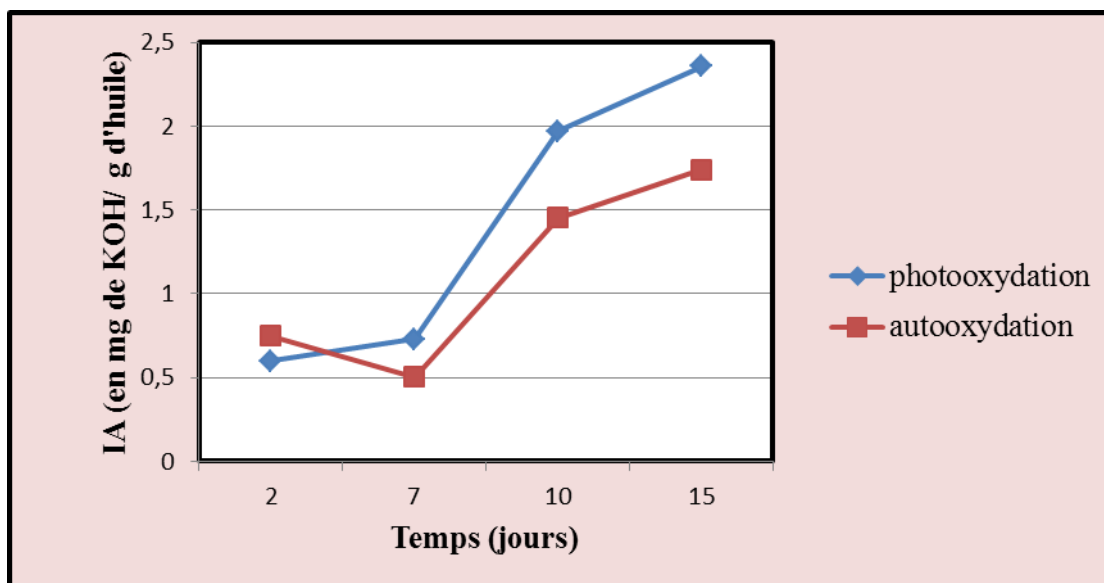


Figure 25: Evolution comparative de l'indice d'acide de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande



**Figure 26** : Evolution comparative de l'indice d'acide de l'huile fraîche photo-oxydée et auto-oxydée.

Selon les figures 24, 25 et 26, on remarque que l'effet destructeur de la photo-oxydation est plus intense que celui de l'auto-oxydation. La photo-oxydation a altéré les huiles et a augmenté leurs acidités par rapport à celle entreposée à l'obscurité.

Le tableau ci-dessous montre les résultats de l'analyse de la variance de l'indice d'acide des échantillons d'huiles pendant toute la durée de stockage que ce soit à la lumière ou à l'obscurité. A travers ces résultats, nous constatons que le facteur « lumière », le facteur « plantes » et l'interaction « plantes-temps » ont un effet non significatif sur l'indice d'acide. Le facteur « temps » et l'interaction de ces trois facteurs « lumière-plante-temps » ont également un effet très hautement significatif sur ce critère. Ainsi, l'interaction « lumière-plantes » a un effet hautement significatif sur la variation de taux d'acidité. On conclut alors que la photo- oxydation est plus dénaturante que l'auto-oxydation.

**Tableau XX**: Analyse de la variance de l'indice d'acidité de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. totale</b>	24,794	71	0,349				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	0,001	1	0,001	0,017	0,89084		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	0,432	2	0,216	2,751	0,07229		
<b>VAR.FACTEUR 3</b>	13,247	3	4,416	56,299	0		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	0,994	2	0,497	6,338	0,00374		
<b>VAR.INTER F1*3</b>	2,87	3	0,957	12,199	0,00001		
<b>VAR.INTER F2*3</b>	1,022	6	0,17	2,171	0,06184		
<b>VAR.INTER F1*2*3</b>	2,463	6	0,411	5,235	0,00035		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	3,765	48	0,078			0,28	23,98%

**Facteur 1** : Lumière

**Facteur 2** : Plante

**Facteur 3** : Temps

## II.2. Evolution de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxydes est un critère très utile et d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative.

D'après *UZZAN (1992)*, un corps gras est d'autant plus vite oxydable lorsqu'il est plus riche en AGPI et en fonction du nombre de doubles liaisons.

Selon les normes internationales (*1981*), l'huile de tournesol raffinée ne doit pas contenir de peroxydes lipidiques.

Selon *PERRIN (1992)*, un CG fraîchement raffiné doit avoir une valeur de cet indice (Ip) inférieur à 1 meq d'O<sub>2</sub> actif / kg. L'huile de tournesol utilisée dans notre étude expérimentale présente un indice de peroxyde supérieur ; la valeur notée est de 1.5 meq d'O<sub>2</sub> / kg d'huile ; cette valeur est conforme à la norme (10 meq d'O<sub>2</sub> / kg d'huile). Cette dernière est inférieure à celle trouvée par *BELHARET (2012)* et qui est de 3.006 meq d'O<sub>2</sub> / kg d'huile ; elle est, toutefois, nettement supérieure à celle enregistrée par *GUERMOUCHE et YACEF (2007)*, qui est de 0.7 meq d'O<sub>2</sub> / kg d'huile.

Ces variations dans la teneur en peroxydes pourraient être dues aux facteurs variétaux, aux conditions de stockage des graines avant l'extraction de l'huile brute, le mode de stockage de l'huile après extraction, etc.

Les peroxydes contenus dans l'huile fraîche peuvent jouer un rôle d'initiateur ou de catalyseur des réactions d'oxydation lors du son stockage. Dans les CG alimentaires, les peroxydes se forment à partir des AGPI libres ; ainsi, l'indice de peroxyde dépend de la quantité d'AGL formés. Les résultats obtenus dans notre étude sur l'huile photo et auto-oxydée sont illustrés par les *figures 27 et 28*.

Il ressort clairement des résultats obtenus, une augmentation de l'indice de peroxyde de l'huile stockée à la lumière, de même pour celle stockée à l'obscurité jusqu'au 10<sup>ème</sup> jour d'analyse. D'après *JUDDE (2004)*, ceci est due à la formation de peroxydes (ROO°) à partir des radicaux libres instables (R°) des acides gras insaturés. *OBRIEN (2009)* indique que la formation des peroxydes à partir des AGI pourrait être influencée par plusieurs paramètres, entre autres l'oxygène de l'air, la chaleur et la quantité des tocophérols présents dans l'huile (antioxydants en général).

Au-delà de 10<sup>ème</sup> jour de stockage, une diminution progressive est enregistrée pour atteindre une valeur minimale de 20,25 meq d'O<sub>2</sub> actif/ kg d'huile fraîche exposée à la lumière, et 3,5 meq d'O<sub>2</sub> actif/ kg d'huile fraîche stockée à l'obscurité.

Néanmoins, la vitesse d'oxydation de l'huile exposée à la lumière est beaucoup plus élevée par rapport à celle stockée à l'ombre.

L'indice de peroxyde d'une huile reflète son état d'oxydation ; celle-ci est accélérée par l'oxygène et la température (KARLESKIND, 1992). L'oxygène agit sur les doubles liaisons des glycérides ; les doubles liaisons sont les plus vulnérables que les liaisons simples ; cette action induit la formation des peroxydes. Ces produits primaires de la réaction d'oxydation se décomposent, sous l'effet de chaleur ou de la lumière UV, en aldéhydes et cétones ; ces composés de faibles poids moléculaires sont responsables du rancissement (PERRIN, 1989).

Selon CHEFTEL et CEFTEL (1992), cet indice tend à diminuer au-delà d'une certaine période. Cette chute peut être attribuée à une décomposition des peroxydes formés (produits primaires instables) en produits secondaires d'oxydation, comme les aldéhydes, les cétones et les acides gras plus courts, responsables de l'odeur rance des huiles.

De même, GUILLAUMIN, (1969) ; EL-SHAMI et al., (1992) ont signalé que cette diminution se situe à la troisième étape de la réaction de peroxydation des AGE de l'huile où les peroxydes sont convertis en composés radicalaires.

L'augmentation continue de l'indice de peroxydes dans l'huile exposée à la lumière pourrait, donc, être liée à l'accumulation des hydro peroxydes formés au cours de la photo-oxydation de l'acide linoléique, l'AG prédominant dans l'huile de tournesol. Ainsi, l'huile maintenue à l'ombre contient une faible concentration de produits secondaires d'oxydation, ce qui lui permet de ne pas développer le goût de rance.

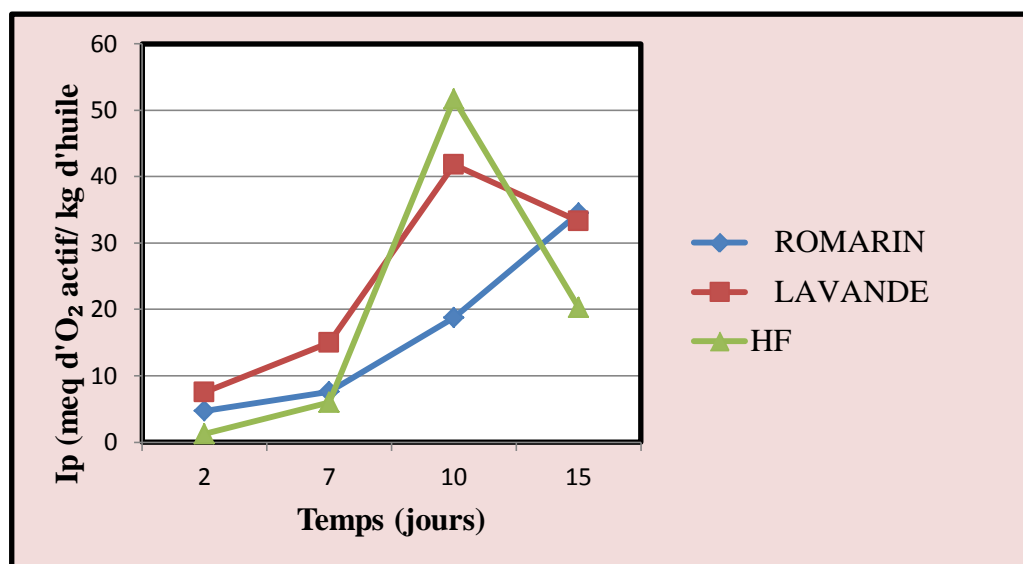


Figure 27 : Evolution de l'indice de peroxyde pour les huiles photo-oxydées

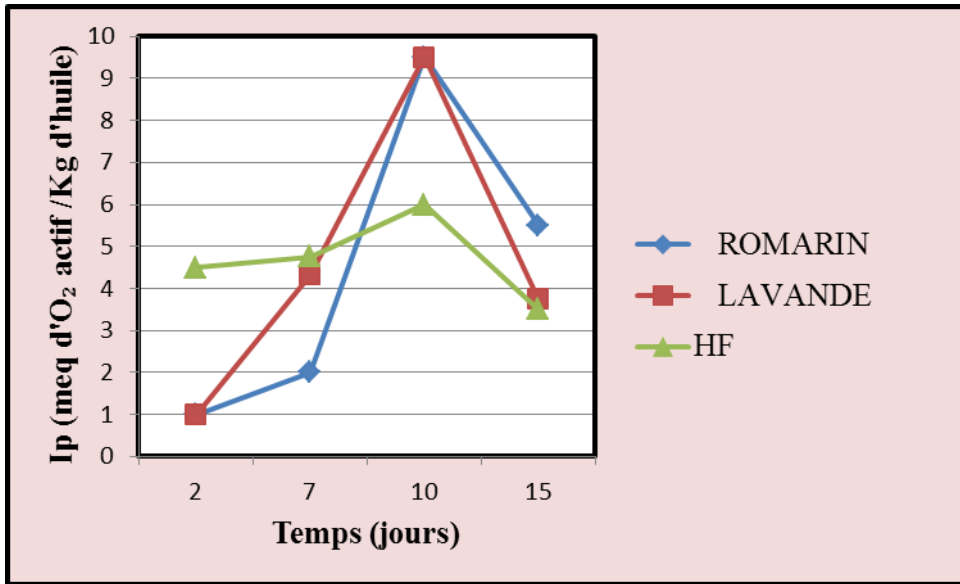


Figure 28 : Evolution de l'indice de peroxyde pour les huiles auto-oxydées

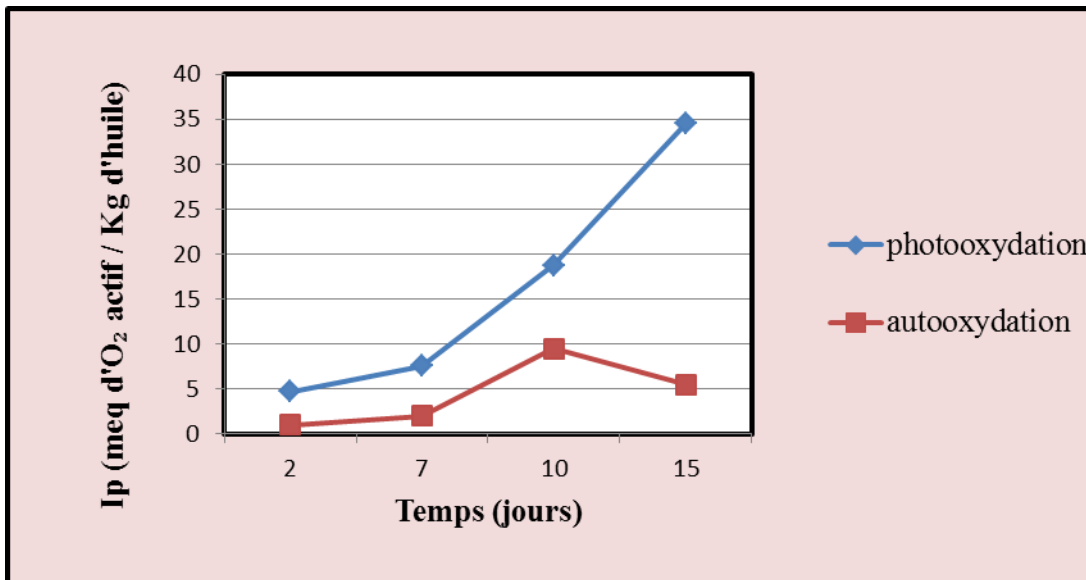
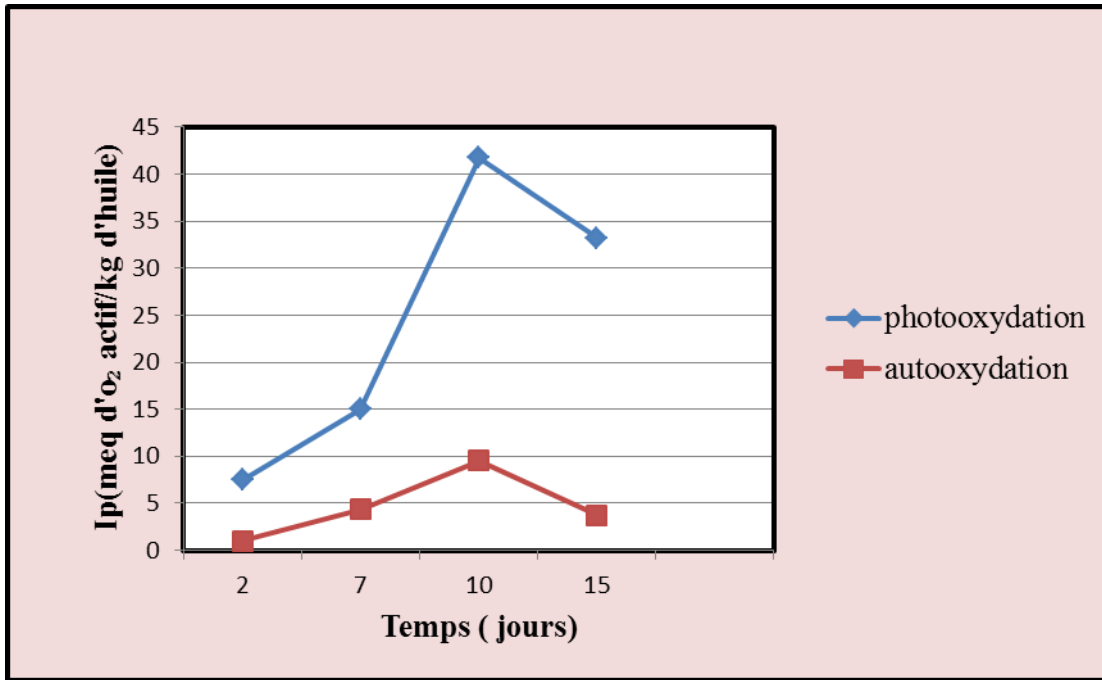
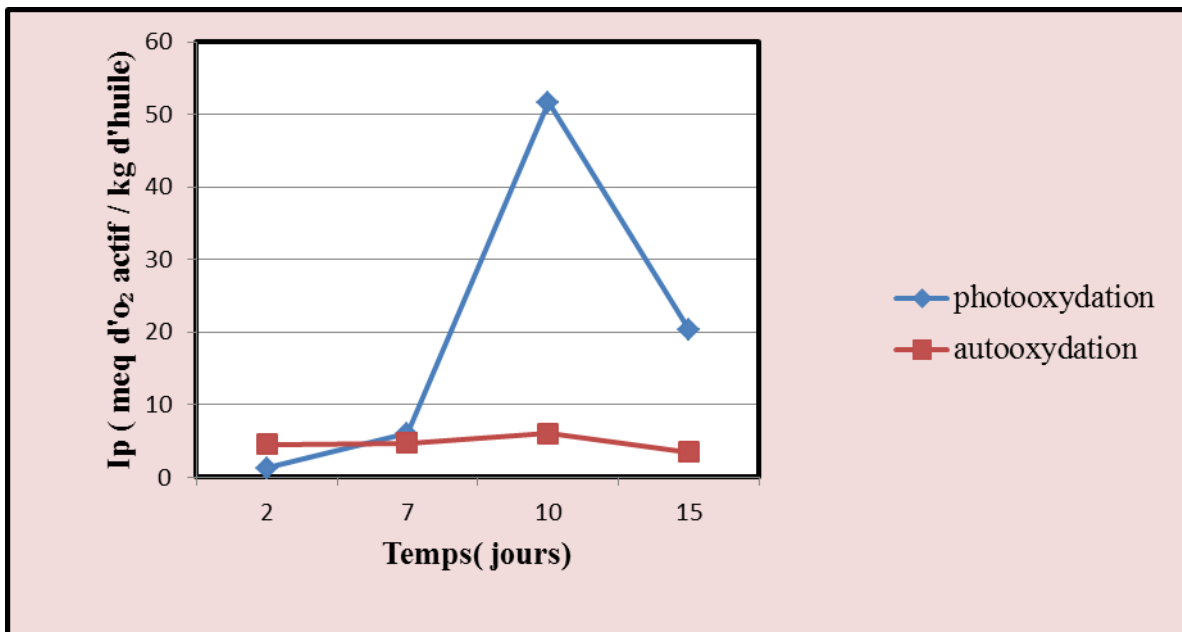


Figure 29: Evolution comparative de l'indice de peroxyde de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin.



**Figure 30:** Evolution comparative de l'indice de peroxyde de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande



**Figure 31 :** Evolution comparative de l'indice de peroxyde de l'huile fraîche photo-oxydée et auto-oxydée.

L'effet protecteur des composés de romarin et de la lavande s'observe beaucoup plus à l'obscurité. Ainsi, l'huile prétraitée avec ces plantes est moins peroxydée que l'huile prétraitée mais exposée à la lumière du jour. En revanche, en présence de la lumière du jour, ces molécules ne semblent pas efficace contre la réaction de la peroxydation, en témoigne les valeurs élevées de l'indice de peroxyde enregistrées le long de la durée d'exposition.

Néanmoins, l'accumulation des peroxydes dans ces huiles prétraitées et maintenue à l'obscurité pourrait indiquer l'efficacité anti-oxydante de ces molécules dans la rupture de cette réaction en chaîne menant aux produits d'oxydation plus stables, mais plus dévalorisant de la qualité de l'huile. En effet, ces produits sont à l'origine de l'altération de la flaveur et de la texture de l'huile. Le rancissement est le résultat d'accumulation des aldéhydes et des cétones (VITRAC *et al.*, 2003).

Nos résultats sont soumis à l'analyse de la variance à trois facteurs : Incorporation ou non de plante, temps de stockage et enfin présence ou absence de la lumière (Tableau XXI). Il ressort clairement des résultats obtenus que tous les facteurs analysés « lumière, temps d'exposition, présence ou absence de la lumière » agissent d'une façon très hautement significative ( $p=0$ ) sur la peroxydation de cette huile.

L'incidence de l'énergie lumineuse a pour conséquence la destruction des insaturations des AGPI de l'huile de tournesol, initiant ainsi les réactions d'oxydation. Ceci diminue fortement la durée de stockage de l'huile que lorsque ce CG est entreposé à l'obscurité.

**Tableau XXI** : Analyse de la variance de l'indice de peroxydes de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	13707,83	71	193,068				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	4367,23	1	4367,23	1408,074	0		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	198,965	2	99,482	32,075	0		
<b>VAR.FACTEUR 3</b>	4399,869	3	1466,623	472,866	0		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	186,091	2	93,045	30	0		
<b>VAR.INTER F1*3</b>	2440,691	3	813,564	262,308	0		
<b>VAR.INTER F2*3</b>	835,717	6	139,286	44,908	0		
<b>VAR.INTER F1*2*3</b>	1130,394	6	188,399	60,743	0		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	148,875	48	3,102			1,761	14,20%

**Facteur 1** : Lumière

**Facteur 2** : Plante

**Facteur 3** : Temps

### II.2.3. Variation de l'indice d'iode

L'indice d'iode indique le degré d'insaturation globale des huiles (AFNOR, 1993). Selon KARLESKIND (1992), cet indice renseigne sur l'état d'oxydation d'un CG.

Notre huile a un indice d'iode de 104.02 g d'iode/ 100g d'huile ; cette valeur conforme à la norme fixée par le *codex alimentarius* qui est de 100-145 g d'iode/ 100g d'huile ; cette

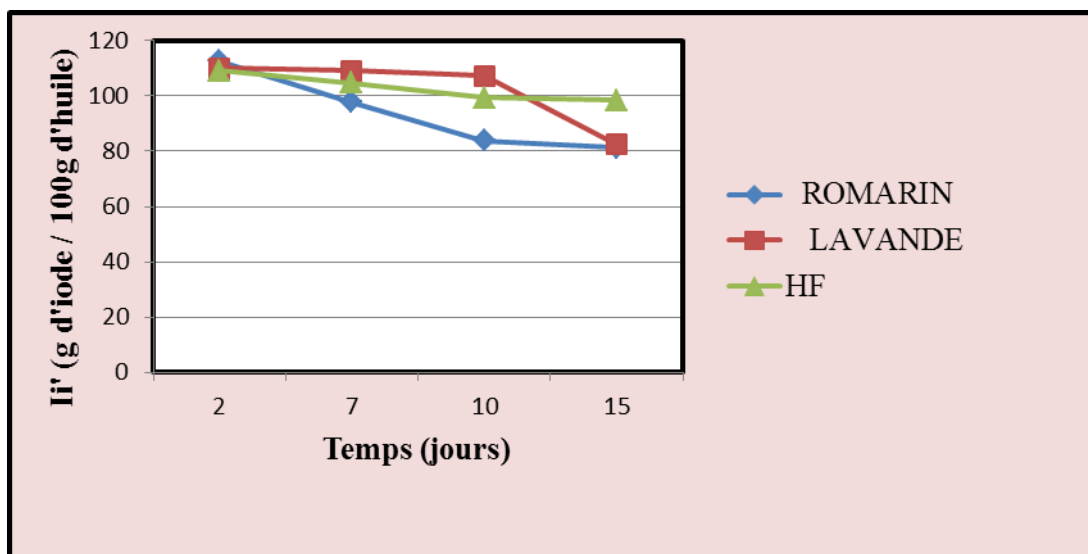
valeur est inférieure à celle trouvée par *GUERMOUCHE et YACEF, (2007)* qui est de 122 g d'iode/ 100g d'huile.

L'exposition de cette huile à la lumière et son entreposage à l'obscurité a induit des modifications de cet indice ; Les résultats obtenus sont illustrées dans les *figures 32 et 33*.

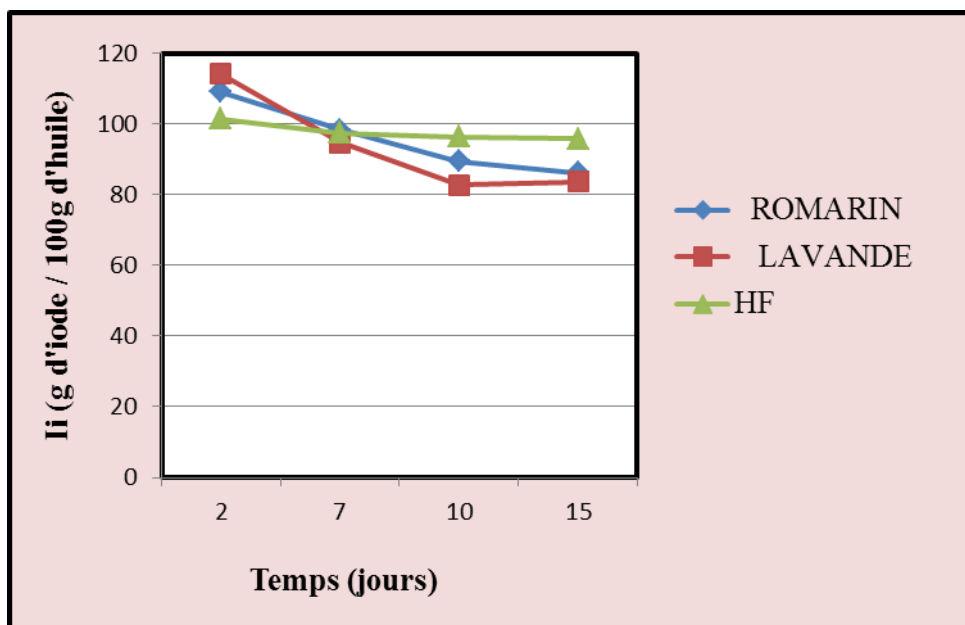
D'après *FRENOT et VIERLING (2001)*, les liaisons éthyléniques des AGI sont susceptibles de fixer les halogènes (iode, brome, chlore). Dans notre étude, l'halogène utilisé est l'iode ; cette réaction d'addition peut être utilisée pour déterminer quantitativement l'insaturation globale des chaînes hydrocarbonées.

La diminution même progressive de l'indice d'iode est liée à la perte des liaisons éthyléniques des AGI suite à l'oxydation. Ainsi, La photo-oxydation aurait une action plus néfaste que l'auto-oxydation ; cette dernière est considérée comme une oxydation naturelle des CG. La valeur la plus basse de cet indice est de 81.216 g d'iode / 100 g d'huile contre 83.754 g d'iode / 100 g d'huile respectivement pour l'huile exposée à la lumière et celle entreposée à l'obscurité. Ceci est expliqué par la diminution de la longueur de la chaîne grasse suite à l'oxydation des AGI de notre huile.

Par ailleurs, on a remarqué que l'indice d'iode évolue dans le sens inverse que l'indice de peroxyde lors de l'auto-oxydation et pour la photo-oxydation aussi.

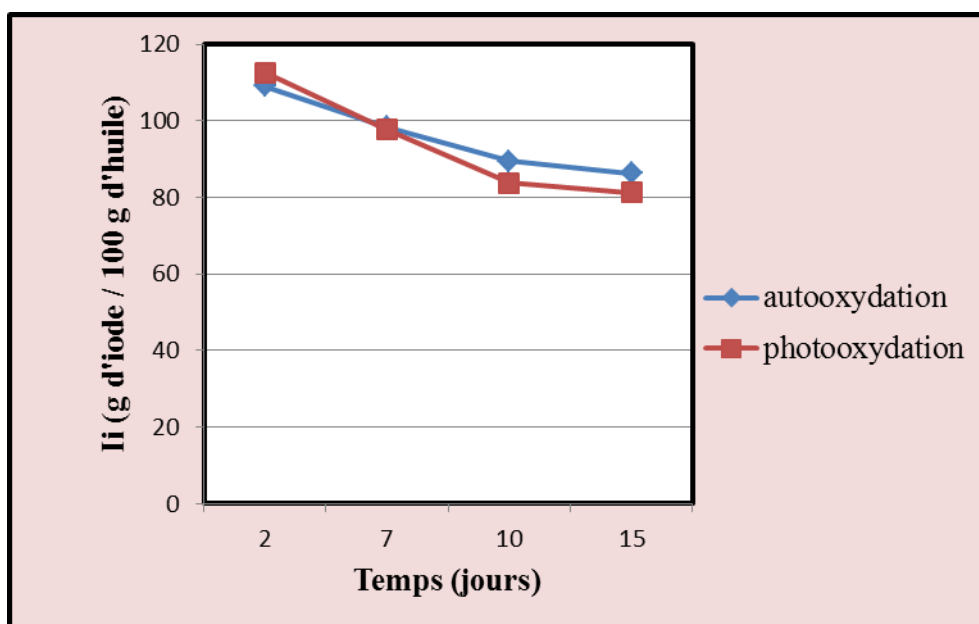


**Figure 32** : Evolution de l'indice d'iode pour les huiles photo-oxydées

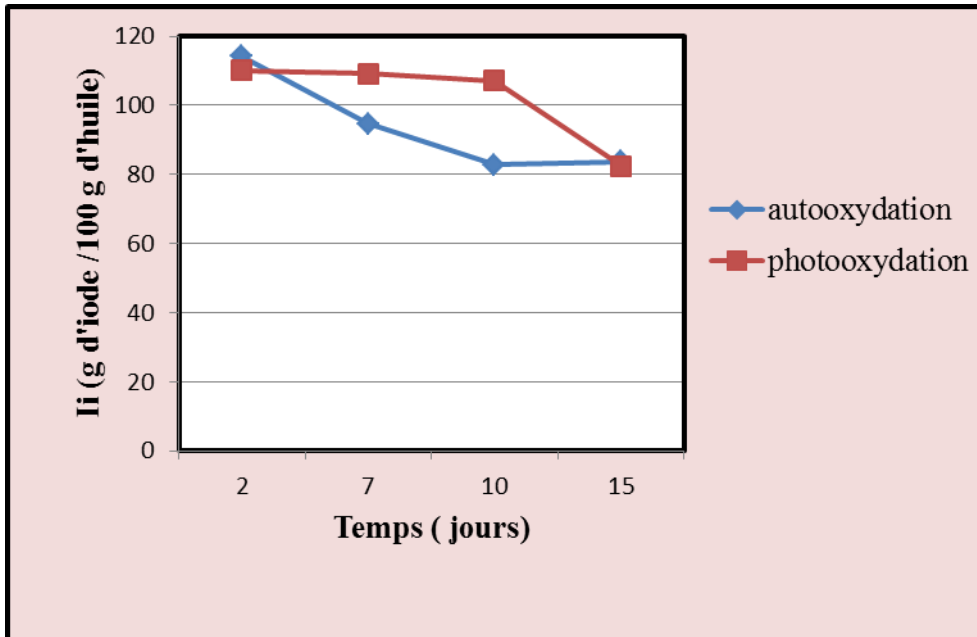


**Figure 33:** Evolution de l'indice d'iode pour les huiles auto-oxydées

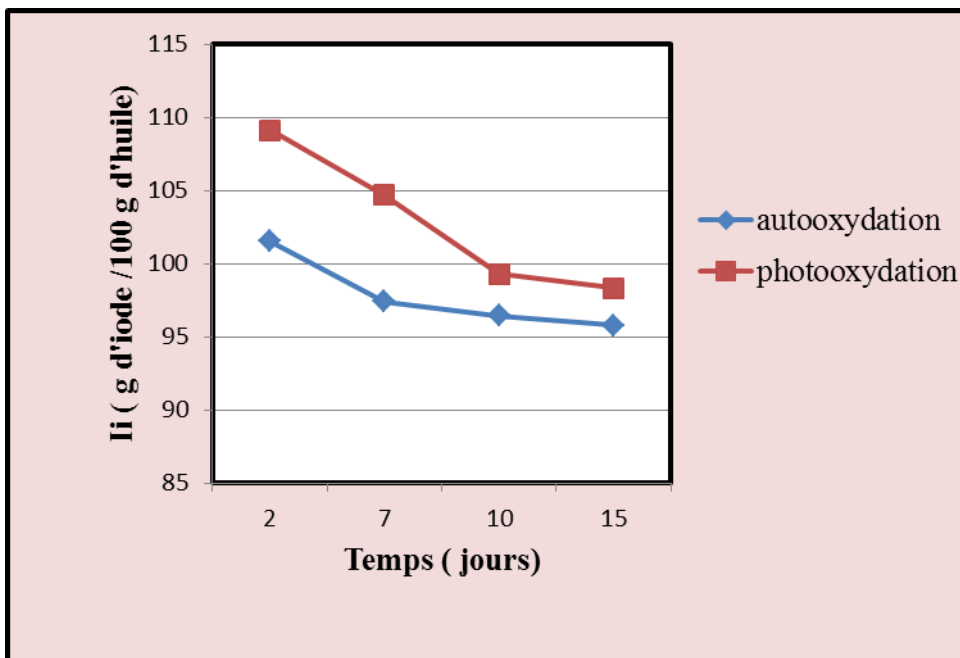
D'après les résultats illustrés par les *figures 32 et 33*, l'indice d'iode diminue continuellement au cours des 15 jours d'analyse ; ceci est expliqué par la diminution de l'insaturation globale des huiles prétraitées. Elle indique le déroulement de la réaction d'oxydation de l'acide linoléique notamment. Cette cinétique est identique même pour l'échantillon d'huile fraîche. Cette diminution est consécutive de la formation de produits d'oxydation lipidique.



**Figure 34 :** Evolution comparative de l'indice d'iode de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin.



**Figure 35:** Evolution comparative de l'indice d'iode de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande



**Figure 36 :** Evolution comparative de l'indice d'iode de l'huile fraîche photo-oxydée et auto-oxydée.

Le *tableau XXII* montre les résultats de l'analyse de la variance de l'indice d'iode ; il en ressort que le facteur « temps » ait un effet hautement significatif ( $p=0.00181$ ) sur l'évolution de ce paramètre. Ainsi, les facteurs « lumière » et « plantes » et toutes les interactions ont un effet non significatif sur cet indice, c'est-à-dire que la longueur des chaînes hydrocarbonées diminue sous l'effet de la lumière incidente. Ceci confirme la sensibilité des doubles liaisons à certaines longueurs d'onde de la lumière du jour.

**Tableau XXII** : Analyse de la variance de l'indice d'iode de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	20360,99	71	286,775				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	262,848	1	262,848	0,987	0,32665		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	368,139	2	184,069	0,691	0,51042		
<b>VAR.FACTEUR 3</b>	4680,512	3	1560,171	5,858	0,00181		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	335,807	2	167,903	0,63	0,54166		
<b>VAR.INTER F1*3</b>	224,342	3	74,781	0,281	0,84059		
<b>VAR.INTER F2*3</b>	996,329	6	166,055	0,623	0,71232		
<b>VAR.INTER F1*2*3</b>	709,18	6	118,197	0,444	0,84662		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	12783,84	48	266,33			16,32	16,70%

**Facteur 1** : Lumière

**Facteur 2** : Plante

**Facteur 3** : Temps

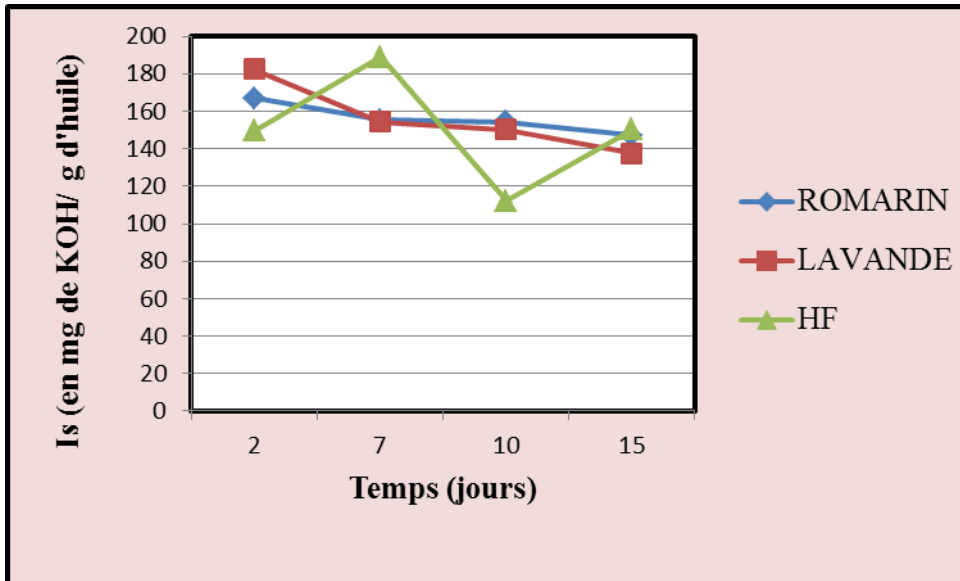
#### II.2.4. Variation de l'indice de saponification

L'indice de saponification correspond à la quantité (mg) de potasse nécessaire pour saponifier un gramme de CG. Pour un poids donné de triglycérides, la quantité de potasse nécessaire à la saponification augmente avec la diminution de la longueur des chaînes d'AG. Ainsi, cet indice permet de connaître la longueur moyenne de chaînes d'AG constitutifs d'un triglycéride (*MORDRET, 1985*).

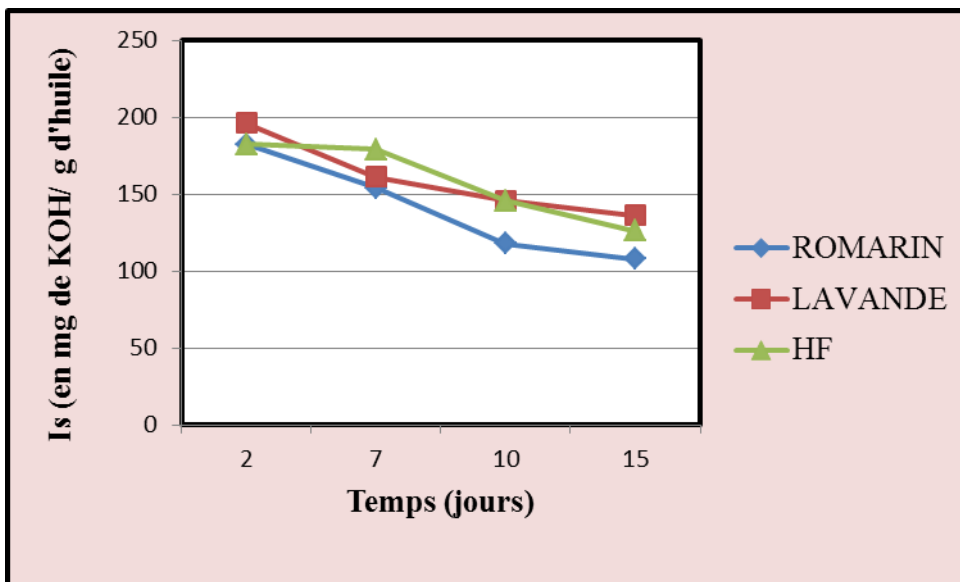
Autrement dit, l'indice de saponification renseigne sur la masse moléculaire moyenne des AG entrant dans la composition des huiles. La masse molaire des AG est inversement proportionnelle à l'indice de saponification d'un CG.

L'huile de tournesol « FLEURIAL » utilisée dans notre étude expérimentale a un indice de saponification ( $I_s$ ) de 189,33 mg de KOH/ g d'huile. Cette valeur est conforme à la norme fixée par le *codex alimentarius*, soit 188-194 mg de KOH/ g d'huile. Cette valeur est proche de celle notée par *CHELBI (2007)* qui est de 190 mg de KOH/ g d'huile.

Le stockage de cette huile à l'obscurité et son exposition à la lumière du jour a induit des variations de cet indice ; les résultats obtenus sont illustrés par les *figures 37 et 38*.



**Figure 37** : Evolution de l'indice de saponification ( $I_s$ ) pour les huiles photo-oxydées

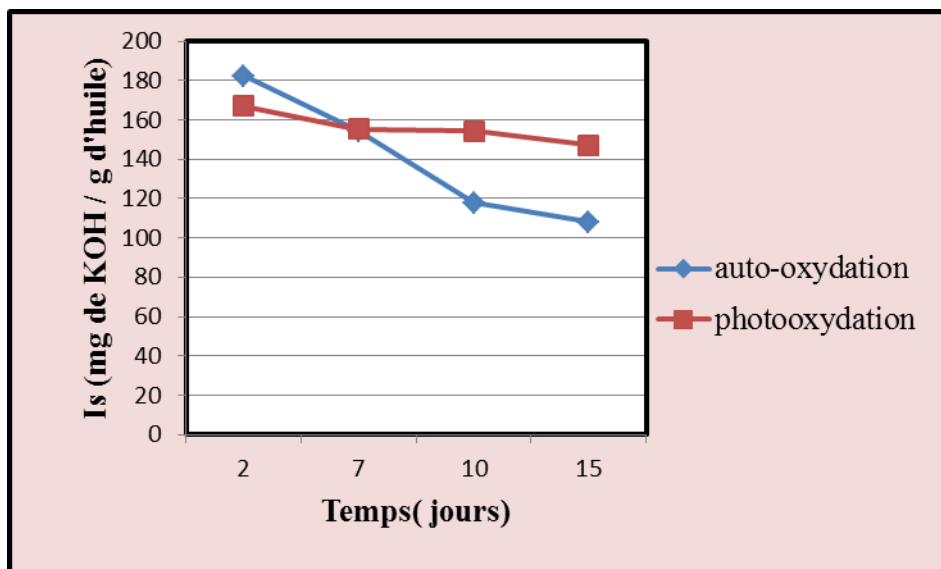


**Figure 38** : Evolution de l'indice de saponification ( $I_s$ ) pour les huiles auto-oxydées

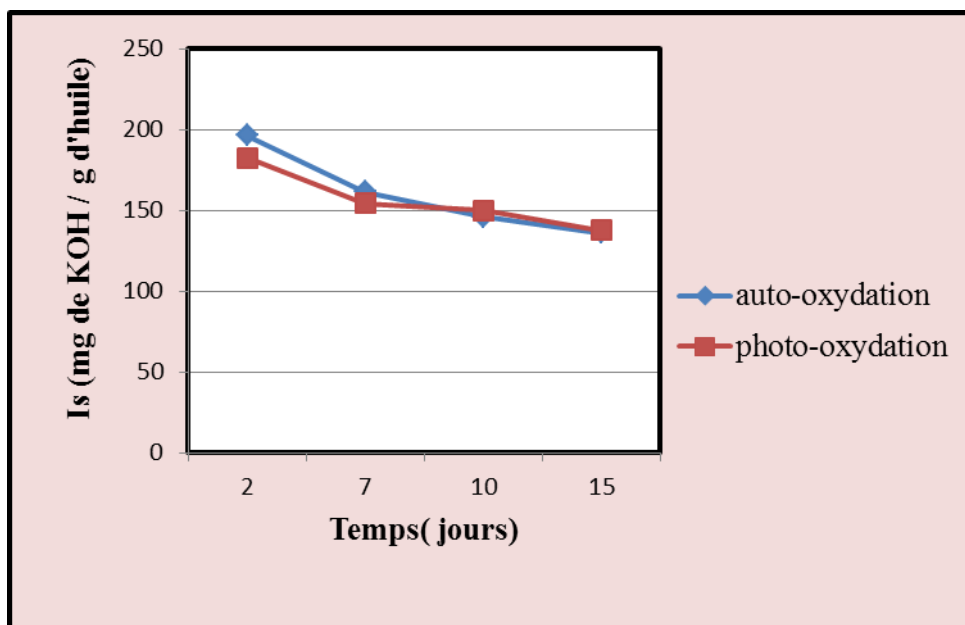
Selon *MORDRET (1985)*, l'augmentation de l'indice de saponification s'explique par la rupture des chaînes d'AG sous les conditions expérimentales, comme la lumière, la température, etc. Ainsi, la photo-oxydation aurait induit une forte action sur les doubles liaisons de l'acide linoléique que l'auto-oxydation.

En revanche, une diminution de l'indice de saponification est observée tout le long de l'expérimentation ; cette évolution indique un degré de polymérisation des AG signalé antérieurement par *MILLER et WHITE (1988)*. C'est l'huile stockée à l'obscurité qui a enregistré la valeur la plus basse à la fin de l'expérimentation (15<sup>ème</sup> jour d'exposition) pour atteindre 107,992mg de KOH/ g d'huile.

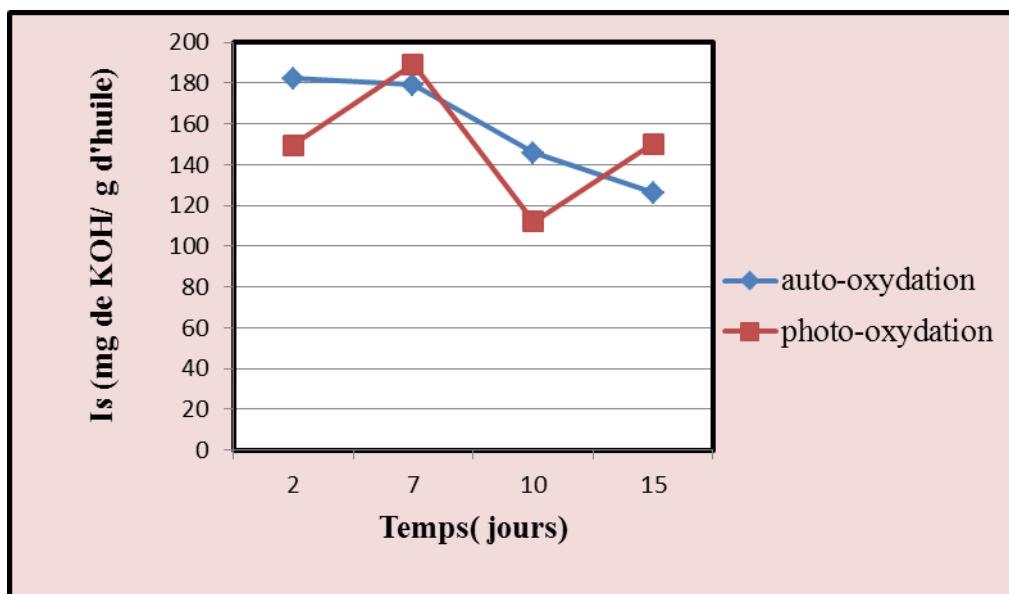
Il a été établi que les modifications physico-chimiques d'une huile se réduit par une forte augmentation de sa polarité et une augmentation de poids moléculaire des AG. En effet, Les pontages intermoléculaires (entre les AG de TAG) et intramoléculaires (au sein d'un même TAG) peuvent se produire dans l'huile exposée à ces altérations (PERRIN *et al.*, 1985).



**Figure 39** : Evolution comparative de l'indice de saponification de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de romarin



**Figure 40** : Evolution comparative de l'indice de saponification de l'huile photo-oxydée et auto-oxydée avec incorporation de la lavande.



**Figure 41** : Evolution comparative de l'indice de saponification de l'huile fraîche photo-oxydée et auto-oxydée.

En effet, l'indice de saponification reflète l'état d'oxydation des doubles liaisons, ce qui peut être expliqué par la rupture des doubles liaisons des AG. Une diminution de cet indice indique la formation des polymères par le pontage inter moléculaires des triglycérides oxydés (PERRIN, 1992).

Enfin, le *tableau XXIII* intègre les résultats de l'analyse de la variance de l'indice de saponification. Il en ressort de l'analyse de la variance à trois facteurs « absence ou présence de plante, absence ou présence de la lumière, durée de stockage » que le premier facteur (la lumière) agit de façon non significatif, par contre le facteur « plantes » agit de façon significatif et l'interaction de ces trois facteurs « lumière-plante-temps » ont également un effet hautement significatif sur ce critère. Ainsi, le facteur « temps » et les interactions « temps-plantes », « temps- lumière » agit de façon très hautement significative sur l'évolution de cet indice.

**Tableau XXIII** : Analyse de la variance de l'indice de saponification de l'huile de tournesol photo-oxydée et auto-oxydée

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	47265,11	71	665,706				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	21,695	1	21,695	0,128	0,72202		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	1152,723	2	576,361	3,408	0,04036		
<b>VAR.FACTEUR 3</b>	23478,19	3	7826,064	46,277	0		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	1873,871	2	936,936	5,54	0,00692		
<b>VAR.INTER F1*3</b>	4024,289	3	1341,43	7,932	0,00025		
<b>VAR.INTER F2*3</b>	5147,094	6	857,849	5,073	0,00045		
<b>VAR.INTER F1*2*3</b>	3449,818	6	574,97	3,4	0,00716		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	8117,43	48	169,113			13,004	8,47%

**Facteur 1** : Lumière

**Facteur 2** : Plante

**Facteur 3** : Temps

**A**

**ABDEKRIM H. (2003).** Biosynthétique végétale. Ina, Alger.

**ABDULKRIM S.M., LONG K, O.M. LAI O., S.K.S MUHAMED S.K.S. AND GHAZALI H.M. (2007).** Frying quality and stability of high-oleic moringaoliefera seed oil in comparison with other vegetable oils. Food chemistry, 105:1383-1389.

**ADRIAN J., POTUS J., POIFFAIT A. et DAUVILLE P. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Ed : Tec & Doc. Lavoisier, paris. pp : 49-59.

**AFFSA /NACRE. (2003).** Agence française sécurité sanitaire des aliments/ National Alimentaire et prévention des cancers. Acides gras alimentaires et cancers.

**AJANA H, PERRIN JL, PREVOT A. (1986).** Essais de séparation des phospholipides des huiles végétales par HPLC, Comparaison avec CCM, Revue Française des corps gras, 1.

**ALAIS, C. LINDEN, G. (1997).** Abrégé de biochimie alimentaire. Ed : 4<sup>ème</sup> édition. Paris. pp : 57, 59, 248. Ed : MASSON, paris. pp 229. ISBN : 2-2258253-9.

**ALAIS C., LINDEN G. et MICLO L. (2003).** Biochimie alimentaire. 5<sup>ème</sup> Edition de l'abrégé. Edition : DUNOD, paris. pp : 56-60.

**ALAIS C., DINDEN G. et MICLO L. (2008).** Les lipides. In : biochimie alimentaire Edition : DUNOD, 6<sup>ème</sup> édition de l'abrégé. PP : 52-72.

**ANONYME (1981).** Larousse agricole. Ed *Librairie Larousse*, paris, 1208 p

**ANONYME (1992).** Dossiers scientifiques de l'institut français pour la nutrition. Ed : IFN ; paris : p5.

**ANONYME 1.(2002).** Corps gras. Article Internet Google. p7

**ANONYME 2.(2002).** Rôle biologique et nutritionnel des lipides et leurs principaux constituants.

**ANONYME (2008).** Huile de friture, service de protection de la consommation. Département de l'action sociale et de la santé, Genève.

**ANONYME (2010).** Guide de contrôle des huiles de friture, Www. Mincommerce .gov.dz

**ANONYME (2012).**[http://fr. Wikipédia. Org /wiki / soja .](http://fr.wikipedia.org/wiki/soja)

**ANONYME 1 (2014).** [http://fr.wikipedia.org /wiki/Tournesol](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tournesol) dernière date de consultation juin 2014.

**ANONYME 2 (2014).**Www. Réactions d'altération chimique des aliments \_ azaquar.com .

**ANONYME 3(2014).**Www .AgenceEcofin\_ azaquar.com.

**ANWAR F., BHANGER M. I. et KAZI T.G. (2003).** Relationship between rancimate and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats *J.Am. Oil. Chem. Soc.*, 80: 151-155.

**APFELBAUMM., ROMON M. (2004).** Diététique et nutrition. 6<sup>ème</sup> Edition. Masson (Ed). Paris. 357p.

**ARUOMA O. I., SPENCER J. P., ROSSI R., AESCHBAH R., KHAN A., MAHMOOD N., MUNOZ A., MURICI A., BUTLER J. et HALLIWELL B. (1996).** An evaluation of the antioxidant and antiviral action of extracts of rosemary and Provençal herb. *Food and chemical Toxicology.*, 34(5): 449 – 456.

## **B**

**BABAAISSA F. (2000).** Les plantes médicinales en Algérie.

**BA K., TINE E., DESTAIN J., CISSE N., THONART P. (2010).** Etude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(1), 131-139.

**BARTLES A. (1998).** Guide des plantes de bassin méditerranéen, Ed : EUGEN ULMER, Paris. 400p

**BENISTON., N, T., W, S. (1984).** Fleurs d'Algérie. Ed : Entreprise internationale du livre, Alger, 359p.

**BELHARET, C. (2012).** Suive de la photo-oxydation et de l'auto-oxydation de l'huile de tournesol « Fleurial » au cours de stockage. Thèse d'ingénieur, technologie alimentaire, université de MMT.

**BLAVY P. (2010).** Identification des éléments clés du métabolisme des lipides et de leurs régulateurs, Thèse de Doctorat, Université Rennes 1.

**BONNEFIS C.S. (2005).** Effets biologiques des peroxydes et approche de la participation des aliments composés à leur apport chez le chien et le chat. Thèse pour l'obtention de grade de docteur vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse, France.

**BOUBRIT S. et BOUSSAD N. (2007).** Détermination « in vitro » le pouvoir antibactérien des huiles essentielles d'eucalyptus. Thèse d'ingénieur en biologie. UMMTO. p 2

**BOUHADJRA K. (2011).** Etude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge, thèse de magister, UMMTO.

**BOUHIDJ S., IDAOMAR M., ZHIRI A., BAUDOUX D., SKALI N.S., ABRINIJ. (2006).** Thymus essential oils chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. Congrès international de biochimie, Marco, Agadir.

**BOUSSARD R et CUISSANCE P. (1986).** Arbres et arbustes d'ornement. pp11-512

**BRUNETON J. (1999).** pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> Ed : Tec et Doc. Paris.

**C**

**CATHERINE, KOUSMINE. (1990).** Exigences pour la fabrication de l'huile de tournesol. (<http://www.amsol.asso.fr/tournesol.htm>).

**CHEFTEL. J. C. et CHEFTEL H. (1977).** Graisses et huiles, In : introduction à la biochimie et à la technologie des aliments ; Tome1. 243-263. Ed : Tec & Doc, Lavoisier. Paris ; ISBN : 2-85206-071.

**CHELBI. (2007).** Suive de contrôle de la matière première des huiles végétales ; thèse d'ingénieur en science alimentaires, université de Bejaia. P43.

**CHENE C. (2002).** les matières grasses. 1ère partie. [www.scribd.com/doc/76121235](http://www.scribd.com/doc/76121235). P-P : 1-14.

**CHEUNG S. Et TAI J. (2007).** Anti – proliferative and antioxidant properties of rosmarinRosmarinusofficinalis. *Oncology reports*, 17(6): 1525 – 1531.

**CHRISTIAN R., PIERRE V. (1997).** Biologie et physiologie humaines, paris.

**COSSUT J., DEFRENNE B., DESMEDT C., FERROUL S, GARNET S., HUMBERI S., ROELSTRAETE L., VANUXEEM M. et VIDAL D. (2002).** Projet réalisé dans le cadre du DESS QUALIMAPA (gestion de la qualité nutritionnelle et marketing des produits alimentaire). Institut Agro-Alimentaire de LILLI.

**CROCKET UNDERWOOD J. (1978).** Plantes a feuillepersistantes. INA el Harrach.alger.162p.

**D**

**DEL-PLANQUEB . (2002).** Intérêt nutritionnel des huiles de tournesols. Tournesol linoléique et tournesol à haute teneur oléique. O. C.L ; Vol.7 ; n°06. Pp 467-472.

**DENISE.J. (1982).** Composition des huiles végétales alimentaire brutes in raffinage des corps gras. Paris : MESTHOCK. Ed : Beffrois, p : 80-100.

**DENISE .J. (1992).** Raffinage des corps gras in manuel des corps gras. Tome1. Ed Lavoisier: Paris, p : 789-872.

**DIEFFENBACHER A., BUXTORF U., DERUNGS R., FRIEDLI ., GROB K. et ZURCHER K. (2000).** Graisses comestibles, huiles comestibles et graisses émulsionnées. In : Manuel suisse des denrées alimentaires. Edition : martin, Genève.

**DJERRARI A. et CROUZET J. (1985).** Influence de mode d'extraction sur la composition de l'huile essentiel de thym (thymus vulgaris), 4eme journée scientifique internationale. Digne-les-Bains.

**DJIOUA.T et HADOUCHE.S. (2003).** « stabilité de l'huile de tournesol à différentes conditions de stockage et d'emballage », Thèse d'ingénieur.UMMTO. P: 52.

**DORMAN D.H.G., BACHMAYER O., KOSARM ET HILTUNEN R. (2004).** Antioxidant properties of aqueous extract from selected lamiaceae species grown in turkey. *Journal of agricultural and food chemistry*, vol.52, pp: 762 – 770 .

**DRAKE IM., DAVIES MJ., MAPSTONE NP ., DIXON MF., SCHORAH CJ ., WHITE KL ., CHAMERS DM., AXON AT. (1996).** Ascorbic acid may protect against human gastric cancer by scavenging mucosal oxygen radicals, *Carcinogenesis*, 17,559-562.

**DUPIN H., CUQUE J., MALEWIAK M., LEYNAUD R., BERTHIER A. (1992).** *Alimentation et nutrition*. Ed : ESF. Paris. pp : 1533.

## **E**

**EL-SHAMI S.M., ZAZI S.I., EL ANWAR I.M. et EL MALLAH M.H. (1992).** Dielectric properties for monitoring the quality of heated oils .*A.J.O.C.S.* Vol 69, N°9, pp: 872-875.

**EYMARD S. (2003).** Mise en évidence et suivie de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation de chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de doctorat. Université de Nantes, France.

## **F**

**FARHOOSH R., EINAFSHAR S .and SHARAYEI P. (2009).** The effect of commercial refining steps on the rancidity measures of soybean and canola oils. *Food chemistry*. Vol.115: p 933

**FRANÇOIS R. (1974).** Les industries des corps gras; biochimie extraction, raffinage, nuisance et règlementation. Ed Lavoisier : paris, pp : 32-138; ISBN : 2880200075.

**FRANKEL, E.N., WARNER, K. and . MOULTON, K.L. (1998).** Effecto of hydrogenation and additives on cooking oil performance of soybean oil.

**FRANKEL, E.N. (2005).** Lipid oxidation *The Oily Press, vol. 10*. Dundee, Scotland. Pp:10.

**FREDOT E. (2006).** Connaissance des aliments; base alimentaire et nutritionnelle de la diététique ; Edition Tec et DOC ; 2<sup>ème</sup> édition ; Lavoisier, Paris.

**FRENOT M. et VIERLING E. (2001).** Biochimie des aliments : Diététique du sujet bien portant. 2<sup>ème</sup> édition : Doin éditeur. Bordeaux. Pp : 79-94

## **G**

**GASTON B. (1934).** Flore complète. Pp : 102-103.

**GERMOUCHE G et YACEF F. (2007).** Le contrôle de deux huiles végétales (soja et tournesol) au complexe « CEVITAL ». Mémoire, ING. Université de Bejaia .

**GERTZ C. (2008).** Optimum deep frying, from the Food Industries Association of Austria, F.I.A.A. from June.125-135.

**GIRRE L., (1988).** Connaitre et reconnaître les plantes médicinales, Ed. Lavoisier, ouest France. 308p.

**GRAILLE J. (2003).** Lipides et corps gras alimentaires-Paris : Tec et Doc, pp : 1-35. ISBN 2674306059467.

**GRAMMONT. (1978).** encyclopédie des plantes des fleurs et des gardiens ; Ed Laffont internationale, paris.

**GRANDGIRARD A., et LUFLIARD F. (1987).** Influence de divers paramètres sur la dégradation d'huiles végétales au cours du chauffage – Nature de l'huile, température et durée de chauffage. R.F.C.G ; Vol. 34 ; n°4.pp213-219.

**GRANDGIRARD A. (1992).** Transformation des lipides au cours des traitements thermiques, effet nutritionnels et toxicologiques. In : aspect nutritionnel des constituants des aliments influence des technologies. Ed : Tec & Doc. Paris .pp : 49-63 ; ISSN : 0221-0347.

**GUENTHER E. (1974).** The essentials oils, vol3, ed Robert Krieger publishing, Huntington, New York.

**GUILLAUMIN, R. (1977).** Revue française des corps gras. P211-218.

**GUILLEN M.D., MANZANOS M.J. (1998).** Study of the composition of the different part of Spanish Thymus vulgaris L. plqnt. Food chemistry. 63(3).pp :373-383.

**GUINGNARD .(1996).** Botanique .10<sup>ème</sup> Edition révisée.199p.

**GUTIERREZ G.R. et DOBARGANES M.C. (1988).** Analytical procedure for the evaluation of used frying fats.RFCG.PP:141-154. In: [www.conumer.servicech-unilever.com](http://www.conumer.servicech-unilever.com).

**GUPTA K. (2005).** Frying oils.Bailey's industrial oil and fat products.6<sup>th</sup> edition: John Wiley & Sons, Inc. pp: 1-23.

## **H**

**HACHIMI.N. (2007).**« Impact prévisible de l'intégration de l'Algérie à la zone de libre 2 change Union Européenne et Organisation Mondiale du Commerce sur la filière huile alimentaire ». Thèse de magister ; INA, p10.

**HAMMICHE., (1995).** Systématique et morphologie botanique, mém. d'ingénieur. Département de pharmacie. INESSM D'ALGER. pp : 164-165.

**HELEME J. P. (1984).** Influence des techniques sur la qualité des produits alimentaires dans les industries des corps gras : 33p, 35p, 40p, 42p, 125p.

**Hultin, H.O. (1994).** Oxidation of lipids in seafoods. In *Seafoods: Chemistry, Processing*

*Technology and Quality*. Shahidi, F. & Botta, J.R. (Eds), Blackie Academic & Professional, New York, pp: 49-74.

## I

**IBANEZ E., CIFUENTES A., CREGO A. L., SENORANS F. J., CAVERO S. et REGLERO G. (2000).** Combined use of supercritical fluid extraction, Micellarelectrokinetic chromatography and reverse phase high performance liquid chromatography for the analysis of antioxidants from Rosemary (*Rosmarinus officinalis*L). *Journal of Agricultural and Food chemistry.*, 48(9): 4060 – 4065.

## J

**JALAS J., (1991).** Atlas de la Flore européenne, Ed. committee for mapping the flora of Europe, Helsinki, 110p.

**JAN-VOLAK ET JERY S. (1983).** Plantes médicinales, el harach. 312p.

**JEANTET R., BRULE G., CROGUNENEC T. et SCHUCK P. (2006).** Science des aliments : Biochimie-Microbiologie-Procède-Produits. Tom 1. Edition : Tech et Doc, Lavoisier, Paris. pp : 95-120.

**JEAN-MICHEL C. (1981).** La rousse agricole

**JOUILLIER M., LONOLSKI M.P. (1969).** Biochimie générale. Tome 3, Ed : MASSON, Paris.

**JUDDE A. (2004).** Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications ; OCL VOL. 11N°6, NOVEMBRE –DECEMBRE, 415-418.

**JULIEN TAP. (2005).** article de Wikipédia encyclopédie libre.

## K

**KANSCI, G., GENOT, C., MEYNIER, A. and GANDEMER, G. (1997).** The antioxidant activity of carnosine and its consequences on the volatile profiles of liposomes during iron/ascorbate induced phospholipid oxidation. *Food Chemistry* 60 165-175.

**KARLESKING A, (1992).** T1 .principaux constituants chimiques des corps gras, propriétés chimiques des corps gras in Manuel des corps gras .Ed Tec & Doc, Lavoisier. Paris. pp : 95-358.

**KARLSKIND.A. (1992).** « Manuel des corps gras » Ed Tec et Doc, Lavoisier. Paris.

**KOOLMAN F. et ROHM N. (1999).** Atlas de poche de biochimie. 2<sup>ème</sup> édition : Flammarion, France.

**KORTENCHKA, V.D., YANISHLIEVA, N.V., KASAIKINA, O.T., TOTZEVA, I.R., BONEVA, M.I. and RUSSINA, I.F. (2002).** Phenol antioxydant efficiency in various lipid substrates containing hydroxy compounds. *European Journal of Lipid Sciences and Technology*. p104 - p 513 - p519.

**KPROVIESSI D. S., GEORGE C., ACCROMBESSI ., KOCHOOH C., MOHAMED M., SOUMANAU and MOUDACHIROU M. (2004).** Propriétés physicochimique et compositions de l'huile non conventionnelle de pourghère (jatropha-curca) de différents régions du Benin, 7 : 1007-1012.

**KRISTOTT J. (2002).** Performance of high-olic oils during frying in comparison with palm oil. Britannia Food Ingredients Ltd-Technical Communication. pp : 1-17.

**KULSIK T ., DRAGOVIC-UZELAK V., MILOS M.(2006).** Antioxidant activity of aqueous Tea Infusions prepared from oregano, Thym and wild Thym. *Food technol. Biotechnol*44(4) .pp :485-492.

## **L**

**LAMBINON J., DELVOSALLE L et DUVIGNEAD J.(2004).** Nouvelle flore de la Belgique, Ed.cinq.jardin botanique nationale de Belgique.pp :216-219.

**LEMONICA I. P ., DAMASCENO D. C. et DI-STASI L.C. (1996).** study of the embryo toxic effects of an extract of rosmary (rosmarinusofficinalis). *Brazilian journal medical and biologicalresearch.*, 29(2): 223 – 227 .

## **M**

**MARTIN A. (2001).** Apports nutritionnels conseillés pour la population française : TEC & DOC. Lavoisier, paris.

**MASCRE M., REGNIER J. (1944).** Thérapeutique hygiène industrie, matière première de règne végétale, Ed. MASSON et Cie. Tome 2, pp : 2002-2007.

**MASSON O. (2002).** Biochimie : les bases biochimiques de la diététique. Edition : Tec& Doc, Lavoisier, paris. pp : 81-83.

**MENSIER PH. (1957).** Encyclopédie Biologie II. Dictionnaire des huiles végétales, Paris, VI<sup>ème</sup> édition.

**MERRIEN A. (1992).** Tournesol. In : Manuel des corps gras. Edition : Tech et Doc, Lavoisier, paris .pp : 116-122.

**MOMPON B., LEMAIRE B., MENGAL P. et SURBED M. (1998).** Extraction des polyphénols : du laboratoire à la production industrielle. Les colloques, n°87, bordeaux (France), Edition .INRA, paris.

**MORALES R., (1997).** Synopsis of the genus thymus L .in the mediterranean area. Lagasalia, vol.19, n.1-2, pp: 249-262.

**MORDRET F. (1992).** Analyse des corps gras In Manuel des corps gras. Tec .Et Doc. Lavoisier (Ed). Paris. pp : 1147-1182.

**MULTON J.L. (2002).** Industrie des corps gras. In : additifs et auxiliaires de fabrication dans l'industrie agroalimentaire. 3<sup>ème</sup> éd. Paris : Lavoisier, 2002. 627p (collection science & techniques agroalimentaires). ISBN 2-7430-0436-3.

## **N**

**NJOUENKEU R. and NAGRASSOUM M. (2002).** Etude comparative de la valeur en friture de quelque huile végétale (comprativestudy of fringbehaviour of somvegetableoils). Jurnal of Food engineering, 121:211-125.

## **O**

**OKAMURA N. HARAGUCHI H. HASHIMOTO K. et YAGHI A. (1994).** Flavonoids in Rosmarinus officinalis leaves. Phytochemistry., 37(5): 1463 – 1466.

## **P**

**PARIS et HURABIELLE. (1981).** Abrégé de matieremidicale, ed masson, 339p

**PARIS A ., STRUKELJ B., RENKO M ., TURK V ., PUKL M., UMEK A. et KORANT B. D.(1993).** Inhibition effects of carnosic acid on HIV -I protease in cell free assays. Journal of naturalproducts., 56(8): 1426 – 1430.

**PAULE N. (2001).** Diététique, les aliments, les huiles : huile de soja, valeur nutritionnelle de l'huile de soja.

**PERCHERON R., PERLES F. (1981).** Les lipides, structures et propriétés. In : abrégé de biochimie générale. Tome 2. Edition : Masson, paris. 141p. ISBN 2-225-68277-1.

**PERCHRON R ., PERLES F ., FOGLIETTI M.J. (1992).** Biochimie structurale et métabolique, chromoprotéines, glucides glycoprotéines lipides oxydations biologiques interrelation métaboliques, 3<sup>ème</sup> édition, Masson, paris.

**PERRIN J.L. (1989).** Altération thèrmooxydative des corps gras. R. F. C. G, 3(4), p 119-125.

**PERRIN J.L. (1992).** Evolution des corps gras au cours de leurs utilisations alimentaires. In : KARLSKIND A. « manuel des corps gras ». ED : Tec & Doc, Lavoisier. Paris.

**PERROT E et PARIS R. (1971).** Les plantes medicinales. 133p, el Harrach. Alger.

**PETTER. N. ANTHONY. C. SMITH. D. (2002).** Les phospholipides in biochimie illustrée ; Ed Malouine, pp : 309-311.

**PIBIRI MC. (2005).**Antimicrobialproperties of essential oil constituents. International journal of aromatherapy. Pp: 11, 126-133.

**PINCEMAIL J., MEURISSE M., LIMET R ET DEFRAIGNE J O. (1999).** L'évaluation du stress oxydatif d'un individu: une réalité pour le médecin. *Vaisseaux, Cœur, Poumons*, 4(5).

**PINKAS M et LUCIENNE B. (1980).** Les plantes médicinales des régions tempérées, paris, usthb d'Alger.

**POISSON J.P., NARCE M. (2003).** Corps gras alimentaires : aspects chimiques, biochimiques et nutritionnels. Lipides et corps gras alimentaires. Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris. ISBN : 2-7-430-0594-7. PP : 1-47.

**POKORNY J. (2003).** Problème de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides.In : Lipides et corps gras alimentaires. Edition: Tec & Doc, Lavoisier paris. pp:51-74.

**PRIOR. E. (2003).** In lipides et corps gras alimentaires, GRAILLE et al., Ed Tec & Doc. Lavoisier.

## Q

**QUEZEL P., SANTA S. (1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertique méridionale, Ed. du centre de national de recherche scientifique. Tome II.805p

## R

**RAHMANI. M ; (2005).** « composition chimique de l'huile d'argane vierge ». cahier agriculture, vol n° 5, p 461-465.

**RAMEAU .J.C., MANSION., G., DUME. (1993).** Flore forestière française, guide écologique illustré.599p.

**RIAHI, MARZOUKI, (2000).** Antioxydant Natural végétaux .O.C.L., 11, pp :419-424.

**RIBEREAU-GAYONP. (1968).**Les composés phénoliques des végétaux, Gauthier- Villars, Paris.

**RICHARD H., MULTON J.L. (1992).** Les arômes alimentaire .Ed. Lavoisier, 438 p.

**ROGER B. (1994).** Flore pratique, 8<sup>eme</sup> édition, presse universitaire de France.

**ROGER C. (1984).** Les plantes, Ina : el Harrach. Alger .p194.

**ROGIS F. (2002).** Huile de tournesol. [http:// www.prolea. Com/ tournesol. htm](http://www.prolea.Com/tournesol.htm).

**ROLLAND Y. (2004).** Antioxydants naturels végétaux. O.C.L., 11,pp :419-424.

## S

**Salvayre R., et Negre-Salvayre A. (2005).** Effet protecteur des acides gras contre le stress oxydatif : Implication en physiopathologie vasculaire. OCL volume, numéro 12 5-6, 433-438.

**SAGUY I.S. and DANA D. (2003).** Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. Food Chemistry, 50: 143-152.

**SCALBERT A., WILLIAMSON G.(2000).**Dietary intake and bioavailability of polyphenols. American Society for Nutritional Sciences, pp. 2073-2085.

**SHAHIDI F, JANITHA P. K, WANASUNDARA P. D. (1992).** Phenolic antioxidants. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32(1), p: 67-103.

**SOULIER J., FARINES M. (1992).** Manuel des Corps Gras, édition TEC&DOC, LAVOISIER, Paris.

**SPICHIGER V., SAVOLAINEN M., RODOLPHE E., JEANMONOD D. (2002).** Botanique systématique des plantes à fleurs. 413p.

## T

**TOUATI M. (1980).** Etude de l'influence des traitements thermiques à caractère culinaire sur les propriétés physiques, chimiques et nutritionnelles de quelques huiles : tournesol, colza, mélange tournesol-colza et olive, Thèse d'ingénieur, INA.

**TOUITOU Y. (2005).** Biochimie : Structure des glucides et lipides. PCEM. Université Pierre et Marie Curie, faculté de médecine, paris. : 31-44.

**TREMOLIERES J., SEVILLE Y., JACQUOT R. et DUPIN H. (1984).**Manuel de l'alimentation humaine. Tome I. Edition : Esf, paris. pp : 148.

## U

**UZZAN A. (1992).** Olive et huile d'olive. In : Manuel des corps gras. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. pp : 221-228.

## V

**VIERLING E. (2003).** Aliments et boissons : Filière et produits. 2<sup>ème</sup> édition :Doinéditeur. pp : 187-208.

**VINAIXA M., VERGARA A., DURAN C., LLOBET C., BADIA C., BREZMES J., VILANOVA X. and CORREIG X. (2005).**Fast detection of rancidity in potato crisps using e-noses based on mass spectrometry or gas sensors. Sensors and Actuators, 106:67-75.

**VITRAC O., RAOULT-WACK A.L. et TRYSTRAM G. (2003).** Procédé de friture et produits frits. In : Lipides et corps gras alimentaires. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. pp : 231-269.

**W**

**WANG W., WU N., ZU Y. G. et FU Y. J. (2008).**Antioxi-dantactivity of Rosmarinus officinalis L oil compared to its main compounds. *Food chemistry.*, 108(3): 1019 – 1022 .

**WELL J.H. (2001).** Biochimie générale 9<sup>ème</sup> édition Masson, paris. pp : 274.

**WOLF JP. (1968).** Manuel d'Analyse des Corps gras, édition AZOULAY, Paris.

**WOLFF J.P. (1991).** Analyses et dosage des lipides. In : technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaire. MULTON.A. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, paris.

**Y**

**YANG C. S., LANDAU J. M., HUANG M.T. et NEWMARK H.L. (2001).** Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annu. Rev. Nut*, N° vol.21, pp: 381-406.

# *Annexe*

- **Les modes opératoires**

- **Les analyses physiques**

**Annexe 01** : Détermination de l'humidité (A.F.N.O.R NF T606-201 1984)

**Appareillages**

- Etuve
- Dessiccateur
- Becher
- Balance analytique

**Mode opératoires**

- Régler l'étuve à  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}$  ;
- Peser un bécher à vide après l'avoir lavé, séché à l'étuve et refroidi dans le dessiccateur. Soit  $m_0$  le poids de ce bécher ;
- Peser 10g d'huile puis peser l'ensemble (bécher + huile). Soit  $m_1$  ce second poids ;
- Introduire le bécher contenant l'huile dans l'étuve pendant 1 heure ;
- Refroidir et peser l'ensemble (bécher + huile). Soit  $m_2$  ce troisième poids.

**Annexe 02** : Détermination de l'absorbance en UV (A.F.N.O.R T60-223.1978)

**Réactifs**

- Hexane pur

**Mode opératoire**

- On dissout 0.1g d'huile dans 10 ml d'hexane ;
- On mesure l'extinction de la solution de matière grasse à 232 nm et 270 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV.

**Les analyses chimiques**

**Annexe 03** : Détermination d'acidité et l'indice d'acidité (A.F.N.O.R NF. T 60-204, 1988)

**Appareillages**

- Erlen Meyer
- Burette de 25 ml
- Balance analytique
- Agitateur

# *Annexe*

## **Réactifs**

- Alcool éthylique ;
- Solution d'hydroxyde de potassium (KOH) à 0.1 N ;
- Phénolphtaléine.

## **Mode opératoire**

- Peser 10g d'huile dans un erlen Meyer ;
- Ajouter 50ml d'éthanol à 96% ;
- Agiter énergiquement jusqu'à dissolution du corps gras ;
- Ajouter 0.3ml de phénolphtaléine ;
- Titrer par une solution de KOH à 0.1N jusqu'à l'apparition de la couleur rose persistante pendant 10 secondes. Détermine le volume.

## **Annexe 04 : Détermination de l'indice de peroxyde (A.F.N.O.R ; NF T60-220,1988)**

### **Appareillages**

- Fiole conique
- Burette de 25ml
- Balance analytique

### **Réactifs**

- Chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ) ;
- Acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ;
- Solution aqueuse saturée d'iodure de potassium (KI) ;
- Solution aqueuse à 0.01N de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) ;
- Solution d'empois d'amidon à 1%.

### **Mode opératoire**

- Peser 2g d'huile dans une fiole conique ;
- Ajouter 10ml de chloroforme et 15ml d'acide acétique ;
- Puis 1ml de la solution d'iodure de potassium ;
- Boucher aussitôt la fiole ;
- Agiter pendant 1 minute et laisser à l'abri de lumière pendant 5 minutes ;
- Ajouter 75ml d'eau distillée, et quelques gouttes d'empois d'amidon ;
- Titrer l'iode libéré jusqu'à décoloration complète avec la solution de thiosulfate de sodium à 0.01N. soit V ce volume ;
- Faire parallèlement un essai à blanc (sans matière grasse). Soit  $V_0$  le volume de thiosulfate de sodium à 0.01N.

## *Annexe*

### **Annexe 05 : Détermination de l'indice d'iode (A.F.N.O.R NF T60-203, 1990)**

#### **Appareillages**

- Erlen Meyer
- Burette de 50ml
- Eprouvette de 25ml

#### **Réactifs**

- Thiosulfate de sodium à 0.1N ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) ;
- Empois d'amidon ;
- Iode alcoolique (0.2N).

#### **Mode opératoire**

- Peser 0.2g d'huile introduite dans un ballon ;
- Ajouter 10ml d'éthanol agiter jusqu'à la dissolution de CG, puis 10ml d'iode alcoolique ; et 30ml d'eau distillée ;
- Fermer le bouchon, agiter énergiquement pendant 5 mn ;
- Titrer l'iode libéré par la solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) à 0.1N jusqu'à l'apparition de la coloration jaune ;
- Ajouter 1ml de solution d'amidon à 1% pour avoir une coloration bleu foncée ;
- Poursuivre la titration avec la solution de thiosulfate de sodium jusqu'à la disparition de la couleur bleu ;
- Noter le volume de titration ;
- Effectuer un essai à blanc, au même temps et dans les mêmes conditions (sans matière grasse).

### **Annexe 07 : Détermination de l'indice de saponification (A.F.N.O.R NF T60-206, 1968)**

#### **Appareillages**

- Ballon à col rodé
- Réfrigérant à reflux
- Burette graduée
- Plaque chauffante
- Balance analytique

#### **Réactifs**

- Acide chlorhydrique en solution à 0.5N (HCl) ;
- Potasse en solution 0.5N dans l'alcool éthylique à 95% (KOH) ;
- Phénolphthaléine en solution à 1% dans l'alcool éthylique.

## Annexe

### Mode opératoire

- Peser 2g d'huile et les introduire dans un ballon à col rodé ;
- Ajouter 25ml de KOH alcoolique à 0.5N ;
- Placer sous réfrigérant à reflux pendant une heure. En agitant temps en temps ;
- Titrer à chaud l'excès de KOH avec de l'acide chlorhydrique (0.5N) en présence de phénolphaléine jusqu'à décoloration ;
- Effectuer un essai à blanc dans les mêmes conditions.

### Annexe 08 : réaction d'estérification et la configuration spatiale d'AG

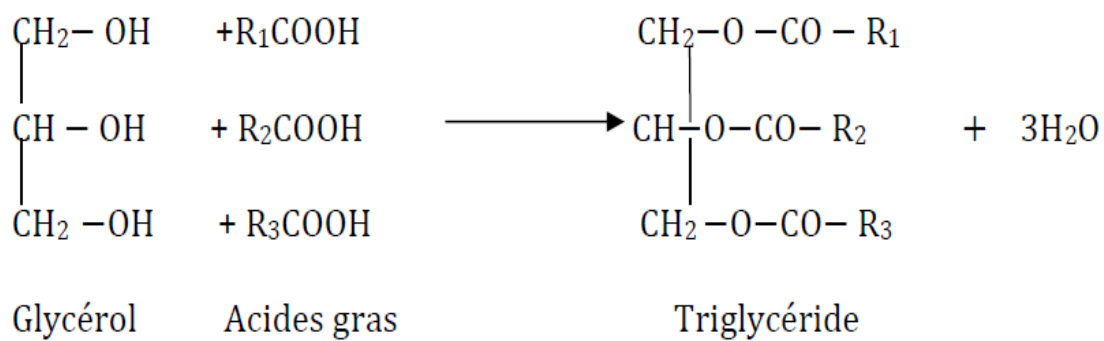


Figure A: Réaction d'estérification

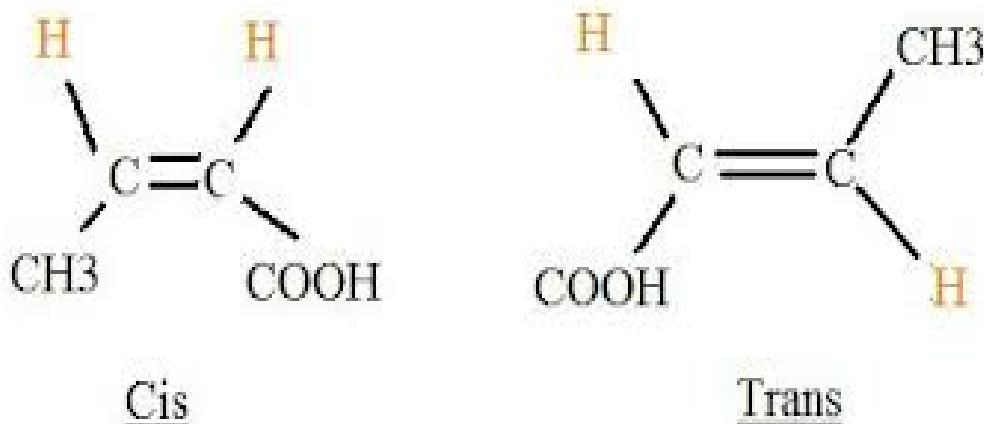


Figure B : configuration spatiale d'un acide gras.

## Annexe

### Annexe09 : les propriétés physico-chimiques des CG et leurs caractéristiques

<b>Paramètres physico-chimiques</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Référence</b>
<b>Etat naturel et aspect</b>	Solide ou liquide, cela dépend du nombre d'insaturation qu'il contient.	<i>DENISE, 1982</i>
<b>Solubilité</b>	Diminue avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée et augmente avec l'insaturation pour une température T donnée.	<i>TOUITOT, 1974</i>
<b>Point diffusion (point de solidification)</b>	-Permet d'apprécier le degré de pureté -s'élève avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée dans le cas des AGS et s'abaissent avec le nombre de doubles liaisons pour les AGIS	<i>KESSOUS, 1993 ; GRAILLE, 2003</i>
<b>Densité</b>	-Dépend de la composition chimique, et de la température. - augmente avec l'augmentation de l'indice d'iode et de l'indice de saponification	<i>FRANCOIS 1974 ; BENNANIBA, 2003</i>
<b>Viscosité</b>	-dépend de la composition chimique et de la température -augmente avec l'augmentation de poids moléculaire et diminue avec l'augmentation de la T	<i>KARLESKIND, 1992</i>
<b>Indice d'iode</b>	Permet de calculer l'insaturation totale de la graisse	<i>FRANCOIS, 1974</i>
<b>Indice de peroxyde</b>	Renseigne sur le degré d'oxydation et le nombre d'acide gras constituant le corps gras à analyser	<i>FRANCOIS, 1974</i>
<b>Indice d'acide</b>	Permet la neutralisation des corps gras	<i>DEBRUYENE, 1999</i>
<b>Insaponifiable</b>	Caractérise un corps gras à sa constitution (colorants caroténoïdes, chlorophylles, stérols, tocophérols et divers alcools aliphatiques ou cycliques)	<i>DEBRUYNE, 1999</i>

## *Annexe*

**Annexe 10:** rôles biologiques des vitamines et apports nutritionnels conseillés par jour  
(ALAIS *et al.*, 2003)

<b>Vitamines</b>	<b>Apport nutritionnel conseillé par jour</b>	<b>Rôle biologique</b>	<b>Principaux apport alimentaires</b>
<b>Vitamine «A »</b>	800-1000µg	<p>-Constituant de pigment photosensible de l'œil, maintient l'intégrité de la conjonctivite et de la cornée</p> <p>-Joue un rôle au niveau des membranes cellulaires.</p> <p>-Vitamine de croissance.</p> <p>- Intervient dans la synthèse de la progestérone, des stéroïdes sexuels et corticosurrénaux</p> <p>-Sa carence entraîne une perte de vision crépusculaire et une hyper crétinisation de la peau.</p>	<p>-Foie des animaux, poisson, lait, fromages.</p> <p>-sous forme de caroténoïdes de nombreux légumes : laitue, épinard, carotte,</p>
<b>Vitamine « D»</b>	10µg	<p>-Augmente l'absorption intestinale de calcium et du phosphore. Elle a le comportement d'une hormone hypercalcimiant.</p> <p>-Les états de carence (alimentaire et/ou d'ensoleillement) conduisent au rachitisme chez l'enfant, à l'ostéomalacie chez l'adulte.</p>	Foie, le poisson gras, lait, le beurre.
<b>Vitamine « E »</b>	12m	<p>Puissant antioxydant qui protège les acides gras essentiels, les vitamines A et C et les membranes cellulaires.</p> <p>Les états de carences ne semblent pas exister chez l'homme.</p> <p>Les apports conseillés augmentent avec la richesse de régime alimentaire en lipides.</p>	<p>-Germe des céréales</p> <p>-organes vert des végétaux (salade, chou, épinard, ...)</p> <p>- foie, lait, beurre, lard.</p>
<b>Vitamine « K »</b>	45µg	Indispensable à la coagulation du sang.	Foie, viande, épinard, chou vert,

## *Annexe*

**Annexe 11 :** composition des AGE des principales huiles végétales (en pourcentage%)

<b>Matière Grasse</b>	<b>Acide myristique C14 :0</b>	<b>Acide palmitique C16 :0</b>	<b>Acide stearique C18 :0</b>	<b>Acide oléique C18 :1</b>	<b>Acide linoléique C18 :2</b>	<b>Acide linolénique C18 :3</b>	<b>Acide arachidique C20 :0</b>
<b>Arachide</b>		14.0	4.0	60.9	19.1		2.0
<b>Colza</b>	0.1	6.8	1.3	58.8	23.3	8.5	0.3
<b>Mais</b>	0.3	12.8	3.0	27.2	52.9	1.8	0.8
<b>Soja</b>	0.1	10.8	3.6	23.5	4.3	7.5	0.2
<b>Tournesol</b>	0.1	7.1	3.9	25.8	63.1	0.1	0.1
<b>Olive</b>	0.1	10.1	2.4	75.9	10.4	0.9	Trace

**Annexe 12:** composition en acide gras de l'huile de tournesol (*KARLSKIND, 1992*)

<b>Acides gras</b>	<b>Nature</b>	<b>Acides gras totaux</b>
<b>Acide palmitique</b>	C16 :0	5-7
<b>Acide palmitoléique</b>	C16 :1	≤0.4
<b>Acide margarique</b>	C17 :0	≤0.1
<b>Acide stéarique</b>	C18 :0	4-6
<b>Acide oléique</b>	C18 :1	15-25
<b>Acide linoléique</b>	C18 :2	62-70
<b>Acide linolénique</b>	C18 :3	≤0.2
<b>Acide arachidique</b>	C20 :0	<1
<b>Acide gadoléique</b>	C20 :1	<0.5
<b>Acide bihénique</b>	C22 :0	<0

## *Annexe*

### Annexe 13 : résumé des étapes préliminaires de production d'huile

Les étapes		Principe	Références
<b>1-Préparation des graines</b>		- La préparation des graines ou des fruits joue un rôle très important dans la qualité de l'huile. Elles sont tout d'abord triées, puis subissent un dépoussiérage par un courant d'air (15 -90 minutes à 90- 100° C) suivi d'un tamisage et d'un broyage, puis elles sont broyées dans le but de réduire les graines entières en fractions de granulométrie optimale	( <i>MOHTADJI et LAMBALLAIS, 1989</i> ).
<b>2-Extraction</b>	<b>mécanique par pression</b>	C'est une opération qui consiste à pression la matière première dans à vis en continu. A la fin, on obtient d'une part « l'huile brute » et d'autre part, un résidu solide ou « tourteau » qui contient 10 à 20% d'huile.	( <i>ROGER, 1974</i> ).
	<b>Chimique par solvant</b>	Le solvant le plus utilisé est l'hexane. Le principe de cette opération consiste à faire circuler à contre-courant dans l'extracteur le tourteau avec l'hexane. Le mélange ainsi obtenu (huile, hexane) est débarrassé du solvant au moyen d'une distillation. On répète cette opération sur le tourteau afin de lui enlever le maximum de l'huile. A la fin, le solvant est récupéré pour de nouvelles utilisations, alors que le tourteau est valorisé en tant que nourriture pour les animaux	( <i>MOHTADJI et LAMBALLAIS, 1989</i> ).

## *Annexe*

**Annexe 14:** Différentes étapes de la préparation des graines et leurs buts  
(LAISNEY, 1992 ; LINDEN et LORIENT, 1994 ; AGOUGOU et BENAMARA, 2003).

<b>Opérations</b>	<b>Buts</b>
<b>Dépoussiérage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eliminer les poussières à l'aide d'un courant d'air</li></ul>
<b>Lavage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eliminer les additions mécaniques adhérentes à la matière première (terre, sable)</li><li>• Débarbouiller les micro-organismes</li></ul>
<b>Séchage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Faciliter le décorticage</li><li>• Régler l'humidité des graines</li></ul>
<b>Tamissage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Séparer ainsi les impuretés de grosse dimension, des poussières</li><li>• Obtention des lots homogènes</li></ul>
<b>Décorticage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eliminer les matières sans valeurs pour l'alimentation animale</li><li>• Faciliter les traitements ultérieurs</li></ul>
<b>Broyage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prévenir les processus d'oxydation</li><li>• Accélérer le processus de traitement</li><li>• Eviter les pauses durant le travail</li></ul>
<b>Cuisson</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Régler l'humidité des graines</li><li>• Accroître la plasticité des graines</li><li>• Augmenter la fluidité protéique</li><li>• Coaguler les fractions protéiques</li><li>• Désactiver les enzymes</li><li>• Détruire les micro-organismes</li></ul>

## Annexe

### Annexe 15 : Les opérations du raffinage des huiles et graisses

étapes du raffinage	Principe	Références
<b>Démucilagination</b>	C'est un traitement à l'eau chaude qui insolubilise les phospholipides ainsi que diverses matières colloïdales (polysaccharides, gommés, résines) ; les deux phases sont ensuite séparées par centrifugation	(CHEFTEL <i>et</i> CHEFTEL, 1977).
<b>Neutralisation</b>	Vise à éliminer les AGL présents dans la MG et qui risquent de lui donner un goût désagréable. La neutralisation s'effectue le plus souvent par addition de soude qui transforme les AGL en savon que l'on sépare ensuite par centrifugation en même temps que l'autre impureté. Les savons ainsi formés sont récupérés sous forme de pâte de neutralisation	(FRANCOIS, 1978).
<b>Lavage et séchage</b>	Un à deux lavage(s) à l'eau chaude permettent d'éliminer la quasi-totalité des traces de savons résiduels. Puis l'huile est séchée par pulvérisation sous vide à environ 90°C.	(FRANCOIS, 1978).
<b>La décoloration</b>	La décoloration des huiles est obtenue par absorption des pigments sur une terre décolorante (argile) maintenue en contact avec l'huile environ 30 minutes, sous vide, à 90°C. La terre chargée en pigments, est alors séparée de l'huile par filtration. La décoloration permet également l'élimination parfaite des dernières traces de métaux et de savons	(LAISNEY, 1992).
<b>Le décirage</b>	Elimine les cires naturelles, solubles à 40°C, mais très peu solubles à température ambiante. La présence de ces cires se traduit par des défauts d'aspect divers (trouble, dépôt, flocons) qui nuisent à la présentation du produit. Ces cires se trouvent par exemple dans les huiles de tournesol. Un refroidissement de l'huile aux environs de 5°C est nécessaire pour assurer la cristallisation complète des cires qui seront séparées de l'huile par centrifugation et filtration	(LINDEN <i>et al.</i> , 1994).
<b>La désodorisation</b>	Se fait par un entraînement à la vapeur d'eau des flaveurs indésirables, à 200-220°C à l'abri de l'air sous vide poussé. Permet d'éliminer les traces de produits volatils qui donneraient à l'huile un fruité désagréable ou un goût de rance.	(AGOUGOU <i>et al.</i> , 2003).

## Annexe

### Annexe 16 : autres appellations de la *L.officinalis* et *L.stoechas*


Noms Espèce	Nom botanique (latin)	Référence
<b>Lavande officielle</b>	<i>Lavandulaofficinalis.L.</i>	<i>PERROT et al., (1971); RAMEAU et al., (1993); BABAAISSA(2000).</i>
	<i>Lavandulaangustifolia Millet</i>	<i>CROCKETT et al., (1978); JAN-VOLAK et al., (1993); RAMEAU ET AL(1993); BOSSARD et al., (1986); BABAAISSA(2000).</i>
	<i>Lavandulavulgaris.lam.</i>	<i>RAMEAU et al., (1993)</i>
<b>Lavande vraie</b>		<i>PERROT et al., (1971); CROCKETT et al., (1978); LUCIENNE et al., (1980) BOSSARD et al., (1986); RAMEAU et al.,(1993); BABAAISSA(2000).</i>
<b>Lavande femelle</b>	<i>Lavandula spica</i>	<i>CROCKETT et al.,(1978) JAN-VOLAK et al.,(1983)</i>
<b>Lavande stoechas</b>	<i>Lavandulastoechas</i>	<i>ROGER(1992); LUCIENNE et al., (1980) BABAAISSA(2000).</i>

### Annexe17 : Les autres espèces de la lavande

Espèces	Caractères d'identifications	Références
<b><i>L. Latifolia</i></b>	Une grande lavande, mesure de 30 à 80 hauts, A des feuilles blanchâtre et spatulé plus large, fleurs violettes, bractée verdâtre linéaire, aigues, résiste mal sous climat rigoureux.	<i>GASTON(1934) GRAMMONT (1978) BOSSAR et al., (1986) BABAAISSA (2000)</i>
<b><i>L. Dentata</i></b>	Une plante très ornementale de 0,30 à 0,60cm de haut avec une tige triangulaire , à feuille linéaire de 2 à 4 cm de longueur, vert foncé dessus, grisâtre dressons, grossièrement denté .	<i>GRAMMONT(1978) BENISTON(1984) BOSSAR et al., (1986) BABAAISSA(2000)</i>
<b><i>L. Multifida</i></b>	Peu aromatique, a feuilles vertes, fleurs bleue violacées, mesure 12 mm de long, en épi jusqu'à 70 mm de long ; Se rencontre dans les lieux caillouteux ; Elle est rencontrée en Italie, Cécile	<i>GRAMMONT(1978)</i>
<b><i>L. Viridis</i></b>	A bractées terminales vertes, Mesure 8-20 mm de long, Fleurs blanche, Sud-ouest d'Espagne, Portugal	<i>GRAMMONT(1978)</i>

## Annexe

### Annexe 18 : fiche technique de l'huile brute de tournesol

	FICHE TECHNIQUE HUILE BRUTE TOURNESOL	
	Unité	concentration
Analyses		
Acidité	% d'acide oléique	2 Max
Indice de peroxydes	meq O <sub>2</sub> /Kg huile	15 Max
Matière volatiles à 105°C	%	0.2 Max
Impuretés insolubles	%	0.05 Max
Indice de réfraction	n 40 /D	1.467-1.469
Indice de saponification	mg KOH/g huile	188-194
Indice d'iode(Wijs)	-	118-141
Densité relative	20°C/eau à 20°C	0.918-0.923
Phosphore	PPm	250 Max
Insaponifiables	g/Kg	15 Max
Fer (Fe)	mg/Kg	5
Cuivre	mg/Kg	0.4
Odeur et Saveur	-	Caractéristique au produit

L'objectif de cette étude consistait à l'essai d'amélioration de la résistance photo-oxydative et auto-oxydative de l'huile « FLEURIAL » (100% tournesol) par incorporation des feuilles des plantes séchées à effet antioxydant. A cet effet, une dose de 5g de feuilles de deux plantes *Rosmarinus officinalis* et de *Lavandula officinalis* ont été introduite dans 300ml d'huile pendant 48 heures à l'obscurité.

Après macération et diffusion des molécules anti-oxydantes contenues dans ces plantes, deux lots d'huiles ont été préparés : un lot est exposé à la lumière du jour et un autre lot est entreposé à l'obscurité. Des échantillons d'huile ont été prélevés et analysés aux 2<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup>, 10<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> jours.

Cette étude s'est, donc, fixée un objectif qui consistait en une comparaison de la vitesse de détérioration de ces huiles pendant le processus de la photo-oxydation et l'auto oxydation.

Les résultats obtenus au cours de notre étude ont montré que les plantes améliorent la résistance de l'huile à l'auto oxydation plus que la photo oxydation. Cela a été remarqué par le suivi de différents paramètres analysés, donc, Ces plantes ont un effet protecteur sur l'huile.

L'une des conséquences de l'oxydation des huiles est la rupture des doubles liaisons de l'acide linoléique ; celle-ci se traduit par l'augmentation de saponification et la diminution de l'indice d'iode dans l'huile photo-oxydée notamment.

Suite aux résultats de notre travail sur la photo-oxydation et l'auto-oxydation des huiles en fonction des plantes incorporées et les jours d'exposition à la lumière et de stockage à l'obscurité, il est possible de tirer les observations suivantes :

- Toutes les huiles qu'on utilisées sont de très bonne qualité de point de vue physico-chimique a l'état fraiche (conforme aux normes algériennes)
- montre une résistance à la photo oxydation et à l'auto oxydation lors d'incorporation des feuilles de plantes utilisées, sachons que la protection est plus prononcée lors de l'auto oxydation.

En résumé, l'exposition de l'huile à la lumière de jour augmente la vitesse de détérioration des huiles, ceci entraine une dévalorisation rapide de l'huile par apparition de gout de rance. L'utilisation de ces huiles dans des fritures augmentera dangereusement sa concentration en composés polaires, jugés extrêmement néfastes pour l'homme. C'est la raison pour laquelle il est impératif de sensibiliser les producteurs et les vendeurs (grossistes et détaillants) de conserver ces huiles à l'abri de la lumière et à des températures modérées.

## **Perspectives**

Il serait judicieux de compléter cette étude en utilisant d'autres méthodes d'analyses comme:

- ❖ l'analyse spectrophotométrique infrarouge ; la densité, la couleur, la viscosité et l'analyse sensorielle;
- ❖ il serait intéressant d'évaluer l'effet antioxydant des polyphénols extraits du romarin et de la lavande dans les huiles végétales sous les conditions de stockage, et de déterminer la teneur exacte en polyphénols diffusée dans l'huile

## Résumé

Les huiles végétales riches en acides gras polyinsaturés de la série des omégas 3 et 6 ont des avantages nutritionnels. Mais, ces huiles peuvent s'avérer toxiques et compromettre la santé du consommateur lorsqu'elles subissent des réactions d'oxydation. Ces dernières sont l'auto-oxydation et la photo-oxydation qui sont respectivement des processus d'oxydation naturelle et chimiques des huiles alimentaires.

L'objectif de cette étude était de tester l'efficacité de deux plantes dans la stabilisation de l'huile de tournesol (FLEURIAL) et l'amélioration de sa résistance à l'auto et la photo oxydation.

Les plantes sont très connues dans les différentes régions de la Kabylie, elles sont connues par leurs effets thérapeutiques et leurs utilisations culinaires dans l'élaboration de différents plats, on parle alors de *Rosmarinus officinalis* et de *Lavandula officinalis*, appelé dans le langage courant par le romarin, la lavande.

L'efficacité de ces plantes dans la protection de cette huile contre les différentes réactions d'altération (photo oxydative et auto oxydative), est mesurer par le suivi de l'évolution des différents indices physico-chimiques dans les huiles à plantes pendant 15 jours.

D'après les résultats obtenus, les plantes incorporée dans l'huile ont pu protéger cette dernière de la photo oxydation et de l'auto oxydation. Ce qui nous permet alors de conclure que la photo-oxydation est plus destructrice, elle engendre la dévalorisation rapide de l'huile, par l'apparition des composés primaires et secondaires d'oxydation, jugés extrêmement néfastes pour la santé humaine.

**Mots clés :** huile de tournesol, feuilles des plantes, altération photo-oxydative, altération auto-oxydative.

## Abstract:

Vegetable oils, which include a great number of polyunsaturated fatty acids (Omega 3 and 6), show many nutritional advantages. However, these oils may become poisonous, and threat the customer's health when they undergo further oxidation reactions, i.e: auto-oxidation and photo-oxidation, which are respectively natural and chemical oxidation processes of edible oils.

The purpose of this study consisted in testing the efficiency of two plants while ensuring the stability of sunflower oil (FLEURIAL) as well as increasing its resistance to auto and photo-oxidation.

Plants are well-spread in several Kabylia regions, and known for their therapeutic effects, as well as their cooking use for preparing variety of dishes. We refer here to *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula officinalis* and commonly called in the everyday language: rosemary and lavender.

The efficiency of both plants in preserving this oil from several altering reactions (photo-oxidative and auto-oxidative) is assessed through the evolution of physical and chemical indicators included in plant oils, during 15 days.

According to the obtained results, the plants blended into oil have preserved this latter from photo-oxidation and auto-oxidation. Hence, we conclude that photo-oxidation is the most destructive, since it leads to the fast oil decrease through appearance of primary and secondary oxidation components considered as extremely dangerous for the human health.

**Key words:** sunflower oil, plants, photo-oxidative decrease, auto-oxidative decrease.