

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOUMLoud MAMMERI TIZI OUZOU  
FACULTE DES SCES AGRONOMIQUES ET DES SCES BIOLOGIQUES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**



## **Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master  
Filière : Sciences Alimentaires  
Option : Agro-alimentaire et contrôle de qualité**

### **Thème**

**EFFET DE L'EXPOSITION AU SOLEIL SUR LES  
CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE  
L'HUILE de soja RAFFINEE « elio »**

**Proposé et dérogé par:**

**M<sup>r</sup>. SADOUDI R.**

**Présenté par:**

**M<sup>elle</sup> AISSOUN Kahina**

**M<sup>elle</sup> BENNOUR Lamia**

**Devant le jury:**

**Président : M<sup>r</sup> BENGANA M.**

**Maître de conférences B à l'UMMTO**

**Examinatrice : M<sup>elle</sup> ALLANE T.**

**Maître de conférences A à l'UMMTO**

**Promotion : 2021-2022**

## *Remerciements*

*Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté  
d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu  
avoir le jour sans l'aide de l'encadreur **Mr SADOUDI.R**, on le  
remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa  
patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce  
mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également au président du jury, **M**  
**BENGANA M.** maître de conférences B à UMMTO qui nous a fait  
l'honneur de présider le jury. Et à l'examinatrice **M<sup>me</sup> ALLANE T.**  
Maître de conférences A à UMMTO d'avoir bien voulu juger notre  
travail*

*Nous remercions à **Mr METINA.B**, enseignant au département  
D'agronomie à l'ummto, pour l'aide que nous a apportée dans l'étude  
Statistique.*

*Enfin, nous tenons à remercier toutes personnes ayant contribué de  
près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*La mémoire de mon très cher père qui nous a quitté, mais qui restera toujours vivant dans mon cœur, que Dieu lui ouvre les portes du Paradis.*

*A ma mère et ma sœur ouïza, vous présentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et d'encouragement. Vos prières et bénédictions m'ont été toujours d'un grand secours pour mener à bien mes réussites. Ce travail est un fruit de vos sacrifices que vous avez consacrés pour mon éducation, bien être et ma formation. Je vous le dédie, de mon profond amour. Qu'ALLAH le tout puissant vous accorde longue vie, santé et bonheur.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, mon soutien moral et source de joie et de bonheur à la flamme de mon cœur yuva pour l'encouragement et l'aide qu'il ma toujours accordé. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie.*

*A ma chère tante nouira, et mes adorables Nassîma, yasma, massîlia et selma en témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*A toute ma famille, et ma belle-famille*

*A celle avec qui j'ai partagé mon parcours universitaire, et mon travail lamia et sa famille.*

*Kahîna*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui lui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon chère père.*

*A ma mère, tu ma donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.*

*A mon frère boualem, et mes adorables sœurs Salîha, Karîma et safîa  
Vous avez été toujours présents par vos conseils, votre soutient qui ont été un secours tout au long de ma vie estudiantine et personnelle. Je vous dédie ce modeste travail avec mes chaleureux vœux de bonheur de réussite et santé.*

*A toute ma famille paternelle et maternelle*

*A toutes mes amies en témoignage de notre amitié, des souvenirs de tous les moments inoubliables que nous avons passés ensemble.*

*A celle avec qui j'ai partagé mon parcours universitaire, et mon travail Kahîna  
et sa famille*

*lamia*

## Liste des abréviations

**A%** : Acidité ;  
**AFNOR** : Association française de normalisation ;  
**AG** : Acide gras ;  
**AGE** : Acide gras essentiel ;  
**AGI** : Acide gras insaturé ;  
**AGL** : Acide gras libre ;  
**AGMI** : Acide gras mono-insaturé ;  
**AGPI** : Acide gras polyinsaturé ;  
**AGS** : Acide gras saturé ;  
**CG** : Corps gras ;  
**D** : Densité ;  
**I** : Initiateur ;  
**IP** : Indice peroxyde ;  
**ISO** : International standards organisation ;  
**KI** : iodure de potassium ;  
**KOH** : hydroxyde de potassium ;  
**MG** : Matière grasse ;  
**Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** : thiosulfate de sodium ;  
**PM** : poids moléculaire ;  
**R°** : Radicaux libres ;  
**RH** : Lipides insaturés ;  
**ROO°** : Radical peroxyde ;  
**ROOH** : Hydroperoxyde ;  
**SPA** : société par action ;  
**T** : Température ;  
**TBHQ** : Ter butylhydroquinone ;  
**TG** : Triglycéride ;  
**USDA** :United States Département of Agriculture ;  
**UV** : Ultraviolet .

|   |    |
|---|----|
| Figure 1: représentation du glycérol et des glycérides .....  | 03 |
| Figure 2: représentation de la structure d'un acide gras .....  | 03 |
| Figure 3 : représentation de la structure d'un acide gras saturé et insaturé.....   | 04 |
| Figure 4 : Composition panoramique des corps gras et importance relative des principales classes de composés. ....                        | 05 |
| Figure 5: plante du soja .....  | 12 |
| Figure 6: gousses verte de soja.....  | 12 |
| Figure 7 : graines de soja.....   | 12 |
| Figure 8: grains de tournesol .....   | 14 |
| Figure 9: Abstractions possibles de l'hydrogène des liaisons C-H allyliques et bi- allyliques des acides gras insaturés.....              | 18 |
| Figure 10 : Schéma général des réactions d'auto-oxydation des acides gras insaturés .....   | 21 |
| Figure 11 : Schématisation de la cinétique d'auto-oxydation des acides gras insaturés.....  | 21 |
| Figure 12: Schéma des réactions d'oxydation des lipides.....  | 23 |
| Figure 13: Mécanisme réactionnel des antioxydants type I. ....  | 26 |
| Figure 14 : Huile de marque « elio ».....   | 28 |
| Figure 15 : Variation de la couleur des échantillons d'huile de soja raffinée «elio» en fonction des conditions de stockage 75 jours..... | 35 |
| Figure 16 : Evolution de la densité en fonction de temps d'exposition .....   | 36 |
| Figure 17 : Evolution de la viscosité en fonction de temps d'exposition .....   | 39 |
| Figure 18 : Evolution de l'acidité en fonction de temps d'exposition .....  | 41 |
| Figure 19 : Evolution de l'indice peroxyde en fonction de temps d'exposition.....   | 44 |
| Figure 20 : apparition de couleur rose persistante (photo original).  |    |
| Figure 21 : l'apparition de la couleur bleu noirâtre (photo original).  |    |

## Liste des tableaux

---

|  |    |
|--|----|
| Tableau I : Classification des corps gras selon leur origine .....                             | 06 |
| Tableau II : Classification des corps gras selon leur consistance a T° ambiante .....          | 06 |
| Tableau III : Classification des corps gras selon leur fonction .....                          | 07 |
| Tableau IV : Classification des corps gras selon l'analyse élémentaire.....                    | 07 |
| Tableau V : Classification des corps gras selon la propriété de saponification .....           | 07 |
| Tableau VI : les propriétés des corps gras. ....   | 08 |
| Tableau VII : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de soja. ....                      | 13 |
| Tableau VIII : Les principales caractéristiques physicochimiques de l'huile de tournesol)..... | 15 |
| Tableau X : Principaux facteurs d'oxydation, leurs produits et conséquences.....               | 19 |
| Tableau XI : composition de l'huile elio.....  | 29 |
| Tableau XII : Variation de la densité à 20°C des échantillons d'huile.....                     | 36 |
| Tableau XIII : tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable densité. ....           | 37 |
| Tableau XIV : Evolution de la viscosité de l'huile durant l'exposition au soleil. ....         | 38 |
| Tableau XV : tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable viscosité.....            | 39 |
| Tableau XVI: Evolution de l'acidité de l'huile durant l'exposition au soleil .....             | 41 |
| Tableau XVII : tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable acidité. ....           | 42 |
| Tableau XVIII : Evolution de l'indice peroxyde durant l'exposition au soleil.....              | 43 |
| Tableau XIX : tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable indice de peroxyde.      | 44 |

**Introduction générale..... 01**

**Synthèse bibliographiques**

**I. corps gras..... 02**

I.1.Généralités ..... 02

I.1.1.Définition ..... 02

I.1.2.Composition ..... 02

I.1.2.1.Composés majeurs ..... 02

I.1.2.1.1.Glycérides ..... 02

I.1.2.1.2. Acide gras ..... 03

I.1.2.1.2.1.Acides gras saturés ..... 03

I.1.2.1.2.2.Acides gras insaturés ..... 04

I.1.2.2.Composés mineurs ..... 04

I.1.3. Classification ..... 06

I.1.4. Propriétés ..... 08

I.1.5.Rôles ..... 09

I.1.5.1. Rôle biologique .....09

I.1.5.2. Rôle nutritionnel.....09

I.1.5.3. Rôle organoleptique..... 09

I.1.5.4. Rôle technologique..... 09

**II. Les huiles végétales..... 10**

II.1. Définition..... 10

II.2. Types d'huiles ..... 10

II.3.Définition de quelques huiles..... 10

II.4.Marché mondial des oléagineux..... 11

II.4.1.Production des huiles végétales dans le monde..... 11

II.5. Différentes huiles végétales ..... 11

II.5.1.Huile de soja ..... 11

II.5.1.1.Origine ..... 11

II.5.1.2.Définition..... 12

II.5.1.3.Composition..... 13

|   |           |
|---|-----------|
| II.5.1.4. Caractéristiques physico-chimiques.....                     | 13        |
| II.5.1.5. Intérêt nutritionnel de l'huile de soja .....               | 13        |
| II.5.2. Huile de tournesol .....                                      | 14        |
| II.5.2.1. Définition.....   | 14        |
| II.5.2.2. Composition.....  | 14        |
| II.5.2.3. Caractéristiques physico-chimiques .....                    | 15        |
| II.5.3. Huile de maïs .....   | 15        |
| II.5.3.1. Définition.....   | 15        |
| II.5.3.2. Composition.....  | 16        |
| II.5.3.3. Caractéristiques physico-chimiques.....                     | 16        |
| <b>III : Altération des huiles végétales .....</b>                    | <b>17</b> |
| III.1. Altération .....   | 17        |
| III.1.1. Altération biologique.....                                   | 17        |
| III.1.2. Altération chimique .....                                    | 17        |
| III.1.2.1. Acidification .....  | 17        |
| III.1.2.2. Polymérisation.....  | 17        |
| III.1.2.3. Isomérisation .....  | 17        |
| III.1.2.4. Oxydation .....  | 18        |
| III.1.2.4.1. Facteurs influençant l'oxydation .....                   | 18        |
| III.1.2.4.2. Mécanisme d'oxydation des lipides .....                  | 19        |
| III.1.2.4.2.1. Auto-oxydation .....                                   | 19        |
| III.1.2.4.2.2. Photo-oxydation.....                                   | 22        |
| III.1.2.4.2.3. Oxydation enzymatique .....                            | 22        |
| III.1.2.4.3. Conséquences de l'oxydation.....                         | 23        |
| III.1.3. Altération thermo-oxydative .....                            | 23        |
| III.1.3.1. Les différents produits d'altération thermo-oxydative..... | 24        |
| III.2. Antioxydants.....  | 24        |
| III.2.1. Définition .....   | 25        |
| III.2.2. Mécanisme d'action.....                                      | 25        |
| III.2.3. type des antioxydants .....                                  | 25        |
| III.2.3.1. Antioxydants de type I : .....                             | 25        |
| III.2.3.2. Antioxydants de type II : .....                            | 26        |
| III.2.4. utilisation des antioxydants .....                           | 26        |

### Matériel et méthodes

|   |    |
|---|----|
| I.1. Objectif du travail .....          | 28 |
| I.2. Conduite expérimentale .....       | 28 |
| I.2.1. Choix de l'huile.....            | 28 |
| I.2.1. Echantillonnage.....             | 29 |
| I.3. Analyses physico-chimiques : ..... | 29 |
| I.3.1. Analyses chimiques :.....        | 29 |
| I.3.1.1. Acidité :.....                 | 29 |
| I.3.1.2. Indice de peroxyde .....       | 30 |
| I.3.2. Analyses physiques : .....       | 32 |
| I.3.2.1. Densité : .....                | 32 |
| I.3.2.2. Viscosité :.....               | 32 |
| I.4. Analyse statistique .....          | 33 |

### Résultats et de discussion

|  |    |
|--|----|
| II.1. Evolution des paramètres physico-chimiques de l'huile exposée au soleil..... | 34 |
| II.2. Paramètres physiques .....   | 34 |
| II.2.1. Couleur .....  | 34 |
| II.2.2. Densité .....  | 35 |
| II.2.3. viscosité .....  | 38 |
| II.3. Paramètres chimiques.....  | 40 |
| II.3.1. Acidité.....   | 40 |
| II.3.2. Indice peroxyde .....  | 44 |
| <b>Conclusion générale</b> .....   | 46 |

### Références bibliographiques

### Annexes



**Introduction générale**

### Introduction générale

Les huiles végétales jouent un rôle important dans l'alimentation de l'Homme (*CUVELLIER et MAILLARD, 2012*). Elles sont consommées directement à l'état vierge ou après raffinage, ou indirectement via de nombreux produits de l'industrie agroalimentaire.

Elles sont constituées principalement de triglycérides a (plus de 95%), elles peuvent également contenir des vitamines liposolubles et lorsqu'elles ne sont pas raffinées, des phytostérols, des pigments naturels et des phospholipides. D'un point de vue nutritionnel, les lipides ont été longtemps considérés surtout pour leur fort apport énergétique; et du côté technologique, elles participent à la structure des aliments et leurs qualités sensorielles (*GENOT et MICHALSKI, 2010*).

L'oxydation des lipides est la cause la plus majeure de dégradation des aliments lors de leurs fabrications et de leurs conservations. Elle affecte les acides gras insaturés présents dans les huiles, les graisses ou les lipides de structure. La conséquence la plus perceptible de l'oxydation des lipides est l'apparition d'odeurs et de saveurs désagréables souvent qualifiées de rance, ces odeurs qui conduisent souvent au rejet de l'aliment par le consommateur sont liées à la formation de composés volatils aux seuils de détection olfactive très basse (*VILLIERE et GENOT, 2006*).

Avec la forte consommation des huiles végétales, les conditions de commercialisation des produits alimentaires aussi bien chez les grossistes que les détaillants, sont laissées à l'appréciation de chaque commerçant sans aucune information ni contrôle. 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 hautes températures.

C'est à ce contexte que s'inscrit notre étude, nous nous sommes fixés comme objectif l'évaluation du niveau d'altération d'une huiles largement consommées en Algérie lors de son exposition au soleil. Des échantillons de l'huile de marque : « elio » (100% soja) sont maintenues au soleil pendant 75 jours (du 10 mars au 28 juin).



# **Partie bibliographique**



# **Chapitre 1 : Corps gras**

### I. Corps gras

#### I.1. Généralités

##### I.1.1. Définition

Les corps gras (CG) sont généralement définis comme des molécules naturelles qui ont en commun la propriété d'être solubles dans les solvants organiques tels que le chloroforme, l'hexane, le benzène, l'éther éthylique et le méthanol et insolubles dans l'eau (*WERNER et al, 2010*).

Un CG (huile ou graisse) est composé d'une grande variété de constituants ; les triglycérides (TG) sont très largement majoritaires (95-99%). D'autres constituants sont naturellement présents en plus faible quantité (*MORIN et al, 2012*).

Les CG sont appelés « Huile » lorsqu'ils sont liquides à la température ambiante et « Graisse », suivie de l'indication animale ou végétale selon l'origine de l'extraction, lorsqu'ils sont solides (concrets) à la température de 15°C. Les huiles sont plus riches en acides gras insaturés (AGI) que les graisses (*OLLIVIER, 2015*).

##### I.1.2. Composition

Un CG est une substance composée de molécules ayant des propriétés hydrophobes. Les CG sont majoritairement composés de TG. Les autres composants forment ce que l'on appelle l'« insaponifiable ».

##### I.1.2.1. Composés majeurs

###### I.1.2.1.1. Glycérides

Les glycérides (*figure 1*) sont des lipides simples aussi appelés graisses. Ce sont des esters du glycérol et d'AG (un, deux ou trois AG). Les TG sont les constituants principaux des graisses animales et des huiles végétales (plus de 95%). Les monoglycérides et les diglycérides sont beaucoup moins abondants que les TG. (*EL ATYQY, 2010*).

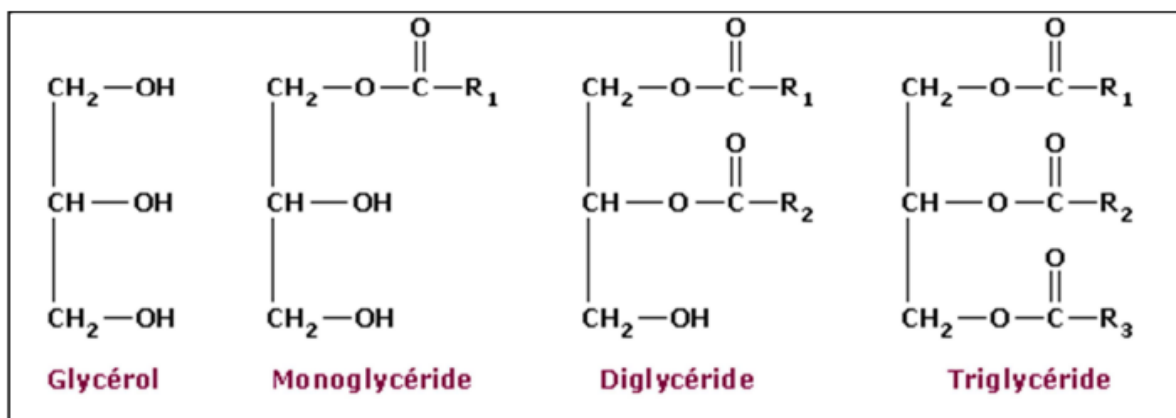


Figure 1: représentation des molécules de glycérol et des glycérides (GRAILLE, 2003).

### I.1.2.1.2. Acide gras

Les AG sont des acides carboxyliques à chaînes aliphatiques hydrophobes (figure 2). Ils sont peu abondants à l'état libre. Chez les animaux et les végétaux, les AG à chaîne longue et à nombre pair, sont le plus souvent à 16 et 18 atomes de carbone (GEORGE, 2006). Les AG peuvent être saturés (AGS) c'est-à-dire sans aucune double liaison, mono-insaturés (AGMI) ou polyinsaturés (AGPI) selon le nombre de doubles liaisons (CUVELIER et MAILLARD, 2012).

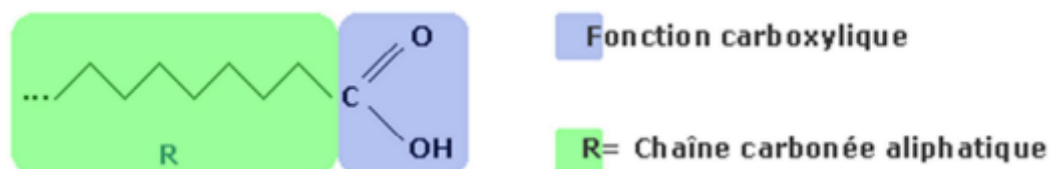


Figure 2: représentation de la structure d'un acide gras (EL ATYQY, 2010).

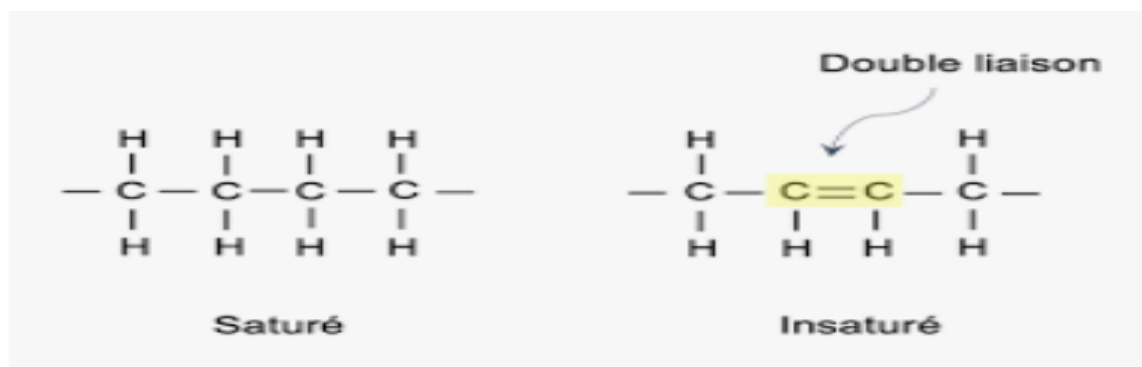
#### I.1.2.1.2.1. Acides gras saturés

Les acides gras saturés (AGS) sont formés de chaînes linéaires avec des liaisons simples. Ce sont les plus répandus dans la nature. Leurs réactions se limitent aux réactions de la fonction carboxylique (JAMMES, 2007).

Comme tous les AG naturels, les AGS ont presque toujours un nombre pair de C et ont pour formule générale :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ , « n » étant le plus souvent compris entre 2 et 22 (LERAY, 2013). Les AGS alimentaires les plus fréquents sont l'acide palmitique (C16 :0) et l'acide stéarique (C18 :0), apportés surtout par les produits animaux et l'huile de palme.

### I.1.2.1.2.2. Acides gras insaturés

Ils peuvent présenter une ou plusieurs doubles liaisons (*figure 3*), ils sont mono insaturés ou poly insaturés (*NAUDET, 1992*). L'insaturation augmente «l'encombrement» de la chaîne carbonée, Voilà pourquoi les AGI (avec des doubles liaisons ou insaturations) donnent des CG liquides, « les huiles » (*MENDY, 2016*).

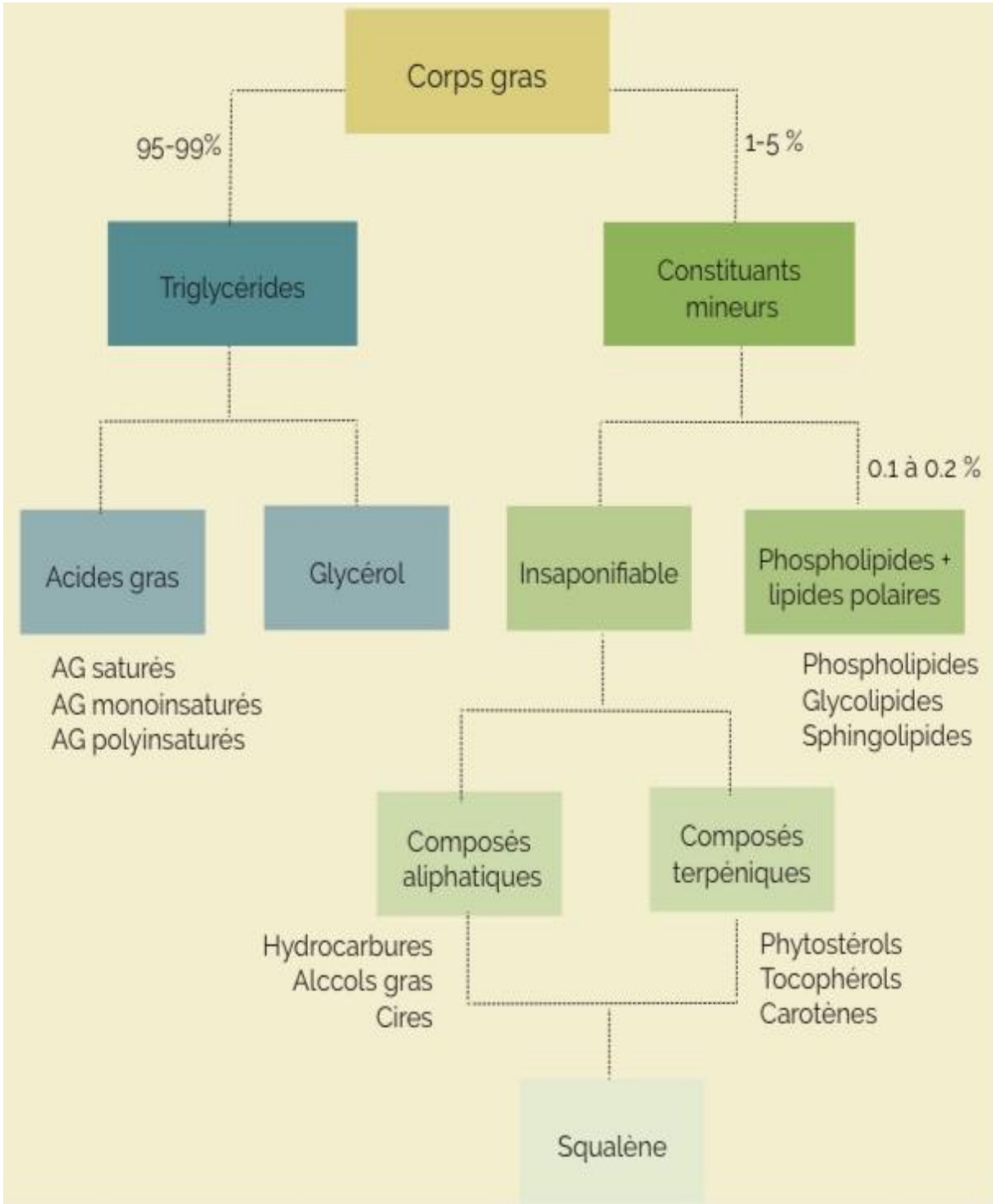


**Figure 3 :** représentation de la structure d'un acide gras saturé et insaturé.

### I.1.2.2. Composés mineurs

La fraction insaponifiable représente en général 2 à 10 % des CG. Elle est constituée d'un ensemble de familles de composés chimiques (hydrocarbures, tocophérols, tocotriénols, phytostéroïdes, composés phénoliques,) mais aussi de pigments comme les caroténoïdes qui peuvent avoir un pouvoir antioxydant (*PAGES et MORIN, 2012*). Ces composés ont plusieurs rôles, certains peuvent être responsables de la couleur, de l'odeur de l'huile, avoir une activité vitaminique, d'autres peuvent intervenir dans la conservation des CG (*OLLIVIER et ARTAUD., 2015*).

La *figure 4* fait référence à l'ensemble des constituants des CG.



**Figure 4 :** Composition panoramique des corps gras et importance relative des principales classes de composés (ITERG).

### I.1.3. Classification

On peut classer les CG selon plusieurs critères :

Classification selon l'origine (Tableau I), Classification selon leur consistance à la température ambiante (Tableau II), Classification selon leur rôle physiologique (Tableau III), Classification selon l'analyse élémentaire (Tableau IV), Classification selon la propriété de saponification (Tableau V).

**Tableau I** : Classification des corps gras selon leur origine (*FREDOT, 2005*).

| <b>Origine</b>  | <b>Corps gras</b>  |
|-----------------|--|
| <b>Animale</b>  | Beurre; crème; graisse de bœuf (suif); saindoux; shortening (graisses raffinées et hydrogénées) ; huiles des animaux marins. |
| <b>Végétale</b> | Huiles pour assaisonnement et friture ; margarines végétales ; végétalienne (huile de coprah hydrogénée).                    |
| <b>Mixte</b>    | Margarines standards a base d'huiles végétales et de graisses de poisson ; margarines et Shortening pour pâtisseries.        |

**Tableau II** : Classification des corps gras selon leur consistance a T° ambiante (*FREDOT, 2005*).

| <b>Etat</b>                  | <b>CG</b>  |
|------------------------------|--|
| <b>CG fluides</b>            | Huiles d'Arachide; huile de Colza; huile de Soja ; huile de Carthame; huile de Coton; huile de Germe de maïs; huile de Pépins de raisin; huile de Noix; huile de Noisette; huile d'Amande douce. |
| <b>CG concrets ou solide</b> | Huile de palme et de palmiste; huile de coprah ; margarines végétales; beurre ; saindoux ; graisse de bœuf, d'oie, de canard; shortening.  |

**Tableau III :** Classification des corps gras selon leur fonction (*MASSON, 2002*).

| <b>Lipides de structure</b>  | <b>Lipides de réserve</b>  | <b>Lipides ayant une activité biologique</b>  |
|--|--|---|
| <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 liposoluble.</li> </ul> |

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

| <b>Lipides simples</b><br>(composés de C.H.O)   | <b>Lipides complexes</b><br>(composés de C, H, O, P, N et S)   |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acides gras acylglycerol;</li> <li>stérides; Cerides.</li> </ul> | Glycerophospholipides :<br>acide phosphatidique ;<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• phosphatidyl-choline ;</li> <li>• phosphatidylethanolamine ;</li> <li>• phosphatidylserine.</li> </ul> | sphingolipides :<br>céramides ;<br>sphingophospholipides ;<br>glycosphingolipides ; |

**Tableau V :** Classification des corps gras selon la propriété de saponification (*JEANTET et al, 2006*).

| <b>Lipides saponifiables</b>                               | <b>Lipides non saponifiables</b>                                |
|--|---|
| Acylglycerol; phospholipides; cires;<br>stérides ; cutine. | Hydrocarbures ; pigments ; stérols ;<br>vitamines liposolubles. |

I.1.4. propriétés

Tableau VI : Propriétés des corps gras.

| Paramètres physico-Chimiques              | Caractéristiques   | Références  |
|---|--|---|
| Etat naturel et aspect                    | - Solide ou liquide, cela dépend du nombre de carbone et d'insaturation qu'il contient   | <i>DENISE, (1982)</i>                               |
| Solubilité                                | - Diminue avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée et augmente avec l'insaturation pour une température (T°C) donnée  | <i>TOUISOT, (1974)</i>                              |
| Densité                                   | - Dépend de la composition chimique, et de la température.<br>-Augmente avec l'augmentation d'indice d'iode et indice de saponification                                    | <i>FRANCOIS, (1974)</i><br><i>BENNANIBA, (2003)</i> |
| Viscosité                                 | -Dépend de la composition chimique et de la Température<br>-Augmente avec l'augmentation du poids moléculaires et diminue avec l'augmentation de la Température.           | <i>KARLESKIND, (1992)</i>                           |
| Point de fusion (point de solidification) | -Permet d'apprécier le degré de pureté.<br>-S'élève avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée dans le cas AGS et s'abaisse avec le nombre de doubles liaisons pour AGIS. | <i>KESSOUS, (1993) ;</i><br><i>GRAILLE, (2003)</i>  |
| Indice d'iode -                           | -Permet de calculer l'insaturation totale de la graisse.   |   |
| Indice de peroxyde                        | - Renseigne sur le degré d'oxydation et le nombre d'AG constituants le CG à analyser.  | <i>FRANCOIS, (1974)</i>                             |
| Indice d'acide                            | - Permet la neutralisation des CG.   |   |
| Insaponifiable                            | - Caractérise un corps gras grâce à sa constitution (colorants caroténoïdes, chlorophylle, stérols, tocophérols et divers alcools aliphatiques ou cyclique)                | <i>DEBRUYNE, (1999)</i>                             |

### **I.1.5. Rôles des corps gras**

Les CG alimentaires constituent un élément nutritif indispensable chez l'Homme et ce, en raison des diverses propriétés biologiques qu'ils possèdent. Ces propriétés sont essentiellement des sources d'énergie, de vitamines, d'AGE et d'éléments de structure cellulaire (*KARLESKIND*, 1992).

#### **I.1.5.1. Rôle biologique**

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

#### **I.1.5.2. Rôle nutritionnel**

La fraction lipidique constitue une part importante de la ration alimentaire tant par son apport énergétique que par sa fourniture en acide gras essentiel (AGE) et une vitamine liposolubles A, D, K, essentiellement la vitamine E qui joue un rôle antioxydant. Elle participe également aux caractéristiques organoleptiques des produits qui les contiennent tant au niveau de la texture que de l'arôme (*JEANTET et al.*, 2006).

#### **I.1.5.3. Rôle organoleptique**

La fraction lipidique est un agent de texture dans la préparation des pâtes brisées, feuilletées sablées ou dans la garniture des préparations culinaires. Ils augmentent l'appétence des aliments (CG tartinables et huiles fluides pour assaisonnement) et se présentent comme un support d'arômes ou précurseurs des molécules aromatiques (*VIERLING*, 2003).

#### **I.1.5.4. 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 et un agent émulsifiant (*DIEFFENBACHER et al.*, 2000).

A decorative scroll frame with a black outline and rounded corners. The top-left and top-right corners feature a grey scroll-like element. The text is centered within the frame.

# **Chapitre 2 :**

## **Les huiles végétales**

## II. Huiles végétales

### II.1. Définition

L'huile est utilisée depuis des siècles, bien que les MG grasses utilisées par l'homme proviennent de la graisse fondue des animaux. La première utilisation de l'huile n'avait pas de vocations alimentaires, il s'agissait bien souvent de combustible servant à l'éclairage.

Une huile est une substance organique insoluble dans l'eau ; elle est formée essentiellement de TG, c'est-à-dire d'ester glycérolique des AG (KARLESKIND, 1992) On les différencie généralement par leur point de fusion ; les huiles sont liquides à 15°C, tandis que les MG sont plus ou moins solides à cette température (LECERF, 2011). Les huiles proviennent soit des fruits (olive et palme), soit des graines oléagineuses (arachide, soja, tournesol, etc.) (APFELBAUM et al., 2009).

Les huiles peuvent être obtenues après lavage et broyage, par des procédés mécaniques (trituration) mettant en jeu de fortes pressions et éventuellement un chauffage, ou par des procédés chimiques (extraction à l'aide d'un solvant comme l'hexane). L'opération technologique dite « raffinage » permet d'éliminer les produits indésirables qui peuvent se trouver dans la matière brute extraite (MAZOYER, 2002).

### II.2. Types d'huiles

De nombreux huiles végétales sont disponibles sur le marché, parmi elles, on cite : les huiles saturées, dans lesquelles on trouve les huiles de coprah, de palme et de palmiste ; les huiles semi-siccatives, les plus abondantes avec les huiles, d'olive, d'arachide, de purghère, de colza, moyennement visqueuses, et les huiles de tournesol, soja, maïs, coton, carthame, plus fluides ; les huiles siccatives comprenant les chaînes carbonées les plus longues, telle que l'huile de lin et les huiles de poisson (APFELBAUM et ROMON, 2004).

### II.3. Définition de quelques huiles

Selon le *codex alimentarius* (1993), les huiles végétales comestibles sont des denrées alimentaires qui se composent essentiellement de glycérides d'AG exclusivement d'origine végétale. Elles peuvent contenir en faible quantité d'autres lipides comme les phosphatides, des constituants insaponifiables et les acides gras libres (AGL) naturellement présents dans l'huile.

Les huiles vierges sont obtenues exclusivement au moyen des procédés mécaniques notamment des traitements thermiques. Elles peuvent être purifiées uniquement par lavage à

l'eau, décantation, filtrage et centrifugation. Enfin, les huiles pressées à froid sont obtenues, sans modification de l'huile, exclusivement par des procédés mécaniques, sans utilisation de procédés thermiques. Elles peuvent avoir été purifiées uniquement par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation.

### **II.4. Marché mondial des oléagineux**

#### **II.4.1. Production des huiles végétales dans le monde**

Le marché mondial des oléagineux connaît un développement spectaculaire au niveau de la production des graines, des huiles et des tourteaux que des échanges mondiaux. Le terme « oléagineux » désigne un ensemble de produits agricoles qui, une fois transformés ou triturés, donnent des huiles qui sont recherchées sur tous les marchés mondiaux. Le soja (*Glycine max L. Merrill*) est une plante appartenant à la famille des légumineuses ; sa teneur en huile est de 20-22%.

Selon l'*OIL WORLD (2004)*, le soja représente 70% de la production mondiale des sept principales cultures oléagineuses : soja, coton, arachide, tournesol, canola/colza, coprah et graine de palmiste. Le tournesol (*Helianthus annuus*) appartient à la famille des composées. La teneur en huile des différentes variétés varie de 40 à 60%. Le tournesol représente 7% de la production mondiale des graines oléagineuses (4<sup>ème</sup> rang) (*ANONYME, 2011*).

Les principaux pays producteurs de l'huile de soja sont les Etats-Unis, le Brésil et l'Argentine ; Les producteurs de tournesol sont la Russie, l'Ukraine et l'Argentine. Selon les statistiques de l'USDA et la FAOSTAT, la production mondiale de graines oléagineuses se caractérise par une reprise de la croissance durant la campagne 2009/2010. La production totale a augmenté de plus de 8,2% par rapport à la campagne précédente et a enregistré un nouveau record de 440,5 millions de tonnes. La campagne 2009/2010 traduit une hausse de la production mondiale des huiles /MG de 5,2% par rapport à la campagne 2008/2009.

### **II.5. Différentes huiles végétales**

#### **II.5.1. Huile de soja**

##### **II.5.1.1. Origine**

La plante de soja est considérée comme une des plus anciennes plantes cultivées. Le soja, aussi appelé pois chinois ou haricots oléagineux est une plante annuelle de la famille des Fabacées, originaire d'Asie de l'est. Sa culture s'est longtemps limitée à la Chine mais elle s'est peu à peu étendue à d'autres pays jusqu'à devenir une des principales cultures aux Etats-

Unis, au Brésil, Argentine, en Chine, en Inde et en Corée. Elle peut être cultivée dans toutes les régions chaudes et froides. Le soja a été introduit en Afrique à la fin de 19<sup>ème</sup> siècle, et est répandu à travers tous les continents (GERMAIN, 2017).

La plante (figure 5) est annuelle, herbacée, dressée, et peut atteindre une hauteur de 1,5 mètres (RASOLOHERY, 2007).



**Figure 5:** plante du soja



**Figure 6:** gousses verte de soja

Le grain de soja (figure 7) se compose de quatre éléments : graine entière, l'enveloppe et le germe. La qualité des protéines est idéale en termes de profil d'acides aminés et de digestibilité (HUBERT, 2006). Elles sont constituées principalement de globulines (90% des protéines et 36% du poids de la graine).



**Figure 7 :** graines de soja.

La graine de soja contient aussi des glucides non structuraux, pour environ 10% du poids de grain, avec principalement des sucres solubles (sucrose, ...) et peu d'amidon (moins de 3% du poids des grains) (POUZET, 1992).

### II.5.1.2. Définition

L'huile de soja est fluide et d'une couleur jaune plus ou moins foncé suivant la nature des graines et les procédés d'extraction. Fraîche, elle a une saveur assez prononcée d'haricot qui s'atténue peu à peu. Elle est riche en AGPI et notamment en AGE,  $\alpha$ -linoléique dont l'organisme de l'Homme est incapable de synthétiser.

Sa richesse en lécithine la rend précieuse pour la reconstitution des cellules nerveuses et cérébrales ; sa bonne digestibilité en fait une bonne remplaçante de l'huile d'olive pour ceux qui ne peuvent la tolérer. L'huile de soja supporte une chaleur jusqu'à 177-200°C (*COSSUT et al., 2002*).

### II.5.1.3. Composition

Les TG constituent plus de 95% des composés lipidiques de l'huile de soja, les autres composés sont les phospholipides et les diacylglycerols (*KARLESKING, 1992*).

L'huile de soja est peu colorée et d'un goût caractéristique. Elle renferme 80% d'AGI, particulièrement l'acide linoléique (50-62%) et  $\alpha$ -linoléique (4-10%), et donc pauvre en AGS 15%. La présence de l'acide  $\alpha$ -linoléique fait souvent classer l'huile de soja dans le groupe des huiles siccatives (*ADRIANE et al., 2003 ; LERAY, 2013*).

### II.5.1.4. Caractéristiques physico-chimiques

Elles sont représentées dans le tableau VII.

**Tableau VII :** Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de soja (*CODEX STAN, 1999*).

| Caractéristiques                                  | Valeurs     |
|---|-------------|
| Densité relative (x°C/eau à 20°C)                 | 0,919-0,92  |
| Indice de réfraction (ND 40°C)                    | 1,466-1,470 |
| Indice d'iode (g d'iode/ 100g huile)              | 124-139     |
| Indice de saponification (mg de KOH/100g d'huile) | 189-195     |
| Insaponifiable (g/kg)                             | ≤ 15        |

### II.5.1.5. Intérêt nutritionnel de l'huile de soja

L'huile de soja est une huile 100% végétale, riche en AGE et pauvre en cholestérol. C'est une huile de table excellente par sa teneur en acide linoléique qui la rend fragile à la chaleur. C'est une bonne source de vitamines ; elle est naturellement protégée de l'oxydation grâce à la vitamine E qu'elle contient (*POISSON et NACRE, 2003*). Elle est adoucissante, anti-eczémateuse et protège l'épiderme (*LABOURET, 2005*). L'huile de soja offre une combinaison unique de deux AG, en l'occurrence les  $\omega 3$  et  $\omega 6$  qui ont un effet bénéfique sur la santé cardiovasculaire (*JOTTERAND et al., 2007*).

### II.5.2. Huile de tournesol

#### II.5.2.1. Définition

L'huile de tournesol est extraite des graines d'*Helianthus annuus* (*figure 8*). Elle possède des qualités gustatives et une valeur alimentaire qui lui permettent de tenir une place de choix parmi les autres huiles de grande consommation (*MOHAMED, 2007 ; POIANA et al., 2009*).

L'huile de tournesol est de couleur jaune citron, limpide, de saveur douce et d'odeur légère et agréable (*DRONNE, 2001*). Après traitement, on obtient une huile claire sans goût particulier, classée dans la classe des huiles hautement polyinsaturées. Elle est sensible à la chaleur ; elle ne peut être chauffée à plus de 180°C ni pour un temps prolongé (*WIBOUT, 1986*).



**Figure 8:** grains de tournesol.

### II.5.2.2. Composition

Comme toutes les huiles végétales, l'huile de tournesol est composée essentiellement de TG (98 à 99%) et d'une faible proportion de substances diverses regroupées sous le terme de fraction insaponifiable (cires, tocophérols, stérols) (KARLESKING, 1992). La teneur en AG varie selon le climat : aux conditions tempérées, on trouve jusqu'à 70% d'acide linoléique et 20% d'acide oléique, tandis que sous climat plus chaud, il y a jusqu'à 80% d'acide oléique et seulement 13% d'AGPI essentiellement l'acide linoléique, elles contiennent peu d'acide linoléique qui devient amer quand elle est trop chauffée (VANDER VOSSSEN *et al.*, 2007).

### II.5.2.3. Caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques de l'huile de tournesol sont présentées dans le tableau VIII.

**Tableau VIII** : Les principales caractéristiques physicochimiques de l'huile de tournesol (CODEX STAN, 1999).

| Caractéristiques                                   | Huile de tournesol | Huile de tournesol<br>(à forte teneur en<br>acide oléique) | Huile de tournesol<br>(à teneur moyenne<br>en acide oléique) |
|--|--------------------|--|--|
| Densité relative<br>(x°C/eau à 20°C)               | 0,918-0,923        | 0,909-0,915<br>x=25°C                                      | 0,914-0,916  |
| Indice de réfraction<br>(ND 40°C)                  | 1,461-1,468        | 1,467-1,471 a 25°C   | 1,461-1,471 a 25°C   |
| Indice d'iode (g<br>d'iode/100g huile)             | 118-141            | 78-90  | 94-122   |
| Indice de<br>saponification<br>(mg KOH/ g d'huile) | 188-194            | 182-194  | 190-191  |
| Insaponifiable (g/kg)                              | ≤ 15               | ≤ 15   | ≤ 15   |

### II.5.3. Huile de maïs

#### II.5.3.1. Définition

L'huile de maïs, de première pression à froid, est assez visqueuse, de couleur jaune clair à jaune brun, à saveur et odeur de grain (quand elle est fraîche). Elle est riche en AGPI (Série linoléique) et peut servir à la friture comme à l'assaisonnement (*COSSUT, 2002*).

#### II.5.3.2. Composition

L'huile de germe de maïs est riche en vitamine A, E et K. Elle contient principalement les AGPI (53%) dont une forte teneur en acide linoléique (55-62%), ainsi que 34% d'AGMI et 13% d'AGS (*BUCHLER, 2001*).

#### II.3.3.3. Caractéristiques physico-chimiques

Elles sont représentées dans le tableau IX

**Tableau IX** : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de maïs (*CODEX STAN, 1999*).

| Caractéristiques                                  | Valeurs     |
|---|-------------|
| Densité relative (x°C/eau à 20°C)                 | 0,917-0,925 |
| Indice de réfraction (ND 40°C)                    | 1,465-1,468 |
| Indice d'iode (g d'iode/ 100g huile)              | 103-135     |
| Indice de saponification (mg de KOH/100g d'huile) | 187-195     |
| Insaponifiable (g/kg)                             | ≤ 28        |

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side, framing the chapter title.

**Chapitre 3 :**  
**Altération des huiles**  
**végétales**

### III. Altération des huiles végétales

L'altération des huiles alimentaires constitue un problème majeur en industrie des CG. En effet, il est évident que l'oxydation des huiles conduit en général à des conséquences indésirables en portant préjudice aux qualités organoleptiques, nutritionnelles et dans des conditions extrêmes, des substances toxiques peuvent se former. Ces altérations peuvent causer des pertes considérables tant sur le plan alimentaire que sur le plan économique.

#### III.1. Altération biologique

Les huiles végétales sont peu altérées par les micro-organismes ; elles subissent surtout des changements physico-chimiques. Cependant, les germes lipolytiques peuvent parfois participer à des phénomènes d'hydrolyse et d'oxydation, pourtant le contrôle microbiologique des huiles est rarement appliqué (*GUIRAUD, 2003*).

#### III.2. Altération chimique

##### III.2.1. Acidification

L'acidification résulte de l'hydrolyse d'un, deux ou trois liaisons esters. L'hydrolyse d'après *ADRIANE et al (2003)*, peut être de nature enzymatique (action des lipases en présence d'une humidité suffisante) ou chimique (acide ou basique) et elle conduit à la formation AGL et de glycérides partiels. Ce phénomène ne s'observe pratiquement jamais sur les huiles raffinées car les enzymes responsables sont éliminées au cours de raffinage, il peut cependant intervenir sur les huiles brutes et sur les huiles de friture (*ALUYOR et ORIJEU, 2008*). Les résidus issus de ces dernières sont responsables des principaux changements de goût et d'odeur (*VITRAC et al, 2003*).

##### III.2.2. Polymérisation

Les réactions de polymérisation des AGI et de leurs glycérides ne se produisent que sous l'effet de T° élevées. Ces réactions produisent des réarrangements inter et intra moléculaires qui sensibilisent l'huile chauffée à l'oxydation et conduisent à l'augmentation de la viscosité apparente des huiles. Des composés semblables à des résines peuvent alors mousser à la surface du bain de friture et sur les parois (*VITRAC et al, 2003*).

##### III.2.3. Isomérisation

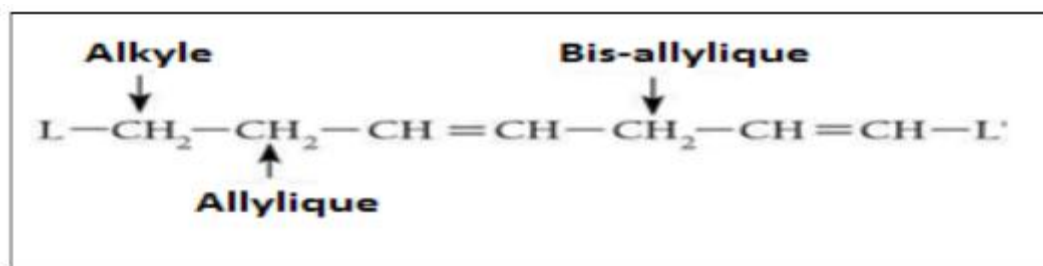
A des températures élevées (au-dessus de 200°C), les doubles liaisons des AGPI sont susceptibles de subir des réactions d'isomérisation en formant le plus souvent des systèmes conjugués. Les doubles liaisons qui ont migré prennent alors la configuration géométrique

trans (plus stable que la forme *cis*) ; Cette réaction intervient généralement au cours de la désodorisation des huiles végétales (POKORNY, 2003).

### III.2.4. Oxydation

D'après DRIDI (2016), le rancissement oxydatif des AG est un phénomène chimique, spontané, évolutif, irréversible et altératif. Il peut entraîner deux conséquences majeures : la dégradation des qualités nutritionnelles, sensorielles et physiques des aliments d'une part et le développement de plusieurs pathologies, telles que des désordres intestinaux chroniques, l'artériosclérose, l'athérogenèse, les maladies neurodégénératives et divers types de cancer, si les produits issus de l'oxydation sont consommés pendant longtemps d'autre part.

L'oxydation se caractérise par l'attaque des AGI portés par les molécules lipidiques, par l'oxygène atmosphérique. Cette réaction implique : **un substrat**, les AGI avec des hydrogènes en position allylique et bis-allylique (Figure 5), se trouvant généralement estérifiés au sein des triglycérides et des phospholipides qui sont les principales classes de lipides alimentaires, et **un réactif**, l'oxygène atmosphérique.



**Figure 9:** Abstractions possibles de l'hydrogène des liaisons C-H allyliques et bi-allyliques des acides gras insaturés (DRIDI, 2016).

#### III.2.4.1. Facteurs influençant l'oxydation

D'après DRIDI (2016), de nombreux facteurs sont susceptibles d'influer sur la réaction, soit en la prévenant, soit en la favorisant. Ces facteurs peuvent être classés en : **facteurs intrinsèques** : tels que la structure des lipides, la présence de molécules pro-oxydantes (ions métalliques, enzymes) ou d'antioxydants (tocophérols, caroténoïdes, composés phénoliques), et **facteurs extrinsèques** : tels que la température, la lumière, la pression partielle en oxygène, l'activité de l'eau, les conditions de stockage et de transformation.

Le tableau regroupe les principaux facteurs d'oxydation, leurs produits et conséquences.

**Tableau X** : Principaux facteurs d'oxydation, leurs produits et conséquences (*PRIOR, 2003 ; DILMI-BOURAS, 2004 ; SOHN et OSHIMA, 2010*).

| <b>Facteurs</b>   | <b>Produits</b>   | <b>Conséquences</b>  |
|---|---|--|
| - Chaleur; lumière; oxygène ; traces métalliques; enzymes ; activité de l'eau; photo-sensibilisateurs; déficit en antioxydants. | Produits primaires :<br>peroxydes ; hydroperoxydes.<br>Produits secondaires :<br>alcool ; acides ; aldéhydes ; cétones. | - Altération de l'odeur ;<br>- altération de la couleur ;<br>- altération du goût ;<br>- toxicité des molécules. |

### III.2.4.2. Mécanisme d'oxydation des lipides

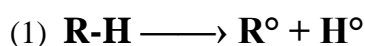
L'oxydation lipidique peut être, selon le milieu et les initiateurs mis en jeu, le résultat de plusieurs voies réactionnelles (*DRIDI, 2016*) : l'auto-oxydation, initiée par la température, les ions métalliques, ou les radicaux libres correspondants à des lipides déjà oxydés, la photo-oxydation, initiée par la lumière ultra violet (UV) en présence de photosensibilisateurs, l'oxydation enzymatique, catalysée par la lipoxygénase et la cyclooxygénase.

#### III.2.4.2.1. Auto-oxydation

L'auto-oxydation des lipides est une réaction radicalaire en chaîne auto-catalytique. Une séquence impliquant une étape d'initiation correspondant à l'activation de la molécule d'AG, une phase de propagation et des réactions de terminaison a été proposée pour expliquer l'autooxydation des lipides (*JEANTET et al., 2006*).

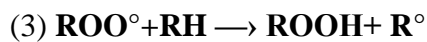
#### • Initiation

Elle correspond à la formation des radicaux libres ( $R^\circ$ ). En présence d'un initiateur (I), les lipides insaturés (RH) perdent un atome d'hydrogène pour former un radical libre de lipide ( $R^\circ$ ). Ce mode d'initiation, favorisé par une élévation de température, peut être produit par des radiations ionisantes, des générateurs chimiques, des systèmes enzymatiques ou chimiques produisant des espèces activées de l'oxygène, ou de traces métalliques (*BENJELLOUN, 2014*).



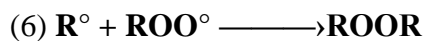
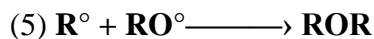
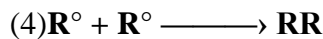
#### • Propagation

C'est une réaction radicalaire en chaîne rapide, c'est la phase de la destruction des hydroperoxydes et l'apparition des composés responsables du goût et de l'odeur de rance. L'oxygène fixé donne un radical peroxyde instable qui réagit avec une nouvelle molécule d'AGPI et conduit à un néoradical libre et un hydro-peroxyde (*BENJELLOUN, 2014*).



### • Terminaison

Les radicaux formés réagissent entre eux pour conduire à un produit qui n'est pas un radical libre.



Les hydroperoxydes peuvent également se décomposer par scission homolytique de la liaison entre O-O pour former un radical alcoyl et un radical hydroxyle; Le radical alcoyl réagit avec d'autres substrats et propage la réaction en chaîne; Le radical alcoyl peut à son tour subir une scission carbone-carbone de part et d'autre du radical pour former un radical alkyl et vinyle; Le radical alkyl peut réagir avec un hydrogène, un radical hydroxyle ou une molécule d'oxygène générant ainsi des hydrocarbures, des alcools et d'autres hydroperoxydes ; Le radical vinyle peut réagir avec un radical hydroxyle, un radical hydrogène ou Oxygène moléculaire pour générer des aldéhydes et hydrocarbures (*CHIKHOUNE, 2007*).

Les réactions d'auto-oxydation ainsi que la cinétique de la formation et de la décomposition des hydroperoxydes sont représentés par les (figures 6 et 7).

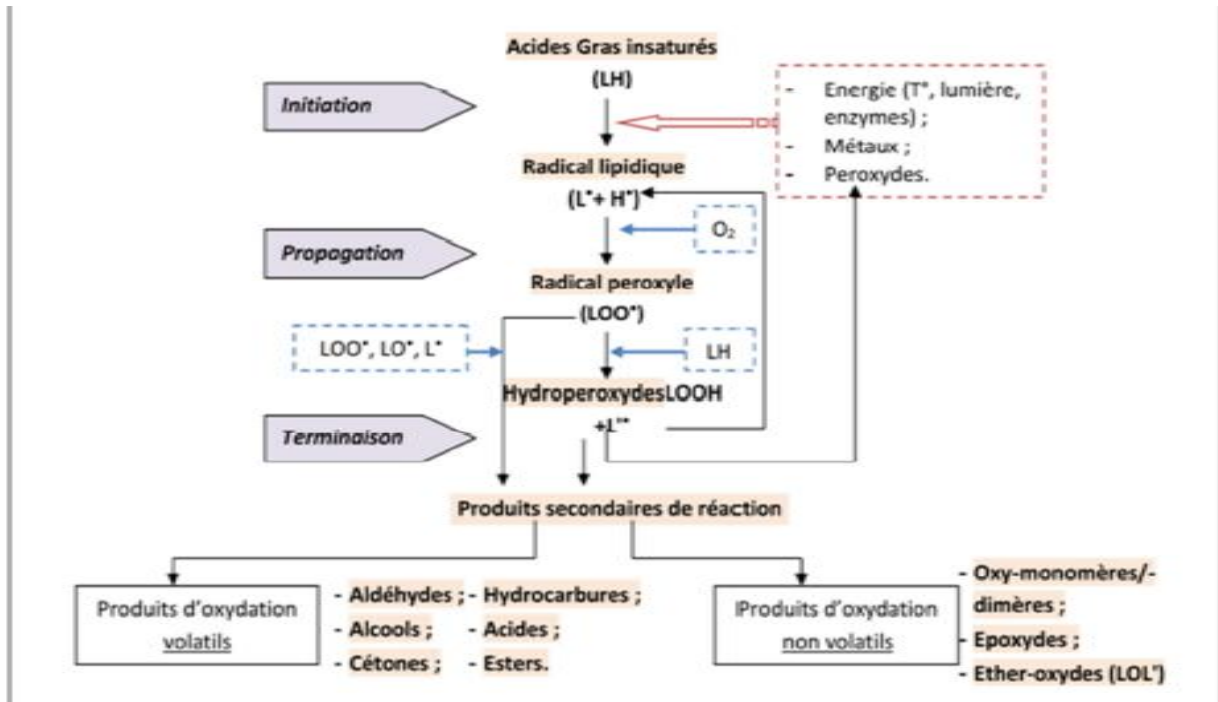


Figure 10 : Schéma général des réactions d'auto-oxydation des acides gras insaturés (EYMARD, 2003).

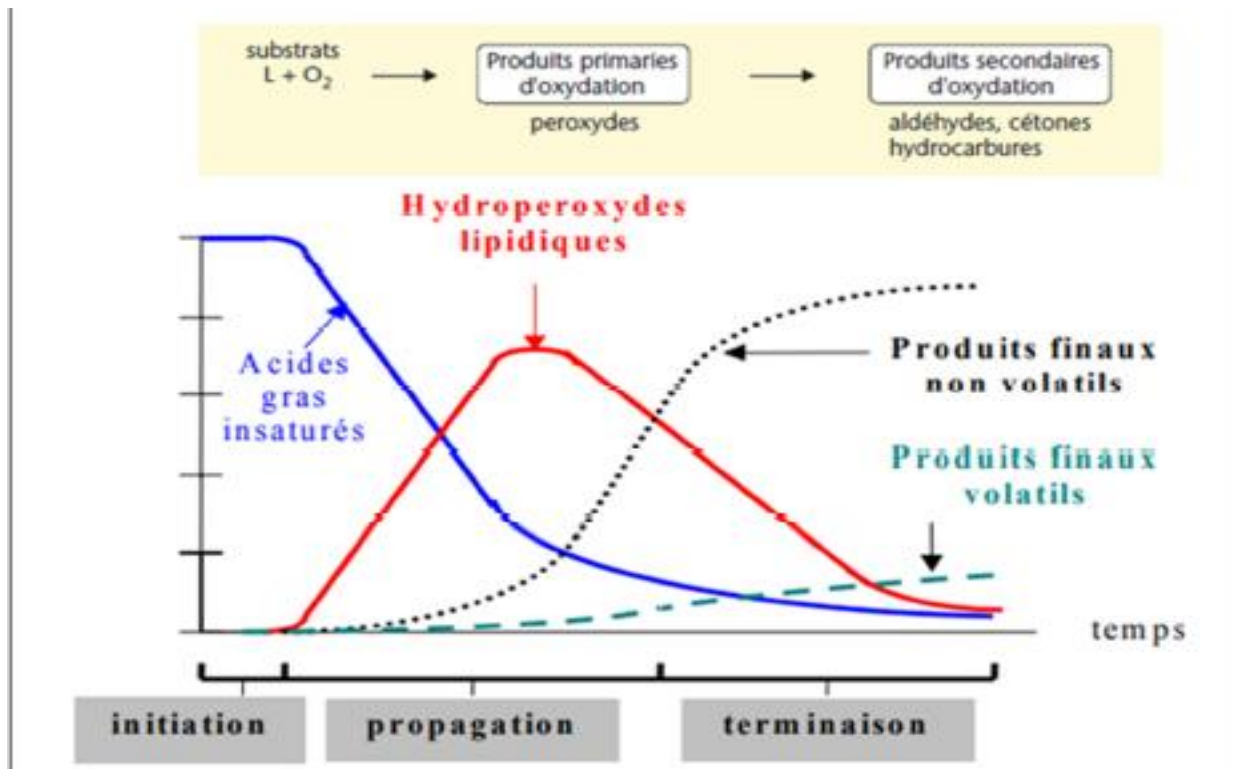


Figure 11 : Schématisation de la cinétique d'auto-oxydation des acides gras insaturés (EYMARD, 2003).

### III.2.4.2.2. Photo-oxydation

La photo-oxydation est une voie importante de production d'hydroperoxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photo-sensibilisateurs, tels que les hémoprotéines ou la riboflavine (*RIAHI et MARZOUKI, 2000*). Deux situations peuvent se présenter :

- une photo-oxydation directe où la lumière joue le rôle d'accélérateur des cinétiques des réactions d'oxydation et où les mécanismes chimiques restent les mêmes ;
- une oxydation photo-sensibilisée se déroulant grâce à la présence nécessaire d'un agent photo-sensibilisateur (chlorophylle, certains colorants et certaines vitamines), qui active l'oxygène de l'air en le faisant passer de son état fondamental dit « triplet » à un état excité dit « singulet »; cette énergie acquise permet à l'oxygène actif de se fixer directement sur l'AG sans passer par l'étape radicalaire.

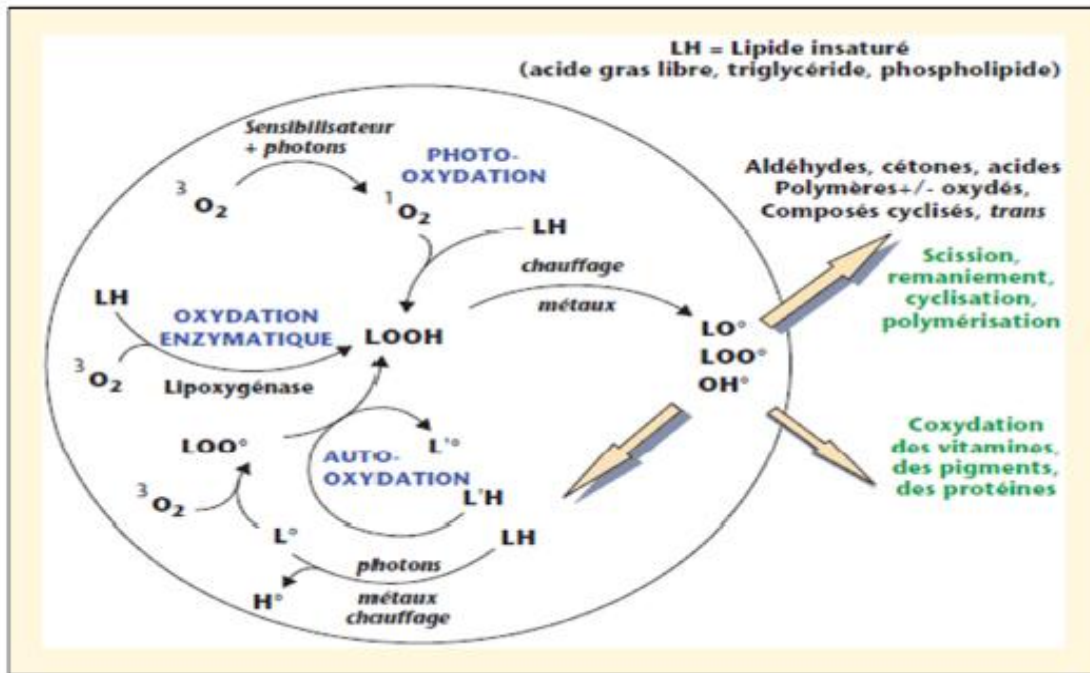
Les mécanismes réactionnels sont donc différents ; les produits formés sont, aussi, différents (*JUDDE, 2004*).

### III.2.4.2.3. Oxydation enzymatique

D'après *EYMARD (2003)*, le phénomène d'oxydation des AGI peut être d'origine enzymatique. Les deux enzymes principalement impliquées sont la lipoxygénase et la cyclooxygénase :

- la lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un AGI selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydroperoxydes. Elle agit spécifiquement sur les AG non estérifiés. Son activité est donc souvent couplée avec celle des lipases et phospholipases (*Figure 8*) ;
- la cyclooxygénase est une lipoxygénase qui incorpore deux molécules d'oxygène au niveau d'un AG pour former des hydroperoxydes spécifiques.

Les cyclooxygénases catalysent la formation *in vivo* des prostaglandines, thromboxanes et les lipoxygénases et celle des leucotriènes.



**Figure 12:** Schéma des réactions d'oxydation des lipides  
(CUVELIER et MAILLARD, 2012).

### III.2.4.3. Conséquences de l'oxydation

Selon *BENJELLOUN (2014)*, l'oxydation des CG est importante, ses conséquences peuvent se résumer en trois points: l'impact nutritionnel et organoleptique concerne la dégradation des vitamines liposolubles et des AGE, développement de saveurs anormales, changement de couleur, oxydation de nutriments (disparition des vitamines A, E, C, oxydation d'acides aminés), et enfin, formation des composés toxiques (peroxydes, époxydes, aldéhydes), l'impact sanitaire ou les composés secondaires d'oxydation présentent des effets cytotoxiques et mutagènes (cas du malondialdéhyde, par exemple, qui réagit avec l'ADN) ou encore des effets cancérigènes (cas des monomères cycliques et oxystérols), et aussi l'apparition de maladies cardiovasculaires. Enfin l'impact économique qui consiste en une perte de la valeur marchande suite à l'oxydation qui déprécie la qualité du produit.

### III.3. Altération thermo-oxydative

Les CG alimentaires peuvent être soumis à différents types de traitements thermiques, aussi bien au stade de raffinage, qu'au stade de l'utilisation ménagère ou industrielle, en présence d'air, cela se traduit par de nombreuses transformations et modifications chimiques. Celles-ci résultent de la destruction des liaisons insaturées, de l'addition d'oxygène aux molécules, de la scission des TG en AGL et en AG à courte chaîne (*GRANDGIRARD, 1992*).

A température élevée, lors de friture plate (en surface) ou profonde (bain d'huile), les réactions d'oxydation s'accroissent et donnent des réactions secondaires plus variées (*FRENOT et VIERLING, 2001*).

### III.3.1. Différents produits d'altération thermo-oxydative

Lors des fritures, une multitude de réactions cause une série de changements physiques et chimiques. En présence de l'oxygène, de l'humidité de l'aliment et des hautes températures, l'huile subit des réactions d'altération : l'hydrolyse provoquée par l'eau et l'oxydation provoquée par l'oxygène et la chaleur. Toutes ces réactions extrêmement complexes provoquent la formation de nombreux produits (*CHIAVARO et al., 2010*) :

**Les produits primaires** sont des produits très instables et très réactifs, ils se forment à partir de la réaction d'auto-oxydation, se sont donc des radicaux peroxydes, des hydroperoxydes et des radicaux libres, **Les produits secondaires**: la scission des produits primaires de l'oxydation conduit à la formation des composés secondaires souvent volatils tels les aldéhydes et des composés non volatils y compris les composés polaires et non polaires (*EYMARD, 2003*).

### III.4. Antioxydants

L'oxydation fait partie d'une réaction d'oxydoréduction qui transfère des électrons d'une substance vers un agent oxydant. Cette réaction peut produire des radicaux libres. La protection contre les effets délétères induits par ces radicaux oxygénés s'effectue à l'aide de trois types d'agents différents : les protéines non enzymatiques, les enzymes et enfin les antioxydants, tels que les caroténoïdes, les tocophérols (vitamine E), l'acide ascorbique (vitamine C), et les polyphénols qui sont des antioxydants essentiels pour l'Homme. Les antioxydants sont capables de stopper ou retarder ces réactions en chaîne, en se réduisant avec les radicaux libres et annihilant ainsi leurs actions. Ces propriétés se trouvent beaucoup dans les familles des phénols (*BOURAS et HOUCHI, 2013*).

### III.4.1. Définition

Ce sont des molécules capables d'interagir avec les radicaux libres et de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les molécules vitales ne soient endommagées (*PELLY et al, 2003*).

Il existe des molécules naturelles (vitamine C et vitamine E) et synthétiques pouvant jouer ce rôle. Ce sont généralement des molécules phénoliques mono ou poly-hydratées.

La substitution par des groupements donneurs d'électron augmente la capacité anti-oxydante surtout si ces groupements sont placés en ortho ou para des fonctions hydroxylées et plus particulièrement si les groupements sont du type butyle ou éthyle. Pour être utilisées en industries agroalimentaires, il faut qu'elles ne soient pas toxiques, c'est la raison pour laquelle on recourt à des substances naturelles.

### III.4.2. Mécanisme d'action

En présence de l'oxygène, l'oxydation des lipides insaturés ne peut pas être empêchée. De plus, c'est une réaction irréversible ; cependant, elle peut être inhibée. Les antioxydants peuvent agir sur différentes étapes de l'oxydation. Ils réagissent généralement sur les radicaux libres produits pendant les phases d'initiation et de propagation et les rendent moins actifs. L'action préventive bloque l'initiation en complexant les catalyseurs et en réagissant avec l'oxygène ou en déviant de l'aliment les effets de la lumière ou des rayonnements (*MARC et al, 2004*).

### III.4.3. Types des antioxydants

#### III.4.3.1. Antioxydants de type I

Les antioxydants de type I sont des molécules ayant la capacité d'inactiver les radicaux libres. Ils comprennent principalement des composés phénoliques. Les antioxydants primaires sont ceux qui sont le plus souvent retrouvés dans le domaine alimentaire.

Ils inhibent la propagation des réactions radicalaires en fournissant des hydrogènes aux radicaux libres présents dans le milieu (figure 10). Il y a formation de nouveaux radicaux stables qui ne possèdent pas l'énergie suffisante pour arracher un hydrogène aux lipides et la propagation s'arrête.



**Figure 13:** Mécanisme réactionnel des antioxydants type I (*KORTENSKA et al., 2002*).

Parmi les composés phénoliques naturels, on retrouve :

\* **$\alpha$ -tocophérol** qui est le plus utilisé. Il agit en faible quantité et il est encore largement présent dans les huiles végétales raffinées.

\***Les gallates** inhibent l'action de la lipoxygénase, leur solubilité en milieu hydrophobe est pratiquement nulle si la fonction acide carboxylique n'est pas totalement estérifiée.

\***Ter butylhydroquinone (TBHQ)** qui est une molécule modérément soluble dans les phases grasses, elle est très utilisée au cours des procédés de raffinage des huiles car la molécule est très stable, n'entraîne pas de phénomène de coloration ni de mauvaises odeurs. C'est l'antioxydant de choix lors de la fabrication des chips.

### III.4.3.2. Antioxydants de type II

Les antioxydants secondaires sont considérés comme des antioxydants préventifs ; ils peuvent agir en éliminant ou en diminuant la concentration d'oxygène présent dans l'huile.

On trouvera différentes classes de molécules comme :

\***les agents chélateurs de métaux pro-oxydants** : ils piègent les métaux pro-oxydants (fer et cuivre) ; c'est le cas de l'acide citrique.

\***Les antioxydants agissant sur le niveau énergétique de l'oxygène singulet** : c'est le cas des caroténoïdes.

\***Les antioxydants secondaires synergistes** : ce sont des substances qui prolongent la durée de vie des antioxydants primaires comme par exemple l'acide ascorbique.

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 (*JUDDE, 2004*).

Le choix d'un antioxydant pour une utilisation en industrie agroalimentaire est dicté par différents paramètres comme : la facilité d'incorporation dans le produit, la stabilité au pH et à la température, la tendance ou non à donner des modifications de coloration ou d'odeur,

-la disponibilité de la molécule et son coût.

### **III.4.4. Utilisation des antioxydants**

Les antioxydants sont des composés puissants qui peuvent neutraliser les radicaux libres impliqués dans la dégradation cellulaire, et aident ainsi à garder une vie active et saine de l'organisme. Quelques antioxydants sont fabriqués par l'organisme vivant, d'autres telles les vitamines et polyphénols, doivent être apportés par l'alimentation.

La plupart des études d'observation montrent un effet protecteur d'une alimentation riche en antioxydants sur le risque de maladies cardiovasculaires ou de cancers. Une autre vertu des antioxydants concerne la peau. En réduisant les effets nocifs des radicaux libres, les antioxydants limitent le vieillissement cutané.



# **Partie expérimentale**



# **Matériel et méthodes**

### I. Matériel et méthodes

#### I.1. Objectif du travail

L'objectif central de ce travail consiste en une évaluation de l'effet de l'exposition au soleil d'une huile végétale raffinée, 100% soja, dénommée « elio », fabriquée par Cévital (*spa* Bejaïa), sur ses caractéristiques physico-chimiques.

Notre démarche consiste à suivre quelques indices physico-chimiques de cette huile au cours de son exposition au soleil pendant 75 jours.

Ces différentes analyses physico-chimiques ont été réalisées dans le laboratoire commun II de biochimie, de la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'UMMTO.

#### I.2. Conduite expérimentale

##### I.2.1. Choix de l'huile

L'huile de marque « elio » est une huile végétale parmi les marques les plus répandues sur le marché, et la plus utilisée pour la cuisson et les fritures.

Les caractéristiques portées sur l'étiquette de l'emballage sont :

- huile 100% soja ;
- Une huile recommandée pour les fritures, le badigeonnage, la cuisson des aliments, les pâtisseries et l'assaisonnement ;
- En plus de son coté multi-usage, Elio est riche en omega3, 6, 9 et en vitamines A, D, et E ;
- Température conseillée : max 180°C ;
- Conservation dans un endroit propre et tempéré ;
- Stockage à l'abri de la lumière et source de chaleur ;
- Le processus de fabrication est certifié ISO 22000 ;
- Formats disponibles : 1L, 2L, 5L.



**Figure 14** : Huile de marque « elio ».

Selon l'étiquetage, la composition de cette huile est illustrée dans le tableau XI.

**Tableau XI : composition de l'huile elio.**

|                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Energie                          | 900 Kcal/3700kj |
| Acides gras                      | 100g            |
| Acides gras saturés              | 15g             |
| Acides gras mono insaturés       | 24g             |
| Acides gras poly insaturés       | 61g             |
| Vitamine E                       | 90mg            |
| Glucides/ protéines/ cholestérol | Néant           |

### I.2.2. Echantillonnage

L'huile sélectionnée pour cette étude est une huile commercialisée de marque « Elio » en raison de sa large consommation et différentes utilisations : friture, cuisson et assaisonnement.

Cette huile a été achetée le mois de Mars, dans un magasin d'alimentation générale comme l'aurait fait n'importe quel consommateur. Elle est conditionnée dans une bouteille en plastique (PET) de 5 litres. Immédiatement, cette huile a été répartie dans des bouteilles en plastiques en PET, de petits volumes (0.5L).

Les différentes analyses physico-chimiques ont été réalisées directement après l'achat de l'huile pour déterminer leurs indices chimiques initiaux, et les autres analyses ont été effectuées sur les 5 autres échantillons exposés au soleil ; ceux-ci sont prélevés tous les 15 jours pendant 3 mois (du mars jusqu'au juin en éliminant les journées nuageux et pluvieux) pour suivre l'évolution des différents indices de qualité.

### I.3. Analyses physico-chimiques

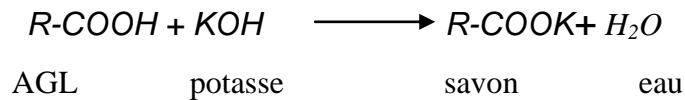
#### I.3.1. Analyses chimiques

##### I.3.1.1. Acidité

L'acidité est l'expression conventionnelle en pourcentage d'AGL selon la nature du CG.

Généralement, l'acidité est estimée selon le taux d'acide oléique pour l'ensemble des CG. La détermination de l'acidité a une grande importance dans la mesure où elle permet de mesurer le degré d'altération (hydrolyse des triglycérides) de la MG.

Le principe consiste à neutraliser les AGL à l'aide d'une solution de KOH en présence de phénophthaléine comme indicateur colore, selon la réaction suivante :



Pour calculer l'acidité, la formule suivant est utilisée:

$$\text{Acidité (\%)} : (M \cdot N \cdot V) / m \cdot 10$$

Soit :

**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= 282,5) ;

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

### I.3.1.2. Indice de peroxyde (AFNOR 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.

En présence de certains facteurs (lumière, eau, chaleur, traces de métaux...), les huiles peuvent s'oxyder. Cette oxydation conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) par fixation d'une mole d'oxygène sur le carbone situé en position  $\alpha$  par rapport à une liaison éthylénique des acides gras insaturés constitutifs des glycérides (GHARBY. *et al*, 2015).

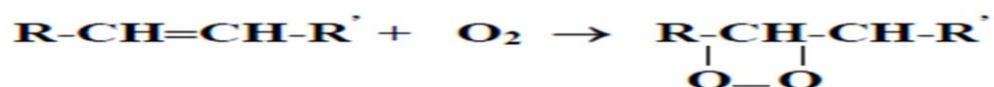
L'indice de peroxyde est une mesure permettant d'estimer la quantité de peroxydes présents dans une matière grasse. Les peroxydes sont déterminés en se basant sur leur propriété de libérer l'iode de l'iodure de potassium dans les milieux acides.

### Principe

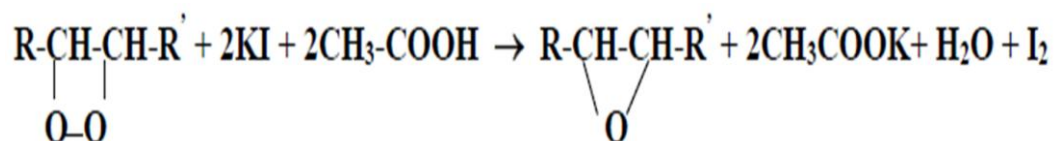
En présence d'oxygène, les acides gras libres insaturés des corps gras s'oxydent en donnant des peroxydes. Ce phénomène a lieu au cours d'un long stockage.

Les corps gras sont traités en solution dans de l'acide acétique et du 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, selon la réaction suivante :

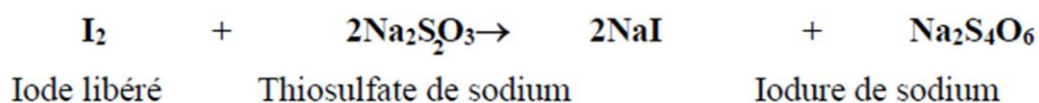
La réaction de formation de peroxyde est :



La réaction d'iodure de potassium en milieu acide :



L'iode libéré est titré par le thiosulfate de sodium comme suit :



Le calcul de l'indice de peroxyde se fait selon cette équation :

$$Ip (\text{meqO}_2/\text{Kg}) = \frac{N(V_1 - V_0)}{P} \times 1000$$

Soit :

IP : 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  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (0,01N).

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

### I.3.2. Analyses physiques

#### I.3.2.1. Détermination de la densité

La densité relative d'une huile ou d'une graisse est le quotient de la masse dans l'atmosphère d'un certain volume de ce CG a une  $T^\circ$  de  $20^\circ\text{C}$  (D20) par la masse du même volume d'eau distillée.

La densité est déterminée en pesant dans une éprouvette de 5 ml le même volume d'eau et d'huile prises a la même  $T^\circ$ .

La densité est exprimée par la relation suivante :

$$D = \frac{m_1 - m}{m_0 - m}$$

Soit :

$m$  : poids de l'éprouvette vide ;

$m_1$  : poids de l'éprouvette pleine d'huile ;

$m_0$  : poids de l'éprouvette pleine d'eau.

#### I.3.2.2. Détermination de la viscosité

La viscosité est définie comme étant le coefficient de frottement intramoléculaire.

C'est la mesure du temps que nécessite une bille en métal pour s'écouler dans un capillaire d'un viscosimètre rempli d'huile.

La viscosité est exprimée par la formule suivante :

$$\mu(c.\rho_0) = k(\rho_f - \rho) \times t$$

Soit :

$\mu$  : La viscosité en Centpoise ;

$\rho_f$  : la densité de la bille de métal qui est égale a 8,02 g/ml ;

$\rho$  : la masse volumique de l'huile (g/ml) ;

$t$  : le temps de chute en minute ;

**K** : constante du viscosimètre qui est égale a 35.

### **I.4. Analyse statistique**

Le traitement statistique des résultats d'analyses physico-chimiques obtenus dans notre étude (densité, viscosité, acidité et indice de peroxyde) a été réalisé grâce au logiciel *Stat box 6.4*. Il consiste a une analyse de la variance à un facteur étudié à savoir le temps d'exposition au soleil

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends. The text is centered within the scroll.

# **Résultats et discussion**

## II. Résultats et discussions

### II.1. Evolution des paramètres physico-chimiques de l'huile exposée au soleil

L'objectif de cette étude consiste à déterminer l'effet de l'exposition au soleil sur les caractéristiques physico-chimiques d'une huile végétale alimentaire raffinée dénommée « elio » 100% soja : elle est produite par le groupe industriel « Cévital » localisée à Bejaia (Algérie).

A cet effet, des échantillons de cette huile ont été exposés au soleil pendant 75 jours. Et des analyses physico-chimiques sont effectuées sur ces échantillons prélevés à des intervalles de temps réguliers pour suivre les modifications des critères physico-chimiques, indicateurs de qualité, induites par l'action simultanée de l'exposition au soleil. Les mêmes analyses sont effectuées sur l'huile de départ (huile fraîche).

### II.2. Evolution des paramètres physiques

#### II.2.1. Couleur

La couleur est le premier critère des paramètres organoleptiques utilisés dans l'évaluation de la stabilité de la qualité d'un aliment. Pendant la conservation, des altérations sont susceptibles de se produire, notamment lors de la non maîtrise des conditions de l'entreposage. Ainsi, le déroulement des réactions de détérioration se traduit par un changement de la couleur de l'aliment mal entreposé. La couleur des huiles raffinées fraîches (avant stockage) utilisées dans notre étude est jaune citron.

Les échantillons d'huiles exposés au soleil ont changé de couleur de façon significative (*figure 15*). Le maintien des échantillons d'huile au soleil a favorisé le déroulement de la photo-oxydation qui est l'une des réactions de dévaluations de la qualité de l'huile alimentaire, même celle-ci est raffinée.

L'effet du soleil semble en être plus destructeur, en témoigne la perte quasi-totale de la couleur pour l'huile après 75 jours de l'exposition au soleil.

Ces résultats ont, donc, confirmé l'effet délétère de la chaleur sur les huiles polyinsaturées; l'ensoleillement induit un frottement de molécule, ce qui augmente considérablement la température de l'huile et par conséquent la vitesse des réactions d'altération. La disparition de la couleur indique un niveau d'altération élevé d'une huile.

La perte de la couleur s'accroît avec le prolongement de la durée de conservation. Cela est dû au déroulement des réactions de dégradation notamment la photo oxydation. Le changement de la couleur des huiles stockées a été signalé par *BARRERA-ARELLANO et al (1997)*, Ces derniers ont suggéré que tout changement de couleur d'une huile signifie un changement dans sa composition. Les polymères issus des réactions de polymérisation, les

produits d'oxydation et les dérivés de la co-oxydation des pigments et les vitamines en sont responsable. En plus, ils ont estimé que ces réactions sont étroitement liées à la variation de la température.



**Figure 15 :** Variation de la couleur des échantillons d'huile de soja raffinée «elio» en fonction des conditions de stockage 75 jours.

### II.2.2. Densité

L'indice de densité est considéré comme un critère physique qui permet le contrôle de la pureté de l'huile alimentaire extraite (DJEZIRI, 2010). Selon BAHRAMI *et al.* (2001) la densité de toutes les matières grasses est inférieure à  $1 \text{ g/cm}^3$ .

D'après KARLESKIND (1992), la densité d'une huile est influencée par sa composition intrinsèque, la longueur de la chaîne hydrocarbonée ainsi que l'instauration de ses AG constitutifs. Elle est en fonction non seulement de l'instauration, mais aussi de son état d'oxydation ou de polymérisation. Elle dépend de sa  $T^\circ$  et de sa composition chimique. La densité des AG et des glycérides diminue au fur et à mesure que leur poids moléculaire (PM) diminue et le degré de leur instauration augmente (WOLFF, 1968).

Selon le *codex alimentarius* (1999), la densité des huiles raffinées se situe entre 0,909 et 0,916.

Les résultats de la variation de la densité de l'huile de soja raffinée «elio» utilisée dans cette étude sont portés dans le tableau XII.

**Tableau XII** : Variation de la densité à 20°C des échantillons d'huile.

| Temps d'exposition (jour) | Densité      |
|---------------------------|--------------|
| 0                         | 0,9 ±0,003   |
| 15                        | 0,904 ±0,003 |
| 30                        | 0,916 ±0,003 |
| 45                        | 0,922 ±0,003 |
| 60                        | 0,936 ±0,003 |
| 75                        | 0,956 ±0,003 |
| Norme C.A                 | 0,909-0,916  |

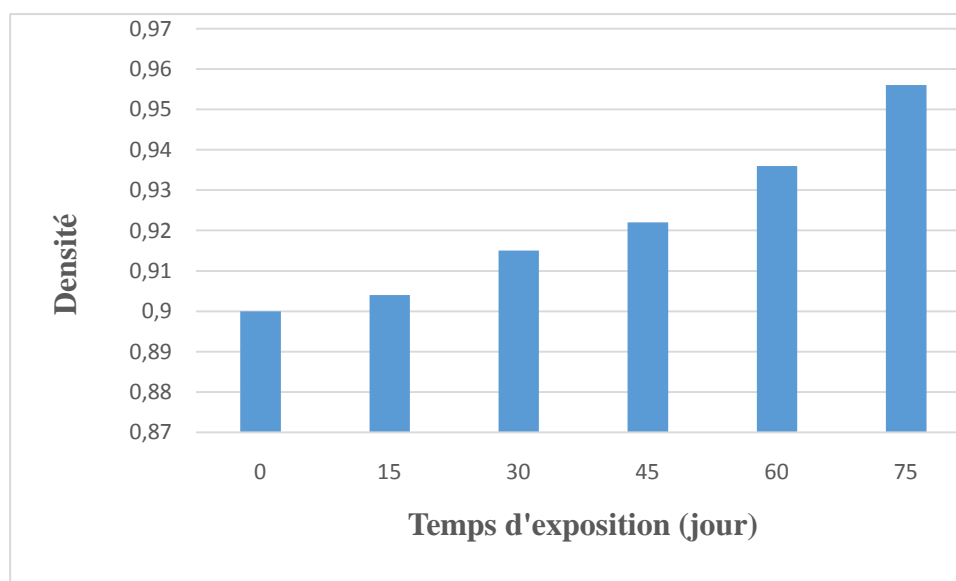
*Ces résultats sont en moyenne de deux répétitions*

L'huile raffinée «elio» testée dans notre étude expérimentale à une densité de 0,900 inférieure à la norme du Codex alimentarius (1999). Cette valeur est inférieure de celle notée par *CHEKROUNE et MOKRANI (2021)* qui est de 0,887 et celle trouvée par *KEBAILI et NEDIL (2015)* qui est de 0,888 pour la marque d'huile « Labelle ».

Cependant *AIT MOULOUD, HENNA et TAHENNI* ont enregistré respectivement des valeurs de 0,924 ; 0,920 ; et 0,919 pour les marques « elio », « oleor et fleurial » et « fridor », supérieures à celle analysée dans cette étude.

Il a été admis que les densités des huiles fraîche diffèrent légèrement entre les types d'huiles ; ces différences sont dues à des différences dans leurs compositions intrinsèques (*FORMO et al., 1979*).

Les résultats de l'évaluation de la densité au cours de l'exposition au soleil sont illustrés par la (*figure16*).

**Figure 16** : Evolution de la densité en fonction de temps d'exposition.

Une lecture globale des résultats montre une augmentation de la densité de l'huile exposée au soleil.

Après 30 jours d'exposition, la densité atteint la valeur maximale de la norme (0,916) selon le *codex alimentarius 1999* et après 45 jours d'exposition la densité dépasse la norme (0,922).

Au-delà de 60 jours, on a enregistré une forte densité de l'huile, ou elle atteint la valeur maximale de 0,956 après 75 jours d'exposition.

Cette augmentation est expliquée par la formation de composés à haut poids moléculaire suite au déroulement des réactions d'oxydation, d'hydrolyse et surtout des réactions de polymérisation des AG sous l'action de la chaleur. *PAMPEO (1989)* a attribué cette augmentation, en présence d'oxygène, à la formation des ponts de types éther C-O-C et peroxydes C-O-O-C. Néanmoins, dans notre étude, l'air n'est pas disponible en grande quantité dans la mesure où les flacons ont été fermés avec des bouchons à vis.

Le pourcentage d'augmentation de la densité est de 6,1%

**Tableau XIII** : tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable densité.

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|------------------|-------|-----|-------|--------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE       | 0,004 | 11  | 0     |        |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1    | 0,004 | 5   | 0,001 | 72,034 | 0,00011 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0     | 6   | 0     |        |         | 0,003 | 0,38% |

Nos résultats sont soumis à une analyse de la variance à un seul facteur à savoir le temps d'exposition. Il ressort de ce traitement que le facteur « temps d'exposition » a un effet très hautement significatif ( $p= 0,00011$ ), cela signifie que le facteur temps d'exposition influe sur la densité.

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5% pour la variable densité montre qu'on a quatre groupes homogènes. Le groupe D englobe l'huile fraîche et l'huile de 15 jours d'exposition ( cela signifie qu'il y a pas de différence significative entre ces huiles) ; le groupe C englobe aussi l'huile de 30 et 45 jours d'exposition, le groupe B celui de 60 jours d'exposition, le groupe A représente la plus grande valeur qui est de l'huile de 75 jours d'exposition.

### II.2.3. Viscosité

La viscosité d'une huile est sa résistance à l'écoulement ; la mesure de la viscosité pourrait être un bon test pour apprécier l'état d'altération des CG (*PERRIN, 1992*). La viscosité

(ou frottement interne) des AG et leurs esters est relativement élevée en raison de l'attraction entre les longues chaînes hydrocarbonées. La viscosité augmente, donc, avec la longueur de la chaîne et diminue légèrement avec l'instauration.

Selon *OLLE (1998)*, la viscosité d'une huile est son degré de résistance à son écoulement. La valeur de la viscosité de l'huile utilisée dans cette étude à l'état frais est de 38,162, cette valeur est inférieure à celle obtenue par *AMARA et AMER (2021)* qui ont noté une valeur de 30,24 sur la marque « fleurial » ; et par *CHEKROUNE et MOKRANI (2021)* qui ont noté une valeur de 30,45 sur la marque « labelle ». Cependant, *HEFFAF et LARDJANE (2018)* ont enregistré une valeur de 43,866 qui est supérieure à celle analysée dans cette étude.

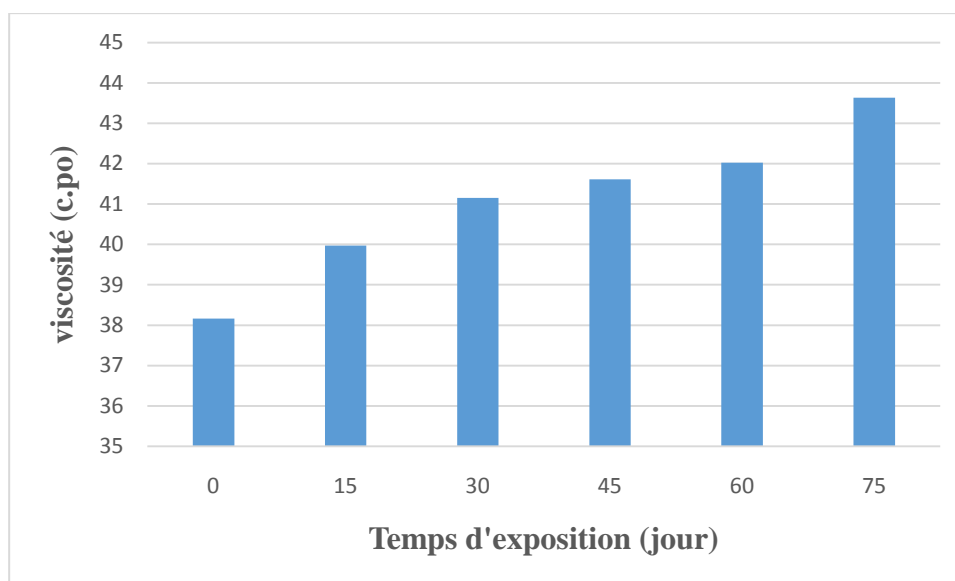
**Tableau XIV** : Evolution de la viscosité de l'huile durant l'exposition au soleil.

| <b>Temps d'exposition (jour)</b> | <b>Viscosité (c.po)</b> |
|----------------------------------|-------------------------|
| 0                                | 38 ,162 ±0,172          |
| 15                               | 39,971 ±0,172           |
| 30                               | 41,149 ±0,172           |
| 45                               | 41,611 ±0,172           |
| 60                               | 42,022 ±0,172           |
| 75                               | 43,637 ±0,172           |
| Norme                            | Non défini              |

*Ces résultats sont en moyenne de deux répétitions*

Il ressort dans notre étude une augmentation de la viscosité d'huile pendant l'exposition (*figure 17*) avec un pourcentage de 14,58%. Une valeur maximale de 43,637 est notée après 75 jours d'exposition. Ces résultats sont inférieures avec ceux trouvés par *HAMOUNI (2019)*, ces résultats ont noté une augmentation plus importante de la viscosité pendant l'exposition au soleil ; il a noté des valeurs de 44,02 et 44,996 respectivement pour le 30<sup>ème</sup> et le 60<sup>ème</sup> jours d'exposition au soleil de l'huile de marque « Afia ».

L'augmentation de la viscosité au cours de l'exposition est due au déroulement de phénomène de la photo-oxydation sous l'action des UV, en présence d'oxygène à faible concentration à température élevée.



**Figure 17 :** Evolution de la viscosité en fonction de temps d'exposition.

**Tableau XV :** tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable viscosité.

|                     | S.C.E  | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|---------------------|--------|-----|-------|--------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE          | 35,097 | 11  | 3,191 |        |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1       | 34,92  | 5   | 6,984 | 237    | 0,00002 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE<br>1 | 0,177  | 6   | 0,029 |        |         | 0,172 | 0,42% |

L'étude statistique réalisée pour la variable viscosité, a donné une probabilité inférieure à 0.001 ( $P\text{-value} = 0,00002 < 0.001$ ), donc nous avons des différences très hautement significatives entre les échantillons, cela signifie que le facteur temps d'exposition influe sur la viscosité.

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5%, pour la variable viscosité montre 5 groupes homogènes, le groupe E inclut l'huile fraîche, le groupe D concerne l'huile de 15 jours d'exposition, le groupe C représente l'huile de 30 jours d'exposition, le groupe B englobe les deux huiles de 45 et 60 jours d'exposition (pas de différence significative entre les huiles), et le groupe A concerne l'huile de la plus grande durée d'exposition qui est de 75 jours.

## II.3. Evolution des paramètres chimiques

### II.3.1. Acidité

L'acidité d'une huile est un moyen de mesurer son degré d'altération hydrolytique ; elle permet de mettre en évidence le déroulement de la réaction d'hydrolyse des triglycérides. Il s'agit de mesurer la quantité d'acides gras libres (AGL) contenus dans cette huile. Elle est souvent

exprimée en quantité d'acide oléique. Elle renseigne principalement sur l'altération des triglycérides (TG) suite à une hydrolyse chimique ou enzymatique lorsque cette huile est mise dans des conditions propices (*ADRIAN et al., 1998*).

Dans le processus d'hydrolyse, la molécule de TG réagit avec une molécule d'eau pour donner un AGL et un diacylglycerol (*GUPTA, 2005*). Les AGL sont formés pendant l'hydrolyse suite à la scission de la molécule de TAG (*PERKINS, 1996*).

Selon *BONNEFIS (2005)*, les AGL ont tendance à s'oxyder beaucoup plus rapidement surtout lorsqu'ils sont insaturés. C'est pourquoi, l'acidification est accompagnée de l'oxydation.

L'acidité de l'huile utilisée dans cette étude est de 0,209% tableau XVI. Cette valeur est légèrement supérieure à la norme algérienne (*NA- 1169-1990*), qui l'établit à un taux inférieure à 0,20%.

L'acidité de cette huile est supérieure à celle obtenue par *CHELOUCHE et SMAIL (2017)* sur l'huile de la même marque « elio » qui est de 0,15% ; cette valeur est aussi supérieure à celle obtenue par ce même auteur sur une huile 100% tournesol de marque « fleurial » avec une acidité de 0,16% à l'état frais.

L'acidité de notre huile est également supérieure à celle obtenue par *KECILI et TRACHE (2014)* sur la même marque d'huile, ayant enregistré une valeur de 0,044% à l'état frais. Ces auteurs ont également déterminé l'acidité d'autres huiles raffinées ; les valeurs obtenues sont de 0,054 / 0,051 / 0,051 / 0,050 respectivement pour les huiles de marques labelle, oléor, fleurial, Afia.

L'acidification d'une huile alimentaire dépend de nombreux paramètres, on en cite le type de raffinage adopté, la qualité des graines oléagineuses, les conditions de stockage de ces graines, leur conditionnement, le mode d'extraction, transport de l'huile brute, etc.

Avant de subir le raffinage, la plupart des huiles brutes sont exposées aux changements de températures pendant un temps relativement long dans des hangars de stockage et/ou dans les cales des navires pendant le transport. L'auto-oxydation ou la rancidité oxydative est la principale cause des pertes de qualité des huiles brutes et raffinées pendant le stockage (*CRAPISTE et al. 1999*).

Durant l'exposition au soleil, l'acidité des échantillons d'huile de soja a augmenté de façon significative Tableau XVI. Le pourcentage d'augmentation est de 250%. La cinétique de l'évolution est illustrée par la (*figure 18*)

**Tableau XVI:** Evolution de l'acidité de l'huile durant l'exposition au soleil.

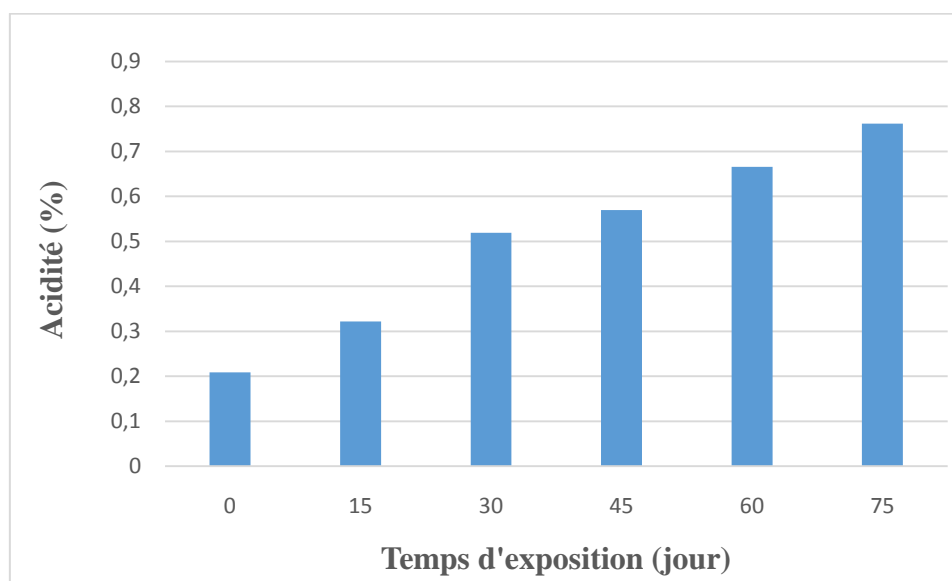
| Temps de l'exposition (jour) | Acidité (%) |
|------------------------------|-------------|
| 0                            | 0,209±0,023 |
| 15                           | 0,322±0,023 |
| 30                           | 0,519±0,023 |
| 45                           | 0,570±0,023 |
| 60                           | 0,666±0,023 |
| 75                           | 0,762±0,023 |
| Norme                        | ≤0,20%      |

*Ces résultats sont en moyenne de deux répétitions*

Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par *HAFFAF et LARDJENE (2018)* ayant utilisé l'huile « Fleurial » (100% tournesol) après 88 jours de stockage ; ont enregistré une valeur de 0,087% avec un pourcentage d'augmentation de 56,62%.

L'analyse de l'évolution de ce paramètre en fonction de la durée de l'exposition a fait apparaître une augmentation assez remarquable, ce qui pourrait être dû au déroulement du processus hydrolytique, catalysé par la lumière en présence des traces d'eau.

L'augmentation de l'acidité d'un corps gras serait due à l'hydrolyse des TG ; l'accumulation des AGL est responsable de l'acidification de ce corps gras ; cette réaction est catalysée par divers facteurs, on en cite les traces d'eau, la chaleur et les rayons solaires (*GUILLAUMIN, 1969*). L'accumulation des AGL est due au déroulement de la réaction d'hydrolyse des glycérides (mono et diglycérides) (*TANOUTI et al., 2011*) ; dans le processus d'hydrolyse, la molécule de triacylglycérol réagit avec une molécule d'eau pour donner un AGL et un diacylglycerol.



**Figure 18** : Evolution de l'acidité en fonction de temps d'exposition

**Tableau XVII** : tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable acidité.

|                     | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST F  | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|---------------------|-------|-----|-------|---------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE          | 0,44  | 11  | 0,04  |         |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1       | 0,437 | 5   | 0,087 | 159,574 | 0,00003 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE<br>1 | 0,003 | 6   | 0,001 |         |         | 0,023 | 4,60% |

L'étude statistique réalisée pour la variable acidité, nous donne une probabilité inférieure à 0.001 ( $P\text{-value} = 0,00003 < 0,001$ ), donc nous avons des différences très hautement significatives, cela signifie que le facteur temps d'exposition influe sur l'acidité.

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5%, pour la variable viscosité montre qu'on a 5 groupes homogènes, le groupe E inclut l'huile fraîche, le groupe D concerne l'huile de 15 jours d'exposition, le groupe C englobe les deux huiles de 30 et 45 jours d'exposition (pas de différence significative entre les huiles), le groupe B représente l'huile 60 jours et le groupe A concerne l'huile de la plus grande durée d'exposition qui est de 75 jours.

L'acidification est le résultat d'une hydrolyse partielle ou totale des triglycérides qui donnent des acides gras libres ; elle entraîne la diminution du pH de l'huile. En effet, l'hydrolyse s'accompagne généralement d'une oxydation car les acides gras s'oxydent facilement lorsqu'ils sont à l'état libre.

### II.3.2. Indice de peroxyde

D'après *ROLLAND (2004)*, la mesure de l'oxydation d'un corps gras en temps réels se fait par la mesure de l'indice de peroxyde (IP). Cet indice correspond au nombre de milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de lipide susceptible d'oxyder l'iodure de potassium avec libération d'iode. Une valeur élevée de cet indice signifie que le CG est rance (*FRENOT et VIERLING, 2001*).

L'indice de peroxyde constitue l'un des critères utilisé dans l'appréciation de la qualité des huiles. Il sert à évaluer l'état d'oxydation d'une huile au cours du stockage ; la valeur de cet indice chimique ne doit pas dépasser 10 meq O<sub>2</sub> / kg (*SNIMA, 2003*).

Selon *BONNEFIS (2005)*, les peroxydes, représentant les premiers produits d'oxydation, sont des composés chimiquement instables ; ces groupes d'atomes visent à stabiliser leur énergie par l'arrachement d'un proton d'une molécule d'AG.

La valeur de l'IP de l'huile de marque « elio » fraîche (avant stockage) utilisée dans notre étude est de 1,05 meq O<sub>2</sub>/kg tableau XVIII. Cette valeur est nettement inférieure à la norme *ISO 3960*, qui fixe un maximum de 10 meq O<sub>2</sub>/kg d'huile. Cette valeur est proche de celle obtenue par *CHEKROUN et MOKRANI (2021)* ayant travaillé sur l'huile de marque « labelle », pour laquelle la valeur enregistré est de 1 meq O<sub>2</sub>/kg d'huile à l'état frais. Elle est inférieure à celle obtenue par *HEFFAF et LARDJAN (2018)* sur marque d'huile « fleurial » pour laquelle la valeur enregistrée est de 1,8 meq O<sub>2</sub>/kg d'huile ; elle est aussi inférieure de celle obtenue par *BESSIGHI et CHEDIK (2017)* pour laquelle la valeur enregistrée est de 2 meq d'O<sub>2</sub>/Kg d'huile de maque « labelle ». Toutes ces valeurs sont nettement inférieures à la norme *ISO 3960*.

Les écarts enregistrés, mêmes non significatifs, sont liés aux conditions de récolte, de raffinage et de stockage. L'oxydation des huiles commence après que les graines soient cueillies, et continue pendant le stockage des fruits et leur traitement. Les premiers produits formés sont des composés peroxydés instables ; la structure des hydroperoxydes formés dépend de la nature des acides gras oxydés : acides mono, di, ou polyinsaturés (*CILLARD et CILLARD, 2006*).

Durant le stockage, il s'est produit une peroxydation des différents échantillons d'huile ; les valeurs obtenues sont portées dans le tableau XVIII.

**Tableau XVIII** : Evolution de l'indice peroxyde durant l'exposition au soleil.

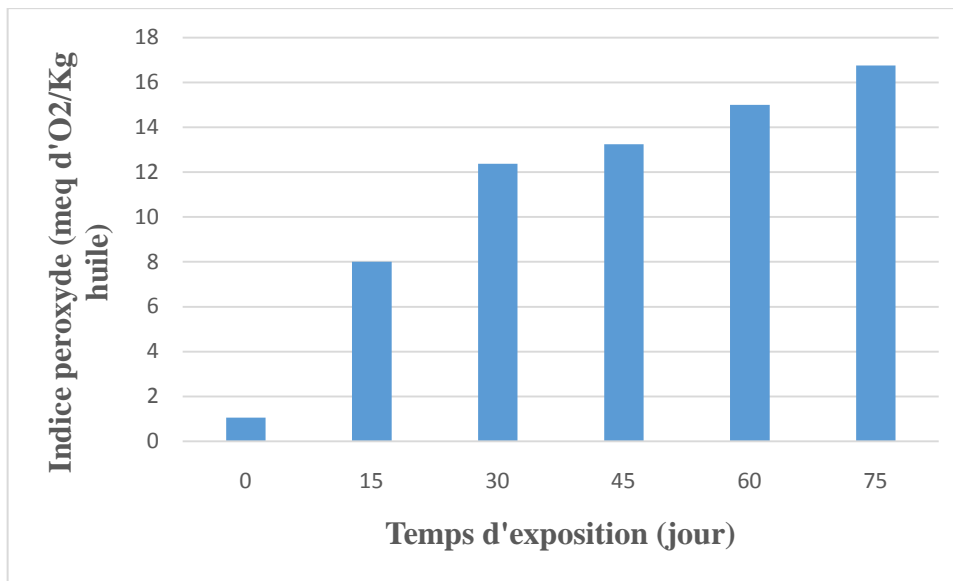
| Temps de l'exposition (jour) | Indice peroxyde<br>(meq d'O <sub>2</sub> /kg huile) |
|------------------------------|---|
| 0                            | 1,05±0463   |
| 15                           | 8±0463  |
| 30                           | 12,375±0463   |
| 45                           | 13,25±0463  |
| 60                           | 15±0463   |
| 75                           | 16,75±0463  |
| Norme                        | ≤10   |

*Ces résultats sont en moyenne de deux répétitions*

Il ressort clairement de ce tableau, une forte peroxydation de l'huile pendant l'exposition au soleil après 75 jours ; une plus grande valeur a été obtenue, soit 16,75 meq O<sub>2</sub>/kg qui est supérieure à la valeur obtenue par *HAFFAF et LARDJENE (2018)* ayant utilisé l'huile « Fleurial » qui est de 8,3 meq O<sub>2</sub>/kg après 88 jours de stockage. Et aussi supérieur à celle obtenue par *ZAHIR (2019)* qui est de 11,7 meq O<sub>2</sub>/kg après 60 jours d'exposition.

Selon *CONSTANTIN (2000) et JUDGE (2004)*, cette augmentation serait due à l'apparition de composés peroxydés (ROO°) à partir des radicaux libres instables (R°) des AGI. De plus, la formation de ces peroxydes pourrait être influencée par l'action de la chaleur et la destruction des tocophérols présents dans l'huile ; ces composés de la partie insaponifiable de l'huile jouent un rôle antioxydant (*CONSTANTIN, 2000 ; O'BRIEN, 2009*).

Les peroxydes se forment et s'accumulent avec l'augmentation de la durée de stockage (*figure 19*) avec un pourcentage d'augmentation de 1600%.



**Figure 19** : Evolution de l'indice peroxyde en fonction de temps d'exposition.

**Tableau XIX** : tableau d'analyse de la variance ANOVA pour la variable indice de peroxyde.

|                  | S.C.E   | DDL | C.M.   | TEST F  | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|------------------|---------|-----|--------|---------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE       | 329,262 | 11  | 29,933 |         |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1    | 327,976 | 5   | 65,595 | 305,982 | 0,00001 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 1,286   | 6   | 0,214  |         |         | 0,463 | 4,18% |

L'étude statistique réalisée pour la variable de l'indice de peroxyde, nous donne une probabilité inférieure à 0.001 ( $P\text{-value} = 0,00001 < 0.001$ ), donc nous avons des différences très hautement significatives, cela signifie que le facteur temps d'exposition influe sur l'indice peroxyde.

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5%, pour la variable viscosité montre qu'on a 5 groupes homogènes, le groupe E inclut l'huile fraîche, le groupe D concerne l'huile de 15 jours d'exposition, le groupe C englobe les deux huiles de 30 et 45 jours d'exposition (pas de différence significatives entre les huiles), le groupe B représente l'huile 60 jours et le groupe A concerne l'huile de la plus grande durée d'exposition qui est de 75 jours.



# **Conclusion générale**

## Conclusion

La stabilité oxydative d'une huile dépend en particulier de la nature et la teneur de ses acides gras insaturés. Ainsi, les huiles les plus insaturées sont les moins stables à l'oxydation, et ce d'autant plus que le nombre de doubles liaisons sur les AG est élevé. Ainsi, l'huile de soja riche en AGS et AGPI, est plus oxydable que les autres huiles. Cette stabilité est, également, dépendante de la teneur de l'huile en tocophérols (dont vitamine E) ; ces molécules mineurs sont susceptibles d'exercer une action protectrice anti-oxydante.

Le but de notre étude expérimentale consiste à évaluer le degré de résistance ou sensibilité de l'huile végétale « elio » 100% soja à l'exposition au soleil à travers la détermination de l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques (densité, viscosité, indice peroxyde et l'acidité).

Nous avons exposé l'huile au soleil pendant 75 jours avec prélèvement d'échantillon à des temps réguliers (0, 15, 30, 45, 60, 75 jours).

Après 75 jours de stockage, il ressort de cette étude l'effet significatif de l'exposition de l'huile au soleil sur la dégradation de sa qualité. Les échantillons exposés au soleil ont perdu la couleur initiale de l'huile. Ces échantillons ont subi une forte acidification, de l'ordre de 250% et une peroxydation de l'ordre de 1600%.

Ces modifications chimiques ont entraîné une altération des caractéristiques physiques de l'huile avec une augmentation de la densité, de l'ordre de 6,1% et de la viscosité de l'ordre de 14,58%.

Il est, donc, indispensable de sensibiliser les commerçants du gros et de détail sur les risques d'une exposition des huiles au soleil. Compte tenu, que ces huiles raffinées sont largement utilisées dans des fritures où des températures excessives sont utilisées. La température de cuisson associée à la détérioration de la qualité de l'huile « achetée » génèrent des produits nocifs pour la santé du consommateur

En perspective, il conviendra d'enrichir cette étude par le dosage de la vitamine E, les traces de métaux, il est nécessaire également d'étaler cette étude pour de longues périodes de stockage (plusieurs mois) et d'étudier d'autres facteurs influençant la stabilité oxydative de l'huile raffinée au cours du stockage.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the text.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

### A

**ADRIAN J., POTUS J. et FRANGNE R. (2003).** Les sciences alimentaires de A à Z. 3ème Edition, Lavoisier, Paris. pp : 432-504.

**AITGANA.D. et AZZOIN.C.2019,** etude comparative de la stabilité des huiles de table (Afia, Elio et Fleurial) lors des fritures répétées, Mémoire de master en biologie, Université Mouloud Mammeri Tizi-ouzou, Algérie.

**AIT MOULOUD.I. et HENNA.R.2020,** effets des conditions de stockage sur la qualité de certaines huiles végétales, Mémoire de master en agronomie, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

**ALUYOR E.O. et ORI-JESU M. (2008).** The use of antioxidants in vegetable oils. African Journal of Biotechnology, 7(25), 4836-4842

**ANNONYME 3. (2011).** INRA – Carrefours de l'innovation agronomique

9juin2011.**AMARA.K. et AMEUR.F.2021,** effet du traitement thermo-oxydatif sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile de tournesol(fleurial), Mémoire de master en agronomie, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie. **APFELBAUM M.,**

**ROMAN M. et DUBUS M. (2009).** Diététique et nutrition. 7eme édition : Masson, Paris. Pp

### B

**BENJELLOUN N. (2014).** Huile d'argan : propriétés pharmacologiques et mise en place d'un processus de contrôle. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de limoges.

**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 de doctorat. Université Paul Sab.

### C

**CHEKROUNE.F. et MOKRANI.T.2021,** effet du traitement thermo-oxydatif sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile raffinée (labelle), Mémoire de master en agronomie, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

**CHELOUCHE.F. et SMAILL.L.2017,** effet de la lumière sur la qualité de deux huiles commercialisées en algérie, Mémoire de master en biologie, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

**CHIBANE.Z. et HIDEUR.N.2015**, effet de la température de friture sur la stabilité thermo-oxydative d'huile (elio), Mémoire de master en agronomie, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

**CHIKHOUNE A. (2007)**. Huiles essentielles de Thym et d'origan : Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante et antimicrobienne. Thèse de magister. Institut National Agronomique. Alger. p28.

**CHIAVARO E., RODRIGUEZ-ESTRADA M.T., VITTADINI E. and PELLEGRINI N. (2010)**. Microwave heating of different vegetable oils: Relation between chemical and thermal parameters. Food Science and Technology, 43:1104-1112.

**CUVELIER M.E., et MAILLARD M.N. (2012)**. Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 19(2), 125-132.

**CUVELIER.M.E. et MAILLARD. M.N.(2012)**.Qualité, sécurité alimentaire : stabilité des huiles alimentaires au cours de leurs stockage, OCL, vol 19, N°2 ;

**CONSTANTIN B. (2000)**. Les lipides. Ecole polytechnique fédérale, Leusane. pp:138– 144

**COSSUT J., HUMBERT S., DEFRENNE B., ROELSTRAETE L.,**

**DESMEDTC.,VANUXEEM M., FERROUL M., GARNET S., VIDAL D. (2002)**. Les Corps Gras: Entre Tradition et Modernité. Projet réalisé dans le cadre du DESS QUALIMAPA. Lille: Université des sciences et technologies de Lille. pp : 33-35.

## D

**DRIDI W. (2016)**. Influence de la formulation sur l'oxydation des huiles végétales en émulsion eau-dans-huile. Thèse de doctorat en chimie physique. Ecole doctorale des sciences chimiques. Bordeaux-Carthage. p5.

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

## E

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

**EL ATYQY.(2010)**. Réactions chimiques des aliments. Science et techniques des aliments ;

## F

**FORMO,M.W.,1979** : physical properties of fats and fatty acids in Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol.1(ed.D.Swern), 4 th edn, John Wiley & Sons, Inc., New York.

**FRENOT M. et VIERLING E. (2001).** Biochimie des aliments : Diététique du sujet bien portant. 2ème Edition. Doin éditeur. pp : 79-97.

**FREDOT E. (2005).** Connaissance des aliments : base alimentaire et nutritionnelle de la diététique. Edition: Tec & Doc Lavoisier, Paris. pp : 196-197.

## G

**GERMAIN THIBAUT, 2017.** Le soja une production croissante pour une demande en plein expansion.

**GEORGE.(2006).**les matériaux biologiques de base in biochimie ,4ème édition dunod.9p

**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. Edition. Tec & Doc, Paris. pp : 49-63.

**GRAILLE.(2003).** Lipides et corps gras alimentaires, Ed tech et doc (collection des sciences et techniques agroalimentaires), 469p ;

**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. Edition. Tec & Doc, Paris. pp : 49-63.

Thèse de doctorat en biochimie. Ecole polytechnique de l'université de Nantes.

**GUIRAUD J.P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Edition : Dunod, Paris. p143

**GUPTA M.K. (2005).**Frying oils.Bailey's industrial oil and fat products.6ème édition. John Wiley& Sons, Inc, p.1-23.

## H

**HAFFAF.S. et LARDJANE.T.2018,** effet des conditions de stockage sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile (fleuriel), Mémoire de master en agronomie, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

**HUBERT, J (2006).** Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja. Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaine. Thèse de doctorat de l'institut national poly technique de Toulouse.

## J

**JAMMES.C.(2007).** Co- valorisation d'effluents gras et de résidus lignocellulosique :

déshydratation mécanique et compostage, thèse -doctorat, université de Limoge, France ;  
**JEANTET R., BRULE G., CROGGUNENNEC T. et SCHUCK P. (2006).** Science des aliments : Biochimie-Microbiologie-Procédé-Produits.Tom1. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. pp: 95-120.

□**JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G. (2006).** Oxydation des lipides. In : Science des aliments. Volume 1. Edition : Tec & doc, Lavoisier, Paris. pp : 95-113.

**JOTTERAND, C. et KIZIRIA, N.** L'acide gras oméga 3 et oméga 6 : pourquoi sont-ils essentiels, Haute école de santé Genève, 2007, 1-7.

**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, 11(6), pp : 414-418.

## K

**KARLESKIND A. (1992).** Principaux constituants chimiques des corps gras, propriétés chimiques des corps gras. In: Manuel des corps gras. Lavoisier. pp : 95-358.

**KARLESKIND A. (1992).** Manuel des corps gras, tome II, édition Lavoisier, Paris. pp :1560-1578.

**KECIL.A. et TRACHE.M.2014,** étude comparative de la stabilité oxydative de cinq huiles de tables au cours des fritures répétées. ), Mémoire de master en agronomie, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

**KORTENSKA V. D ., YANISHLIEVA N.V., KASAIKINA O.T., TOTZEVA I.R ., BONEVA M.I. et ANDRUSSINA I.F (2002).**“ Phenol antioxidant efficiency in various lipid substrates containing hydroxyl compounds”. European Journal of Lipid Science and Technology 104: 513-519.

## L

**LERAY.(2013).** Les lipides : nutrition et santé. Ed Céline Pointeaux, Lavoisier, Paris. ISBN 978-2-7430-1491-9 ;

## M

**MORIN.O ;PAGES.X ;PARES.X.(2012).** Huiles et corps gras végétaux : ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel.OCL ;

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

**MAZOYER M. (2002).** Larousse agricole. Edition : Larousse, pp : 458 – 626.

**MOHAMED A.A. (2007).** Influence of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract on the stability of sunflower oil during deep-fat frying process. *Electronic Journal of Food and Plants Chemistry*, 2(1), 14-19.

## O

**OLLE M. (1998).** Les huiles de fritures : état de situation et aspects réglementaire. OCL. Vol 5. pp : 55-57.

**OLLIVIER.(2015).**paramètres physicochimiques. Constituants majeurs. Laboratoire de MARSEILLE. (Analyse des lipides –Extraction).France ;

**O'BRIEN R.D.(2009).** Fat and oils:formulating and processing for applications.3ème Edition.CRC Press,USA.pp:43–47.

**OIL WORDL. (2004).** Production mondiale d'huiles et graisse, Cultures et Marché 2001-2004. [www.prolea.com](http://www.prolea.com).

## P

**PELLY K. et LYLly M. (2003).** Les antioxydants dans l'alimentation. Finlande : Flair Flow, 28p ISBN : 2-7380-1069-5.

**PERRIN.J.L,** Rev. Fr. Corps Gras, 39, 25 (1992).

**PRIOR E. (2003).** Usage des corps gras alimentaires dans les différents secteurs de la technologie alimentaire. In : lipides et corps gras alimentaires. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. pp : 147-179.

**POISSON.F et L. NACRE.** Corps gras alimentaires aspects chimiques, biochimiques et nutritionnels. In lipide et corps gras alimentaire. Ed. Tec et Doc lavoisier,(2003).

## R

**RIAHI J. et MARZOUKI B. (2000).** Effects of light on some vegetal oils quality and stability. Preliminary note. *Rivista Italiana delle sostanze grasse*. Volume77. pp : 25-30.

## S

**SOHN J.H. et OSHIMA T. (2010).** Lipid oxidation, odor, and color of fish flesh. *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications*. pp : 96-108.

## T

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

## V

**VIERLING E. (2003).** Aliments et boissons : Filières et produits. 2ème édition : Doin, Cedex. pp : 187 – 208.

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

**VANDER VOSSEN H.A. M., MKAMILO G.S. VAN DER VOSSEN H., MKAMILOG. et CORBIERE H. (2007).** Oléagineux : Prota.

## W

**WIBOUT A. (1986).** Le livre des produits alimentaires. Edition: MAX BREZOL.

**WERNER.J ;BAWER ;RAPHAEL.BADOUD ;JURG.OLIGER ;ALAIN.TOURNAUD. (2010).**Science et technologie des aliments. Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. Première édition, presse polytechnique et universitaire romande. ISBN 978-2-88074-754-1 ;

**WOLFF J.P. (1968).** Manuel d'analyse des corps gras. Paris, Azoulay. pp : 517.



# **Annexes**

### Annexe 01 : détermination de l'indice d'acidité

#### Appareillages

- Erlenmeyers
- Burette
- Pipette graduée
- Balance analytique
- Agitateur magnétique

#### Réactifs

- Ethanol 96%.
- Solution d'hydroxyde de potassium (0.1N).
- Phénolphtaléine

#### Préparation des solutions

- ❖ Solution de KOH dans l'éthanol 95% : peser 2.805 de KOH, ajouter 20 ml d'eau distillés, puis ajuster jusqu'à 500 ml d'alcool
- ❖ .Solution de phénolphtaléine : Peser 1 g de phénolphtaléine dans 100 ml d'éthanol.

#### Mode opératoire

- dans une Erlenmeyer peser 2.5 g d'huile.
- ajouter 25 ml d'éthanol.
- après agitation, ajouter quelque goutte de phénolphtaléine.
- titrer avec une solution d'hydroxyde de potassium en agitant jusqu'à l'apparition de la couleur rose persistante pendant 10 secondes.
- Déterminer le volume (V) de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée.



**Figure 20** : apparition de couleur rose persistante (photo original).

## Annexe 02 : détermination de l'indice de peroxyde

### Appareillages

- Erlenmeyers
- Pipette graduée
- Béchers
- Balance analytique
- Burette

### Réactifs

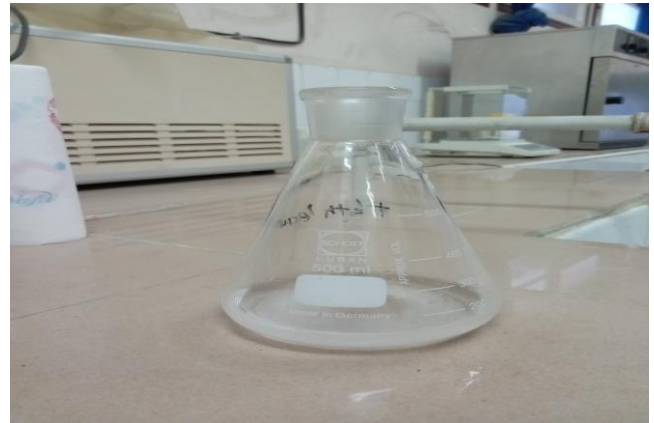
- Chloroforme.
- Acide acétique.
- Iodure de potassium
- Thiosulfate de sodium
- Empois d'amidon

### Préparation des solutions

- ❖ Solution de thiosulfate de sodium (0.01N) : Peser 1.24 g de thiosulfate de sodium dans 500ml d'eau distillés.
- ❖ Solution d'iodure de potassium (KI) : peser 0.5 g de KI dans 1 ml d'eau distillé, (à préparation fraîche).
- ❖ Solution d'empois d'amidon à 1 % : peser 1 g d'amidon dans 10 ml d'eau, faire bouillir 90 ml d'eau distillé, puis ajouter la solution qui est déjà préparé, Chauffer la solution finale pendant 3 min.

### Mode Opérateur

- Peser 2 g d'huile dans une fiole conique.
- ajouter 10ml de chloroforme et 15 ml de l'acide acétique.
- ajouter 1 ml de la solution d'iodure de potassium.
- boucher aussitôt la fiole.
- agiter pendant 1 minute et laisser à l'abri de la lumière.
- ajouter 75 ml 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 0.01 N.



**Figure 21** : l'apparition de la couleur bleu noirâtre (photo original).

### **Annexe 03: Détermination de la densité**

#### **Appareillage**

- Balance de précision
- Bécher de 50ml
- Pipette de 10ml

#### **Mode opératoire**

- Prélever à l'aide d'une pipette graduée 10ml d'huile.
- Les versés dans un bécher de 50ml de poids connu.
- Mettre le bécher sur balance de précision et noter le poids de l'échantillon d'huile.
- Refaire de nouveau l'expérience avec les autres échantillons.
- Refaire de nouveau l'expérience avec de l'eau distillée.

### **Annexe 04: Détermination de la viscosité**

#### **Appareillage**

- Viscosimètre à bille
- Chronomètre

#### **Mode opératoire**

- Remplir le viscosimètre à bille de l'huile à analysée
- Vérifier l'absence des bulles d'air à l'intérieur de viscosimètre

- Chronométrer le temps nécessaire pour que la bille travers les deux traits indiqués sur le viscosimètre.

*L'analyse statistique*

**Annexe 05 :** analyse de la variance de densité.

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|------------------|-------|-----|-------|--------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE       | 0,004 | 11  | 0     |        |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1    | 0,004 | 5   | 0,001 | 72,034 | 0,00011 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0     | 6   | 0     |        |         | 0,003 | 0,38% |

TESTE DE NEWMAN KEULS- SEUIL = 5%.

| F1  | LIBELLES | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |   |   |   |
|-----|----------|----------|-------------------|---|---|---|
| 6.0 | T75      | 0,956    | A                 |   |   |   |
| 5.0 | T60      | 0,937    |                   | B |   |   |
| 4.0 | T45      | 0,922    |                   |   | C |   |
| 3.0 | T30      | 0,916    |                   |   | C |   |
| 2.0 | T15      | 0,905    |                   |   |   | D |
| 1.0 | T        | 0,9      |                   |   |   | D |

**Annexe 06 :** analyse de la variance de viscosité.

|                  | S.C.E  | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|------------------|--------|-----|-------|--------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE       | 35,097 | 11  | 3,191 |        |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1    | 34,92  | 5   | 6,984 | 237    | 0,00002 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0,177  | 6   | 0,029 |        |         | 0,172 | 0,42% |

TESTE DE NEWMAN KEULS- SEUIL = 5%.

| F1  | LIBELLES | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |   |   |   |
|-----|----------|----------|-------------------|---|---|---|
| 6.0 | T75      | 43,638   | A                 |   |   |   |
| 5.0 | T60      | 42,023   |                   | B |   |   |
| 4.0 | T45      | 41,611   |                   | B |   |   |
| 3.0 | T30      | 41,15    |                   |   | C |   |
| 2.0 | T15      | 39,971   |                   |   |   | D |
| 1.0 | T        | 38,162   |                   |   |   | E |

**Annexe 07** : analyse de la variance d'acidité.

|                     | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST F  | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|---------------------|-------|-----|-------|---------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE          | 0,44  | 11  | 0,04  |         |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1       | 0,437 | 5   | 0,087 | 159,574 | 0,00003 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE<br>1 | 0,003 | 6   | 0,001 |         |         | 0,023 | 4,60% |

TESTE DE NEWMAN KEULS- SEUIL = 5%.

| F1  | LIBELLES | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |   |   |   |   |
|-----|----------|----------|-------------------|---|---|---|---|
| 6.0 | T75      | 0,763    | A                 |   |   |   |   |
| 5.0 | T60      | 0,668    |                   | B |   |   |   |
| 4.0 | T45      | 0,57     |                   |   | C |   |   |
| 3.0 | T30      | 0,52     |                   |   | C |   |   |
| 2.0 | T15      | 0,322    |                   |   |   | D |   |
| 1.0 | T        | 0,209    |                   |   |   |   | E |

**Annexe 08** : analyse de la variance d'indice de peroxyde.

|                     | S.C.E   | DDL | C.M.   | TEST F  | PROBA   | E.T.  | C.V.  |
|---------------------|---------|-----|--------|---------|---------|-------|-------|
| VAR.TOTALE          | 329,262 | 11  | 29,933 |         |         |       |       |
| VAR.FACTEUR 1       | 327,976 | 5   | 65,595 | 305,982 | 0,00001 |       |       |
| VAR.RESIDUELLE<br>1 | 1,286   | 6   | 0,214  |         |         | 0,463 | 4,18% |

TESTE DE NEWMAN KEULS- SEUIL = 5%.

| F1  | LIBELLES | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |   |   |   |   |
|-----|----------|----------|-------------------|---|---|---|---|
| 6.0 | T75      | 16,75    | A                 |   |   |   |   |
| 5.0 | T60      | 15       |                   | B |   |   |   |
| 4.0 | T45      | 13,25    |                   |   | C |   |   |
| 3.0 | T30      | 12,375   |                   |   | C |   |   |
| 2.0 | T15      | 8        |                   |   |   | D |   |
| 1.0 | T        | 1,05     |                   |   |   |   | E |

## Résumé

Les huiles végétales extraites des graines oléagineuses (soja et tournesol) sont chimiquement instables en raison de la sensibilité à l'oxydation de leurs acides gras polyinsaturés. Les mécanismes oxydatifs sont basés sur des réactions complexes et radicalaires qui entraînent toujours une perte importante de qualité de l'huile tant sur le plan sensoriel (rancidité) que nutritionnel (perte d'acides gras polyinsaturés et de vitamine E).

L'objectif de notre étude est de déterminer l'effet de l'exposition au soleil d'une huile 100% soja de marque « elio » sur ses caractéristiques physico-chimiques pendant 75 jours.

Il ressort des résultats obtenus, une augmentation continue de l'acidité pour atteindre une valeur maximale de 0,762% et de l'indice peroxyde jusqu'à une valeur maximale de 16,75 meq d' $O_2$ /kg d'huile.

Ces modifications chimiques ont entraîné une altération des caractéristiques physiques de l'huile avec une augmentation de la densité pour atteindre une valeur maximale de 0,956 et de la viscosité pour atteindre une valeur de 43,637 c.po.

Il est important de signaler que l'oxydation des lipides, induit la formation des composés néfastes pour la santé, d'où l'importance de les maintenir dans de bonnes conditions de conservation par le vendeur et le consommateur.

**Mots clés :** huiles végétales, oxydation, soleil, indices chimiques, indice physique.

## Abstract

Vegetable oils extracted from oilseeds (soybean and sunflower) are chemically unstable due to the sensitivity to oxidation of polyunsaturated fatty acids. Oxidative devices are based on complex and radical complexes that always result in significant loss of quality in the field of sensory processing (loss of polyunsaturated fatty acids and vitamin E).

Objective is to determine the effect of exposure to the sun of a 100% soybean « elio » on its physicochemical characteristics for 75 days.

The results obtained is a continued increase in acidity to reach a maximum of 0,762%, and peroxide index until a maximum value of 16,75 meq d' $O_2$ /kg of oil.

The chemical modification has had an alteration of the physical characteristics of the oil with an increase in density to reach a maximum value of 0,956 and viscosity to reach a value of 43,637 c.po.

It is important to note that the oxidation of lipids induces the formation of harmful compounds for health; hence the importance of keeping them in good conditions of preservation by the seller and the consumer.

**Key words:** vegetable oils, oxidation, sun, chemical indices, physical indices.