

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

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Sciences Alimentaires**  
**Spécialité Qualité des produits et sécurité alimentaire**



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

**MASTER**

*Thème*

**Effet de la friture sur la qualité  
physico-chimique des huiles végétales**

Présenté par :

**Abdelli Nora et Benamara Kahina**

Soutenu le : **20 septembre 2020**

Devant le jury composé de :

Melle BRAHMI Fatiha

MCA

Présidente

Mme GUENDOUZE Naima

MCB

Encadreur

Mme BOUBCHIR Kahina

MAA

Examinatrice

**Année universitaire : 2020 / 2021**



# Dédicace

*Je* dédie ce mémoire

*A* mes chers parents ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

*A*mes frères

«Amine,arezki,salma»

*A*mes amies et mes camarades

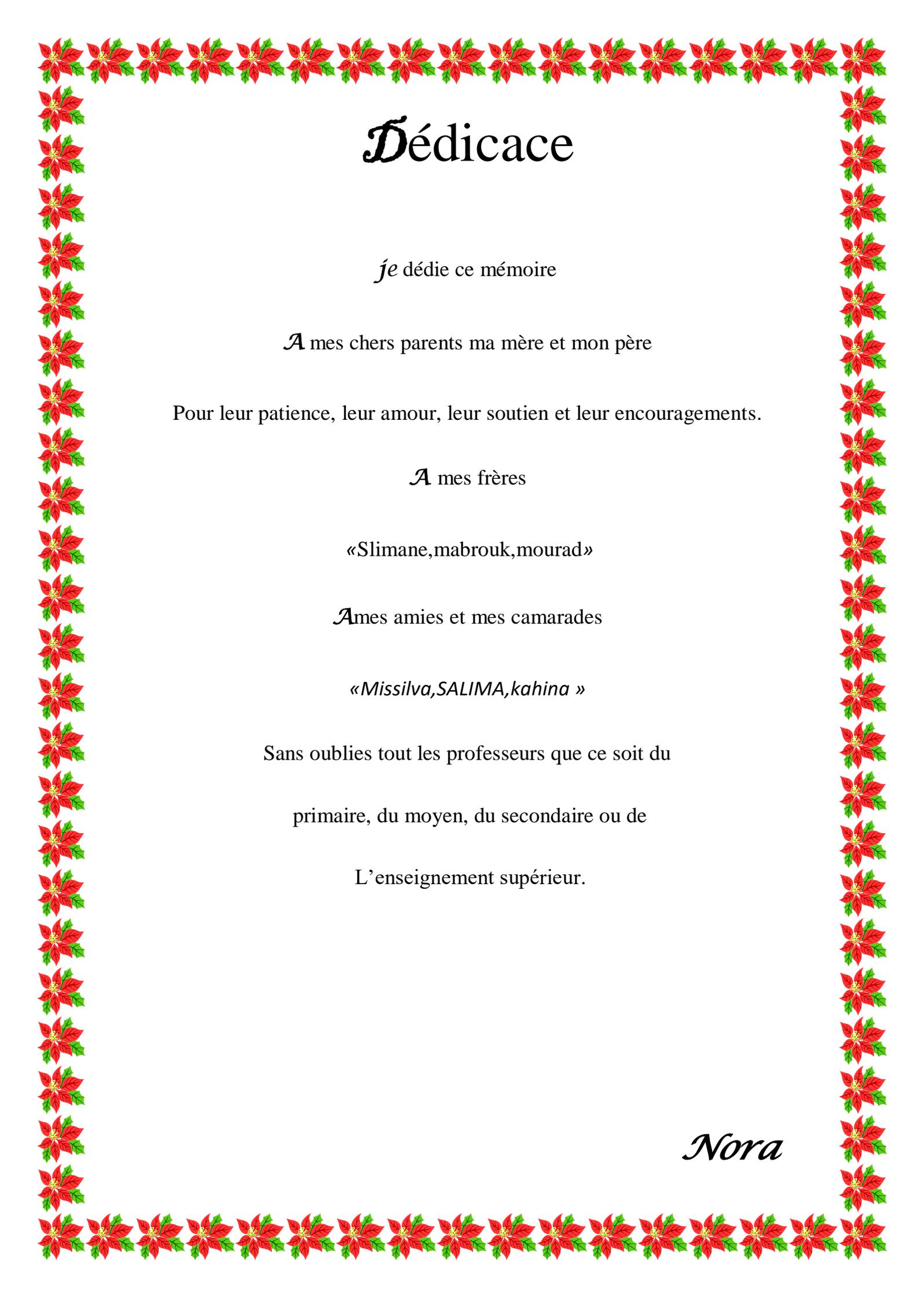
«LYDIA, Nora, SALIMA »

Sans oublier tout les professeurs que ce soit du

primaire, du moyen, du secondaire ou de

L'enseignement supérieur

*Kahina*



# Dédicace

*Je* dédie ce mémoire

*A* mes chers parents ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragements.

*A* mes frères

«Slimane,mabrouk,mourad»

*A*mes amies et mes camarades

«Missilva,SALIMA,kahina »

Sans oublier tout les professeurs que ce soit du

primaire, du moyen, du secondaire ou de

L'enseignement supérieur.

*Nora*



## *Remerciements*

*Nous tenons à remercier tout d'abord le BON DIEU le tout puissant qui nous a procuré du courage et de la volanté pour mener ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à mon promoteur madame **Guendouze Naïma** Professeur au Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abderrahmane mira Bejaia qui m'a été la source généreuse de l'aide, du soutien du bon conseil et l'optimale orientation.*

*Nos remerciements vont plus particulièrement à nos familles et à nos amis qui ont su nous soutenir et nous encourager tout au long de nos études.*

*Merci également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travaille, qu'ils trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.*

Tables de matières	
Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	01

## **Chapitre I Généralités sur les huiles végétales**

I.1. Définition .....	01
I.2. Composition.....	04
I.2.1. Fraction saponifiable.....	04
I.2.2. Fraction insaponifiable.....	04
I.3. Caractéristiques des huiles .....	05
I.3.1. Point de fusion .....	05
I.3.2. Densité.....	05
I.3.3. Viscosité.....	05
I.4. Classification.....	06
I.5. Extraction des huiles.....	07
I.6. Raffinage des huiles.....	07
I.6.1. Définition.....	08
I.6.2. Différentes étapes du raffinage.....	08
I.6.2.1. Démucilagination .....	08
I.6.2.2. Neutralisation .....	08
I.6.2.3. Lavage .....	08
I.6.2.4. Séchage .....	09
I.6.2.5. Décoloration .....	09
I.6.2.6. Désodorisation.....	09

## **Chapitre II Étude de quelques huiles végétales**

II.1. Huile de Tournesol .....	10
II.1.1. Définition .....	10
II.1.2. Composition. ....	10
II.1.3. Propriétés.....	11
II.2. Huile de Soja.....	12
II.2.1. Définition .....	12

II.2.2. Composition.....	12
II.2.3. Propriétés .....	13
II.3. Huile de Colza .....	14
II.3.1. Définition .....	14
II.3.2. Composition .....	14
II.3.3. Propriétés .....	15
II.4. Huile de Palme .....	15
II.4.1. Définition .....	15
II.4.2. Composition.....	16
II.4.3. Propriétés .....	17

### **Chapitre III Le procédé de la friture**

III.1. Définition.....	18
III.2. Opération de friture.....	18
III.3. Différentes modes de friture .....	19
III.4. Les facteurs influencés sur les huiles de la friture .....	19
III.4.1. Température .....	19
III.4.2. La Durée .....	20
III.4.3. Rapport quantité huile/matière .....	20
III.4.4. Type d'huile .....	20
III.4.5. Taille et forme des aliments .....	20
III.5. Principe physique de l'opération de friture .....	21
III.5.1. Evaporation de l'eau.....	21
III.5.2. Modification de la texture .....	21
III.5.3. Modification de la couleur.....	21
III.5.4. Vieillessement de l'huile.....	22
III.5.5. Traitement post/friture .....	22
III.6. Altération des huiles de friture .....	23
III.6.1. L'oxydation .....	24
III.6.2. Hydrolyse .....	25

III.6.3. Polymérisation.....	25
III.7. Aliments frits et santé.....	25

### **Chapitre IV Contrôle de qualité des huiles végétales**

IV.1. Détermination des indices chimiques.....	26
IV.1.1. Détermination de l'acidité.....	26
IV.1.2. Détermination de l'indice de peroxyde.....	27
IV.1.3. Détermination de l'indice d'iode.....	28
IV.1.4. Détermination des traces de savon.....	29
IV.1.5. Détermination de l'indice de saponification .....	30
IV.1.6. Détermination de l'indice d'insaponification.....	31
IV.1.7. Détermination de la chlorophylle.....	31
IV.1.8. Détermination du taux de phosphore.....	33
IV.2. Détermination des indices physiques .....	33
IV.2.1. Détermination de la Réfraction .....	33
IV.2.2. Détermination de la couleur.....	34
IV.2.3. Détermination de l'humidité.....	35
IV.2.4. Détermination des impuretés insolubles.....	35
IV.2.5. Détermination de la densité.....	35
IV.2.6. Détermination du PH.....	36
IV.3. Méthodes de détermination de la stabilité oxydatives des huiles par le teste de Rancimat .....	37
IV.4. Analyse des huiles par chromatographie en phase gazeuse.....	38
Conclusion et perspectives.....	39
Références bibliographies	

### Liste des abréviations

**cSt** : centistokes

**AG** : Acide Gras

**AGMI** : Acide Gras Mono-insaturé

**AGPI** : Acide Gras Polyinsaturé

**I<sub>2</sub>** : Iode

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

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

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

**KI** : Iodure de potassium

**KOH** : Hydroxyde de potassium

**Meq** : Milliéquivalent

**N** : Normalité

**NaCl** : chlorure de sodium

**Na<sub>2</sub>S<sub>4</sub>O<sub>6</sub>** : Thiosulfate de sodium di hydrate

**Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>6</sub>** : Thiosulfate de sodium

**NaI** : Iodure de sodium

**NaOH** : Soude

**Ppm** : partie par million

**Uv** : ultra-violet

**nm** : nanomètre

**TIR** : Temps d'Induction au test Rancimat

**CPG**: Chromatographie en phase gazeuse

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : schéma représentatif d'une cellule végétale.....	03
<b>Figure 2</b> : structure d'un triglycéride.....	04
<b>Figure 3</b> :représentation graphique de la composition en acides gras de quelques corps gras.....	05
<b>Figure 4</b> : étapes d'extraction des huiles à partir des graines oléagineuses (exemple les graines de soja).....	07
<b>Figure 5</b> : les étapes de raffinage des huiles végétales.....	09
<b>Figure 6</b> : photographies du tournesol ( <b>a</b> : Plante, <b>b</b> : Graines).....	10
<b>Figure 7</b> : photographies du soja ( <b>a</b> : Plante, <b>b</b> : Gousse verte, <b>c</b> : Graines).....	12
<b>Figure 8</b> : photographies du colza ( <b>a</b> : plante, <b>b</b> : graines).....	14
<b>Figure 9</b> : photographie de la feuille, des fruits du palme à huile, et de son huile.....	16
<b>Figure 10</b> : schéma représentant de l'opération de friture.....	18
<b>Figure 11</b> : structure chimique de l'acrylamide.....	19
<b>Figure 12</b> : principales étapes de la réaction de Maillard.....	22
<b>Figure 13</b> : différentes réactions de dégradation des huiles végétales.....	23
<b>Figure 14</b> : mécanismes de l'oxydation des lipides et de ses conséquences sur la qualité des Aliments.....	24
<b>Figure 15</b> : appareil de Rancimat.....	37
<b>Figure 16</b> : chromatographie en phase gazeuse.....	38

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : caractéristique physique du quelque huile végétale.....	06
<b>Tableau II</b> : classement des huiles en fonction de l'indice d'iode.....	06
<b>Tableau III</b> : composition de l'huile de tournesol en acide gras.....	11
<b>Tableau IV</b> : composition en acides gras de l'huile de soja.....	13
<b>Tableau V</b> : valeur nutritionnelle du soja (composition moyenne en g/100g).....	14
<b>Tableau VI</b> : composition de l'huile de colza en acide gras.....	15
<b>Tableau VII</b> : composition en acides gras de l'huile de palme.....	16

## Introduction

Les corps gras alimentaires, un des éléments essentiels de notre alimentation, comprennent les huiles et les graisses d'origine végétale ou animale (**Uzzan, 1980**). Les huiles et les graisses végétales jouent un rôle majeur dans notre alimentation; nous les consommons directement sous forme d'huile raffinée ou vierge, ou bien indirectement via de nombreux produits de l'industrie agroalimentaire (**Pagès, 2008**). Le consommateur que nous sommes, se montre de plus en plus exigeant en termes de qualité.

Les huiles végétales peuvent être extraites de graines oléagineuses ou de fruits oléagineux (**Gibon *et al.*, 1998**). Elles sont fluides à la température de 15 °C et sont constituées d'environ 99% de triglycérides, de lécithines et de vitamine E qui les protège contre l'oxydation. Chaque huile est caractérisée par sa composition en acides gras de l'espèce végétale d'où elle est extraite (**Gornay, 2006**).

En revanche, ces huiles contiennent un certain nombre de constituants mineurs tels que les phospholipides, les acides gras libres, les cires, les pigments, et même des contaminants qu'il faut éliminer pendant l'opération de raffinage (**Gibon *et al.*, 1998**). Le raffinage des huiles est une technologie qui permet de fournir au consommateur un produit d'aspect engageant, au goût neutre et résistant à l'oxydation (**Denise, 1992 ; Gibon *et al.*, 1998**).

Les huiles végétales assurent une fonction nutritionnelle et une fonction technologique, car elles sont utilisées entre autres comme moyens de transfert de chaleur en cuisson (exemple des huiles de friture), agents d'enrobage et de démoulage, ou comme supports d'arômes et de colorants lipophiles (**Cuvelier et Maillard, 2002**).

La friture est l'un des plus anciens procédés d'élaboration des aliments. Elle peut être réalisée à la poêle en présence de peu de matières grasses (friture plate), ou dans un grand volume d'huile ou de matière grasse (friture profonde). Le procédé de friture absorbe la majorité des huiles alimentaires produites dans le monde et des produits frits sont consommés sur tous les continents. Ces dernières décennies, l'évolution de nos modes de vie (éloignement du lieu de travail, restauration hors du foyer,...) a contribué à la diversification des produits

frits tant dans la restauration collective ou rapide, que dans l'industrie agroalimentaire (**Gornay, 2006**).

Cependant, l'utilisation des huiles de friture à plusieurs reprises et à de hautes températures peut produire des constituants qui compromettent non seulement la qualité nutritionnelles des aliments, mais qui peuvent aussi être à l'origine de la formation de composés chimiques (acides gras oxydés, mono et di-glycérides, hydrocarbures,...) ayant des effets néfastes sur la santé du consommateur (**Boukahnoun, 2008**).

Il existe sur le marché Algérien différentes huiles végétales alimentaires, qu'elles soient pures (huiles de soja, de maïs, de tournesol,...) ou mélangées.

Notre travail a pour objectif d'étudier la bibliographie des effets de la friture sur la qualité des huiles végétales.

Afin de réaliser cette étude, nous avons subdivisé ce travail en quatre parties :

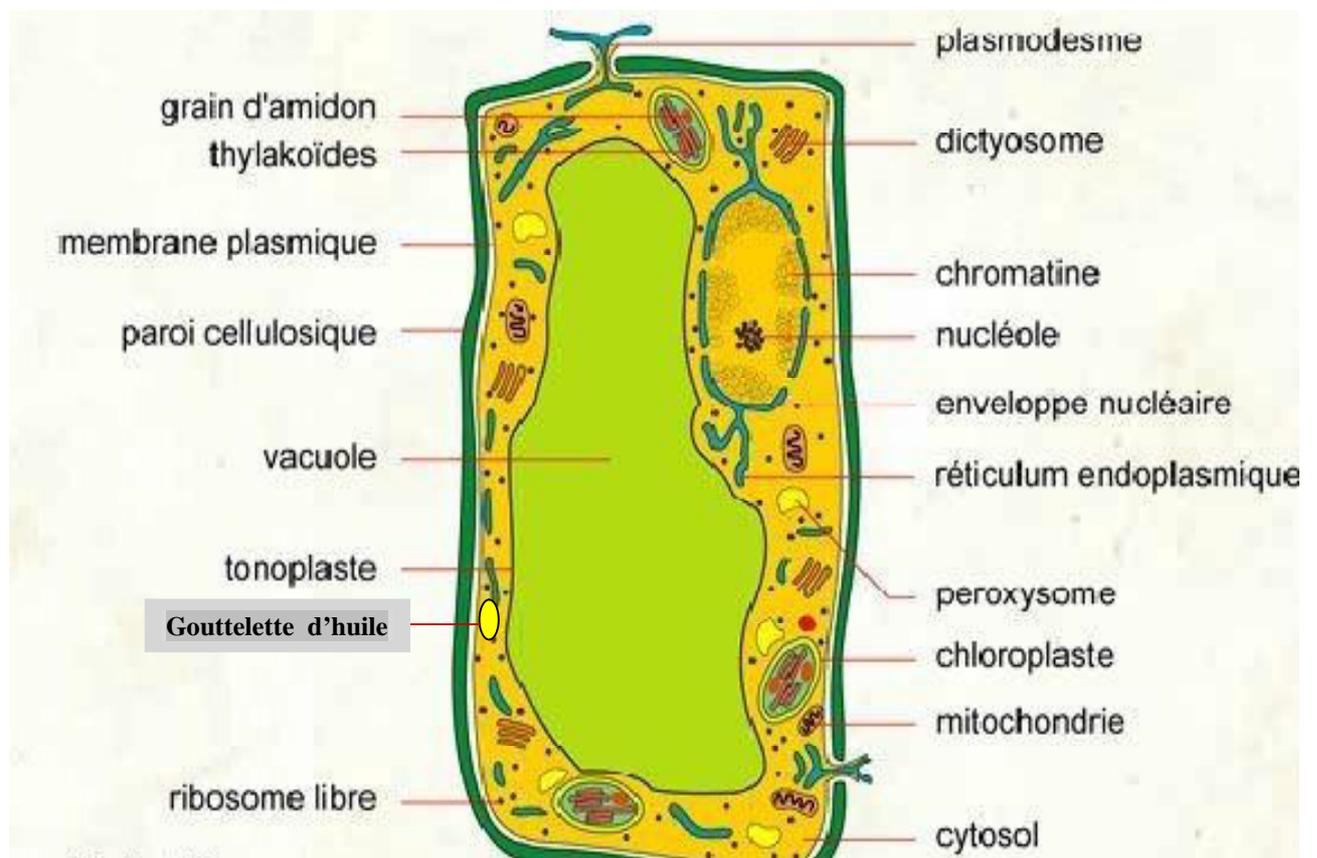
- La première partie aborde des généralités sur les huiles végétales;
- La deuxième partie développe les propriétés de quatre huiles végétales (soja, tournesol, palme et colza);
- troisième partie décrit le procédé de friture et ses effets sur les aliments et la santé du consommateur ;
- La quatrième partie rapporte les méthodes utilisées pour la détermination des caractéristiques physico-chimiques des huiles.

## Chapitre I Généralités sur les huiles végétales

### I.1. Définition

Une huile est une matière grasse onctueuse, insoluble dans les solvants minéraux mais soluble dans la plupart des solvants organiques tels que l'hexane et le chloroforme (**Dennis et al., 2006**). Elle est généralement liquide à la température ambiante (**Denise, 1992**).

Les huiles sont d'origine animale ou végétale (**Bertoli et al., 2010**). Dans les plantes, l'huile est contenue, en général, dans la substance dure et ligneuse des graines ou du noyau, et se trouve enfermée dans les cellules oléifères sous forme de petites gouttes appelée oliagome (**Salas et al., 2009**) (Figure 1).



**Figure 1** : Schéma représentatif d'une cellule végétale.

### I.2. Composition

Les corps gras d'origine végétale sont essentiellement des triglycérides (98-99%), appelées fraction saponifiable et une fraction quantitativement mineure, appelée fraction insaponifiable (**Karleskind, 1992**). Les triglycérides sont des esters de glycérol et d'acides gras (**Denise, 1992**) (Figure 2).

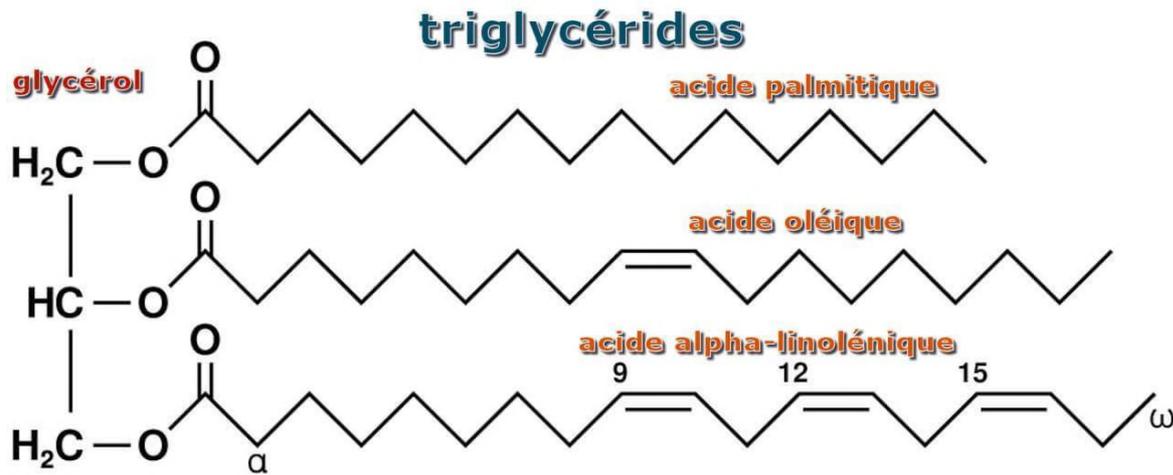


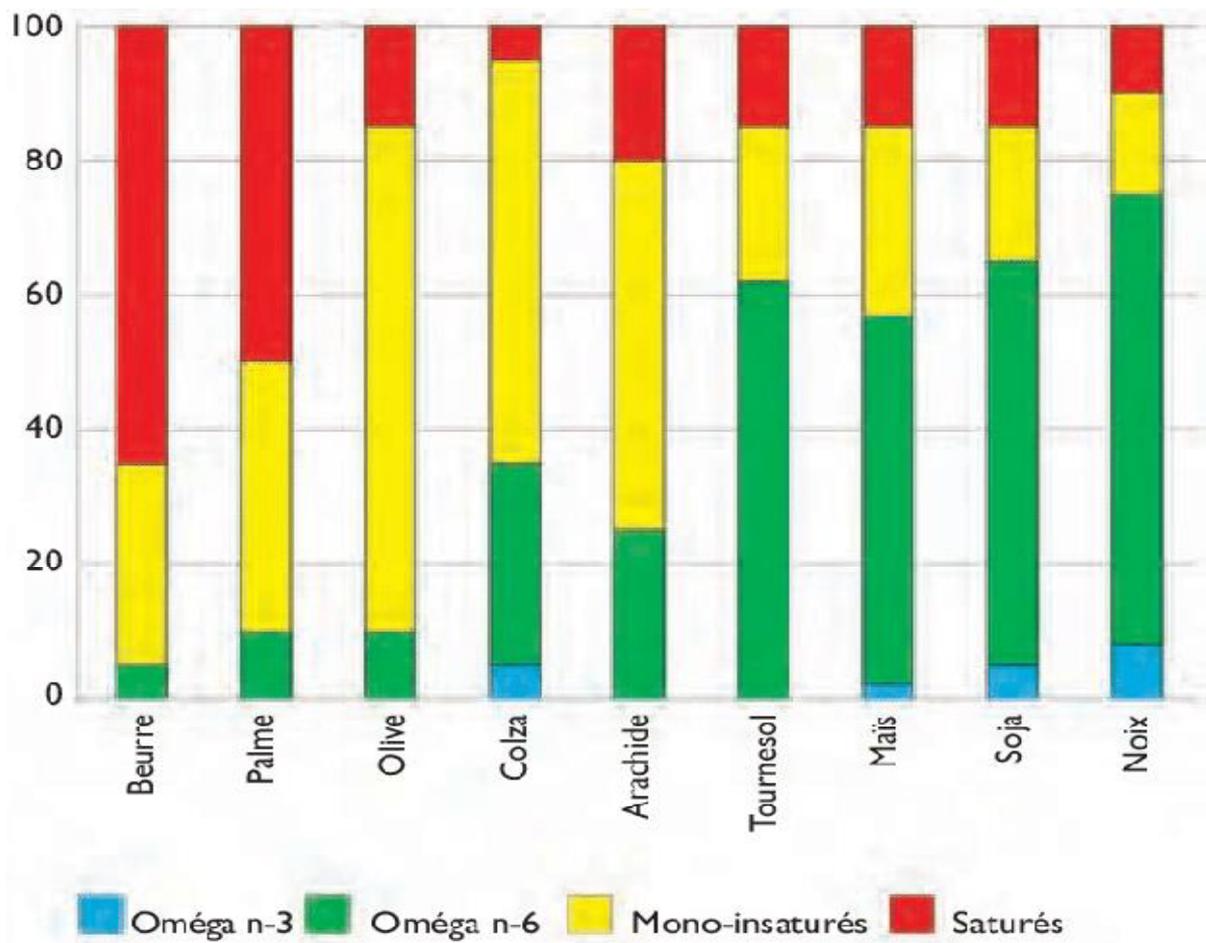
Figure 2 : Structure d'un triglycéride.

### I.2.1. Fraction saponifiable

La fraction saponifiable d'une huile végétale représente un pourcentage massique de 98 à 99 %. Elle contient des glycérides (les triglycérides et les glycérides partiels), des acides gras (saturés, mono-insaturés et poly-insaturés) et des phosphatidiques (**Denise, 1992**) (Figure 3).

### I.2.2. Fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable d'une huile végétale représente 1 à 2 % d'un lipide non raffiné. Elle comprend les constituants qui sont recueillis après saponification du corps gras par un hydroxyde alcalin (hydrolyse basique) et extraction à l'aide d'un solvant spécifique (**Karleskind, 1992**). Cette fraction contient des hydrocarbures (squalène), des stérols, des pigments colorés (chlorophylles et caroténoïdes), des tocophérols (vitamine E), des alcools terpéniques, des composés phénoliques, et des cires (**Karleskind, 1992**).



**Figure 3:** Représentation graphique de la composition en acides gras de quelques corps gras (Graille, 2003).

### I.3. Caractéristiques des huiles

#### I.3.1. Point de fusion

Le point de fusion d'une huile permet d'apprécier le degré de sa pureté (Emanuel *et al.*, 1967).

#### I.3.2. Densité

La densité est la masse de l'unité de volume exprimée en gramme à la température T. La densité des huiles végétales varie de 0.915 à 0.964 (Prabhashankar *et al.*, 1961).

#### I.3.3. Viscosité

La viscosité des acides gras et des triglycérides est liée à leurs structures, à la longueur de la chaîne et à leur saturation. Elle augmente avec le poids moléculaire et diminue avec l'augmentation de l'insaturation. La viscosité des huiles est relativement très élevée (Shtern *et al.*, 1981).

Le tableau I donne les caractéristiques de quelques huiles végétales.

**Tableau I:** Caractéristiques physiques de quelques huiles végétales (Lambert, 2005).

Huile	Point de fusion (°C)	Densité	Viscosité (cSt)
Tournesol	-15	0,94	66
Soja	-15	0,91	57-76
Colza	<2	0,91	98
Mais	-18 à -10	0,90	65-72

cSt : centistokes

#### I.4. Classification

Une huile végétale peut être classée selon plusieurs critères:

➤ **Selon la composition en acides gras :**

- Saturés
- Mono insaturés
- Poly-insaturés (Bernadette *et al.*, 2000).

➤ **Selon le type d'extraction**

- Huiles vierges : olive, noix, amande.
- Huiles raffinées : colza, tournesol, soja, maïs (Wolff, 1968).

➤ **Selon leur indice d'iode respectif**

- Huiles siccatives : Ces huiles donnent une mince pellicule élastique au séchage à l'air.
- Huiles semi-siccatives : Elles sont riches en acides gras insaturés.
- Huiles non siccatives : Elles ont la particularité d'être riches en acides gras saturés (Zovi, 2009).

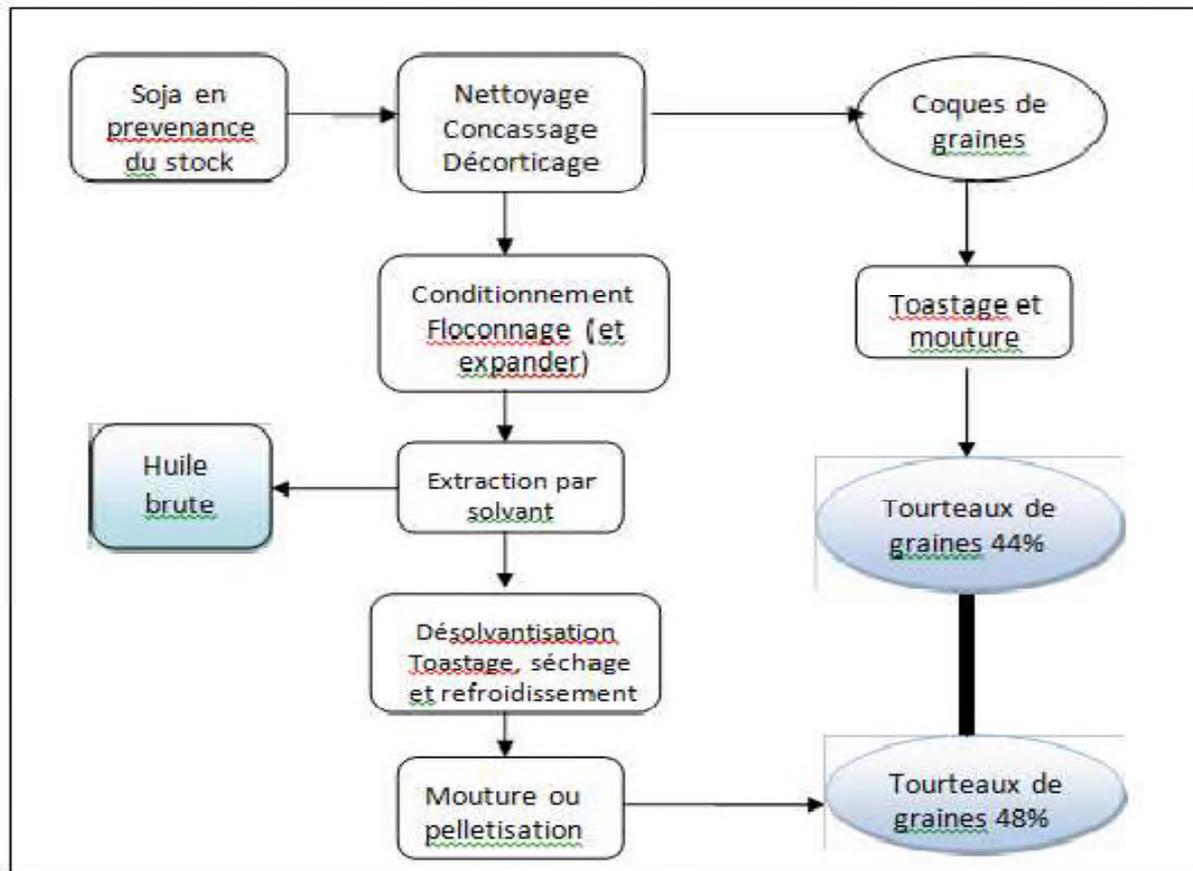
Les différentes classes d'huiles en fonction de leur indice d'iode sont représentées dans le tableau II.

**Tableau II:** Classement des huiles en fonction de l'indice d'iode (Zovi, 2009).

Types d'huile	Indice d'iode	Exemple d'huile
Siccative	150-170	Huile de lin
Semi-siccative	110-150	Huile de colza, soja et tournesol
Non-siccative	0-110	Huile de palme et de ricin

## I.5. Extraction des huiles

La production d'huiles brutes est réalisée par trituration incluant une étape de pressage mécanique des graines oléagineuses, éventuellement suivie par une extraction au solvant de l'huile résiduelle présente dans les tourteaux (**Constantin *et al.*, 2010**) (Figure 4).



**Figure 4 :** Étapes d'extraction des huiles à partir des graines oléagineuses (exemple les graines de soja) (**Mustapha et Stauffer, 2002**).

Les huiles brutes obtenues soit par pression ou par extraction avec un solvant, renferment encore environ 10 à 15% d'impuretés diverses principalement : des acides gras libres, des mucilages et des produits d'oxydation (**Cheftel, 1986**) qu'il faut éliminer pendant le procédé de raffinage.

## I.6. Raffinage des huiles

### I.6.1. Définition

Les huiles peuvent avoir une destination alimentaire ou industrielle. Dans les deux cas, elles doivent être soumises à une série d'opérations dite raffinage. Le raffinage constitue une

étape clé de la technologie de production des huiles et des corps gras, afin de répondre de mieux en mieux aux exigences des consommateurs tant sur le plan de la nutrition que sur le plan de la sécurité sanitaire (Evard, 2003; Resignol *et al.*, 2003) (Figure 5).

## **I.6.2. Différentes étapes du raffinage**

### **I.6.2.1. Démucilagination**

La démucilagination ou le dégomme est la première étape du raffinage. Elle permet l'élimination des phospholipides présents dans l'huile brute. Les phospholipides sont des substances naturelles provenant des graines végétales, qu'il est important d'enlever totalement de l'huile pour qu'elle reste limpide (Xavier, 2012).

Pour se faire, de l'eau acidulée est ajoutée à l'huile brute provoquant la précipitation des phospholipides avec formation de mucilages qui se trouvent en faible quantité (1%). Ensuite, ces mucilages sont éliminés par centrifugation (Cossut *et al.*, 2001).

### **I.6.3.2. Neutralisation**

L'étape de neutralisation vise à éliminer essentiellement les acides gras libres responsables de l'acidification et de l'oxydation des huiles. Elle permet également d'éliminer les autres impuretés telles que les phosphatides qui sont piégées lors de la démucilagination, les colorants et l'excès d'acide phosphorique ajouté lors de la démucilagination, ainsi que les métaux (Xavier, 2012).

Le principe de la neutralisation consiste à ajouter à l'huile neutralisée et chauffée entre 80 à 90°C de la soude afin d'éliminer les acides gras libres sous forme de savon appelés « les pâtes de neutralisation » ou « soaps stocks ». Ces derniers sont séparés de l'huile par centrifugation, mais avec une perte significative d'huile (Xavier, 2012).

### **I.6.3.3. Lavage**

Le lavage de l'huile a pour but d'éliminer les résidus alcalins (savon et soude en excès), ainsi que les dernières traces d'impuretés. Pour bien mener cette opération, le lavage s'effectue en deux phases :

- une première phase avec une solution de NaCl (8 à 10%);
- une seconde phase avec de l'eau chaude (90°C) (Denise, 1992).

### **I.6.3.4. Séchage**

Cette étape consiste à déshydrater l'huile lavée sous vide à une température comprise entre 105 et 110°C afin d'éviter le colmatage des filtres (surtout en présence de savon) et l'inhibition de la terre décolorante (Denise, 1992).

### I.6.3.5. Décoloration

La décoloration a pour but d'éliminer les pigments (chlorophylle et caroténoïdes) par leur adsorption sur la terre décolorante. Cette étape se réalise sous vide à une température entre 95 et 110°C avec une agitation intense pendant 30 minutes. La terre ainsi chargée en pigments est alors séparée de l'huile par filtration. Cette étape permet également l'élimination parfaite des traces de savon et de métaux (Xavier, 2012).

### I.6.3.6. Désodorisation

Cette étape constitue en général l'étape finale de raffinage. Elle ne fait pas intervenir d'auxiliaire technologique et se procède par simple injection de vapeur d'eau dans l'huile chauffée à haute température (180/240°C) et sous un vide très poussé (Denise, 1992). Par entraînement à la vapeur d'eau, les composés volatils (aldéhydes, cétones,...), responsables des saveurs de l'huile sont éliminés, ainsi que les résidus de pesticides et de mycotoxines éventuellement présents. Au terme de cette étape, l'huile présente un goût neutre ; elle est par la suite conditionnée sous azote afin de la protéger contre l'oxydation (Xavier, 2012).

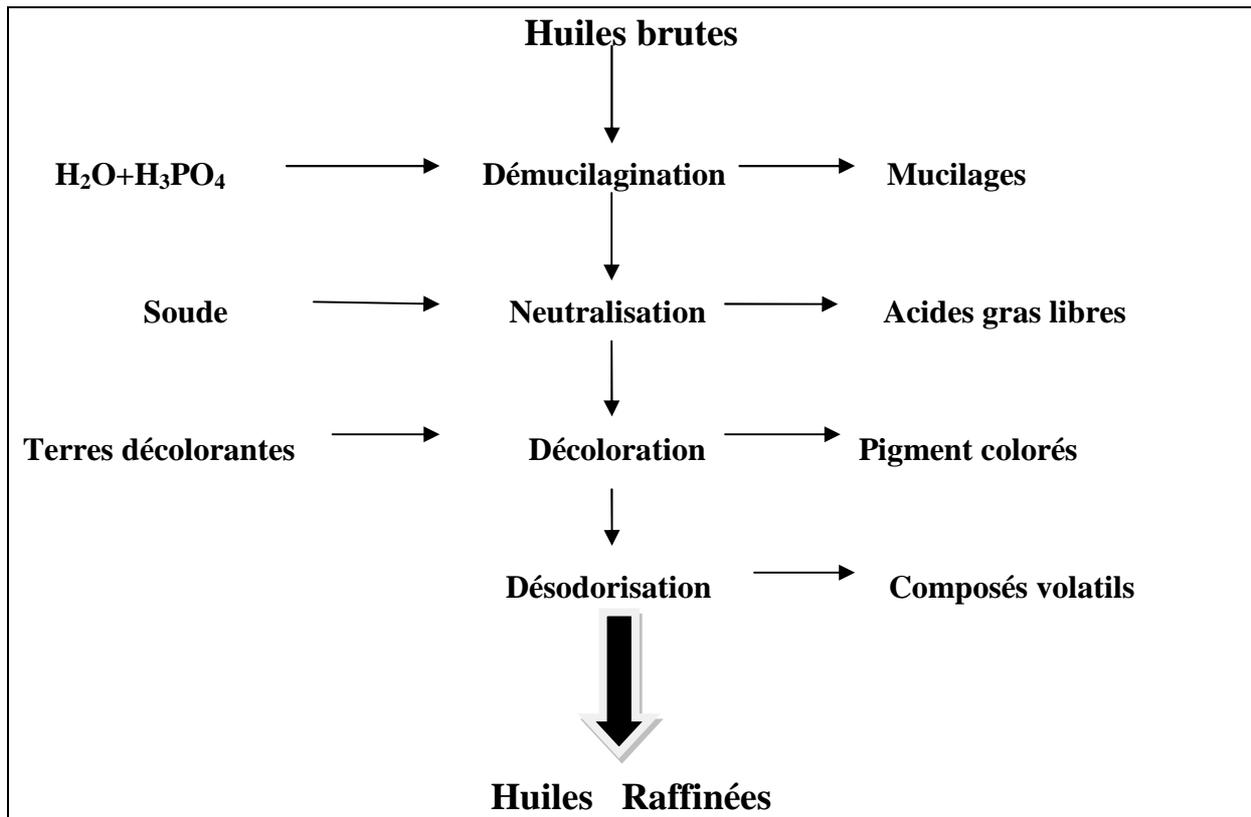


Figure 5 : Les étapes de raffinage des huiles végétales.

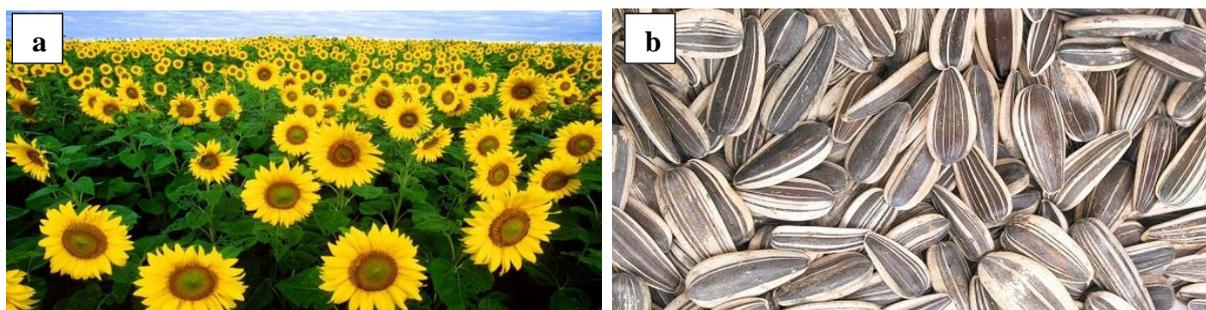
## Partie II : Étude de quelques huiles végétales

### II.1. Huile de tournesol

#### II.1.1. Définition

Le tournesol est une plante oléagineuse annuelle dont le nom scientifique est *Helianthus annuus* Linnaeus et appartenant à la famille des Astéracées. Son nom provient des mots grecs Hélios et Anthos qui signifient respectivement « soleil » et « fleur ». Le tournesol est en quelque sorte la « fleur du soleil » (**Evon, 2008**). Cette appellation provient de sa tendance à se tourner vers le soleil pendant la journée. Cette plante peut atteindre 4 m de hauteur. Sa période de récolte est du début de Septembre au début d'Octobre (**Pistor, 2013**) (Figure 6).

Le tournesol est originaire d'Amérique du nord. Parmi les principaux pays producteurs de cette plante l'Argentine, la France, l'Inde et la Chine (**Merrien, 1992**).



**Figure 6:** Photographies du tournesol (**a** : Plante, **b**: Graines) .

#### II.1.2. Composition

L'huile de tournesol se compose essentiellement de triglycérides (98-99%) (**Kartika, 2005**) dont les teneurs en acides gras varient selon le climat, et d'une faible proportion de substances diverses regroupées sous le terme de fraction insaponifiable (cires, tocophérols, stérols) (**Karlesking, 1992**). Par ailleurs, il existe deux variétés d'huile de tournesol: l'huile «classique » (essentiellement composée d'omega-6) (**Kirk-Othmer, 1992**) et l'huile dite « oléique » riche en oméga 9 (**Karleskind 1996**). Ainsi, l'huile de tournesol est riche en acide linoléique (60%), comprend 22% d'acide oléique et 14% d'acides gras saturés (**Karleskind 1996**) (Tableau III).

**Tableau III** : Composition de l'huile de tournesol en acide gras (**Karleskind 1996**).

Acide gras	Teneur totale(%)
Acide palmitique (C 16 :0)	5-7
Acide palmitoléique (C 16 :1)	≤0,4
Acide heptadécanoïque (C17 :0)	≤0,1
Acide stéarique(C 18 :0)	4-6
Acide oléique (C18 :1)	15-25
Acide linoléique(C18 :2)	62-70
Acide linoléique(C18 :3)	≤0,2
Acide arachidique(C20 :0)	<1
Acide éicosénoïque(C20 :1)	<0,5

### II.1.3. Propriétés

L'huile de tournesol présente une couleur claire, un bon goût et une bonne odeur. Pour cette raison, elle est utilisée surtout en cuisine (les salades, la mayonnaise,...) et pour fabriquer de la margarine, parfois pure, mais le plus souvent en mélange avec d'autres huiles végétales (**Vander Vossen et al., 2007**). Elle constitue un fluide de transfert de chaleur, ce qui la rend excellente pour la friture. Pendant la friture, il est conseillé de ne pas trop chauffer (ne pas dépasser 180°C) car cette huile est pauvre en acides gras saturés et riche en acides gras poly-insaturés sensibles à la peroxydation (**Dupin, 1992**).

L'huile de tournesol apporte de l'énergie et des nutriments tels que l'acide linoléique qui doit obligatoirement être fourni par l'alimentation, car le métabolisme humain est incapable de le synthétiser. Pour cette raison, il est dit « essentiel » (**Pagés, 2008**). L'acide linoléique exerce une action sur la peau, les muqueuses, et les systèmes endocrinien et nerveux. Son activité est surtout remarquable en cas d'hypercholestérolémie et d'athérosclérose, et de manière générale dans toutes les maladies cardiovasculaires (**Cossut, 2002**).

Cette huile contient également des vitamines liposolubles qui présentent des propriétés anti-oxydantes responsables de la stabilité oxydative de l'huile (**Roche, 2005**).

## II.2. Huile de Soja

### II.2.1. Définition

Le soja, *Glycine max* (L, Merr), est une plante grimpante de la famille des fabacées, proche du haricot et largement cultivée pour ses graines oléagineuses (**Mohtadji-Lamballais, 1989**). Cette plante est annuelle, herbacée, dressée et peut atteindre une hauteur de 1,5 m (**Rasolohery, 2007**). Ses fleurs, blanches ou violettes, se transforment plus tard en gousses longues de 3 à 4 cm. Dans chaque gousse, il y a deux à quatre graines. La récolte de soja se fait de Septembre à Octobre (**Pistor, 2013**) (Figure 7).

Le soja est originaire de la Chine. Les principaux pays producteurs de cette plante sont les États-Unis, le Brésil et l'Argentine (**Karlesking, 1992**).



Figure 7 : Photographies du soja (a : Plante, b : Gousse verte, c : Graines).

### II.2.2. Composition

La graine de soja est constituée de protéines, de cellulose et d'une teneur de 17% environ en huile (**Karlesking, 1992**).

Comme toute huile végétale, l'huile de soja est exempte de tout cholestérol. Elle est très pauvre en acides gras saturés, c'est une huile très poly-insaturée (**Debruyne, 2001**). Elle est riche en acide linoléique (50%) et en acide oléique (24%), et contient 15% d'acides gras saturés (Tableau IV). La présence de 7% d'acide linoléique la rend très sensible à la chaleur. De ce fait, elle est utilisée uniquement pour les assaisonnements (**Mohtadji-Lamballais, 1989**). Ces acides gras sont très sensibles à l'oxydation, il conviendrait donc d'éviter au maximum le contact de l'huile avec l'oxygène de l'air (**Pouzet, 1992**).

**Tableau IV** : Composition en acides gras de l'huile de soja (Pouzet, 1992).

Acide gras			Teneur (%massique)	Teneur moyenne (%massique)
Saturés	Laurique	C 12	Trace	0.1
	Myristique	C 14	<0.5	0.2
	Palmitique	C 16	7 à 12	10.7
	Stéarique	C 18	2 à 5.5	3.9
	Arachidique	C 20	1.0	0.2
	Béhénique	C 22	0.5	Trace
	Total		10 à19	15.0
Insaturés	Pamitoléique	C 16 :1	<0.5	0.3
	Oléique	C 18 :1	20 à 25	22.8
	Linoléique	C 18 :2	35 à60	50.8
	Linoléinique	C 18 :3	2 à 13	6.8
	Eicosénoïque	C 20 :1	1.0	Trace
	Total		81 à90	85.0

### II.2.3. Propriétés

L'huile de soja présente une valeur très appréciable dans l'alimentation humaine car elle offre la plus grande teneur en acides gras poly-insaturés. Sa teneur élevée en acide linoléique lui donne une valeur nutritive supérieure à celle des autres huiles végétales (Asiedu, 1991) (Tableau V).

Cette huile contient aussi la lécithine qui a une action hypocholestérolémiante. 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 pas la tolérer (Cossut *et al.*, 2002).

**Tableau V:** Valeur nutritionnelle du soja (composition moyenne en g/100g) (**Vierling, 2008**).

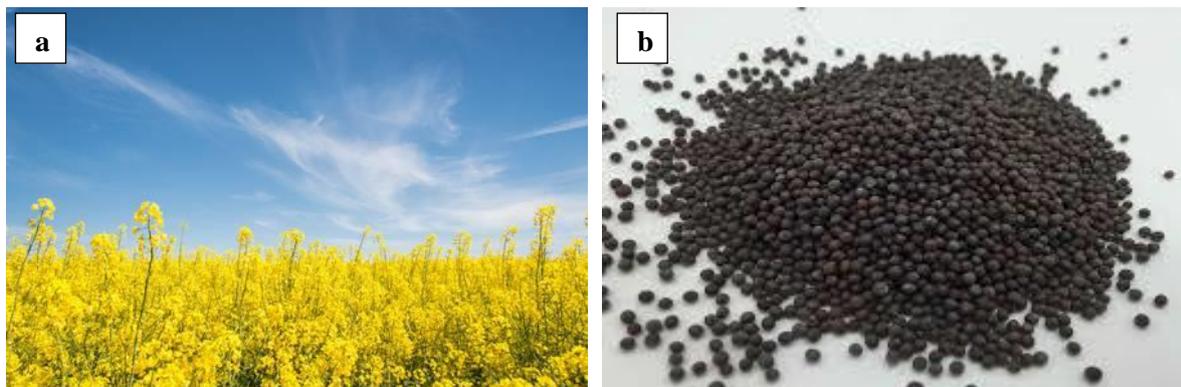
Eau	Protéines	Lipides	Glucides assimilables	Amidon	Minéraux
8,5	36,9	18 à 23	12,3	12	2,93

### II.3. Huile de colza

#### II.3.1. Définition

L'huile de colza est une huile non desséchante obtenue à partir des graines de colza. Le colza *Brassica napus* L. est une plante annuelle et herbacée qui atteint une hauteur de 70 à 170 cm. Cette huile est issue du canola, variété de colza reconnaissable à sa couleur jaune vive et ses petites graines noires riches en lipides (Figure 8). Il existe deux variétés différentes de colza : le colza d'été et le colza d'hiver. Sa période de récolte est au mois de Juillet (**Pistor, 2013**).

Cette plante originaire de la Chine, est largement cultivée en Europe, au Canada et en Inde (**Karlesking, 1992**).



**Figure 8:** Photographies du colza (**a** : plante, **b** : graines).

#### II.3.2. Composition

La graine de colza est constituée de 43% d'huile. Cette dernière est constituée de triglycérides qui contiennent des acides gras mono-insaturés à longue chaîne (20 :1) (22 :1) (en position 1 et 3), ainsi que d'autres acides gras insaturés et des acides gras saturés (Tableau VI). Cette huile contient également des vitamines (E et K), ainsi que d'autres constituants comme les triterpènes et les stérols (**Karkesking, 1992**).

**Tableau VI** : Composition de l'huile de colza en acide gras (**Karkesking, 1992**).

Acide gras	Teneur total (%)
Acide palmitique (C 16 :0)	3-4
Acide stéarique (C 18 :0)	1-2
Acide oléique (C 18 :1)	9-16
Acide linoléique(C 18 :2)	11-16
Acide linoléinique (C 18 :3)	7-12
Acide arachidique (C 20 :0)	—
Acide eicosénoïque (C 20 :1)	7-13
Acide érucique (C 22 :1)	41-52

### II.3.3. Propriété

L'huile de colza est composée à plus de 60 % d'acides gras mono-insaturés. Elle est surtout très riche en oméga 3 (particulièrement en acide alpha-linolénique), ainsi qu'en vitamine E, ce qui lui confère des propriétés nourrissantes et antioxydants (**Chales et al., 1997**).

Cette huile aide à la constitution des membranes des cellules, diminution du taux de cholestérol et de triglycérides, stimulation de l'activité cérébrale, et la protection des parois Artérielles (**Chales et al., 1997**).

## II.4. Huile de Palme

### II.4.1. Définition

L'huile de palme est une huile végétale extraite par pression à chaud de la pulpe des fruits du palmier à huile (**Lecerf, 2011**). Ce dernier mesure 20 à 25 m de haut, mais dans les palmeraies de culture, les élaeis ne dépassent pas 15 mètres. Son « faux-tronc » est le stipe caractéristique des palmiers, il est cylindrique, vertical, non ramifié et de diamètre constant. Les feuilles, pennées, mesurent de 5 à 7 m de long, à pétiole très robuste et épineux (**Jacquemard, 2012**) (Figure 9).

Le palmier à huile est originaire des pays d'Afrique tropicale (Bénin, cote d'ivoire, Nigéria,...). Les principaux pays producteurs de cette plante sont l'Indonésie et la Malaisie (**Guignard et al., 2007**).



**Figure 9:** Photographie de la feuille, des fruits du palme à huile, et de son huile.

#### II.4.2. Composition

Comme toute huile végétale, les huiles de palme brute et raffinée contiennent quasiment 100% de lipides sous forme de triglycérides. Les acides gras qui composent ces triglycérides sont pour 50% des acides gras saturés. Parmi les acides gras saturés, l'acide palmitique est majoritaire. En ce qui concerne les acides gras insaturés, ils sont tous de configuration *cis* et sont dominés par l'acide oléique. Il y a une faible part d'acides gras essentiels (acides  $\alpha$ -linoléique et linoléique). Les deux acides gras majoritaires de l'huile de palme sont donc l'acide palmitique et l'acide oléique (**Lecerf, 2011**) (Tableau VII).

**Tableau VII :** Composition en acides gras de l'huile de palme (**Lecerf, 2011**).

Acides gras		Pourcentage (%)
Saturés	Acide palmitique	44%
	Acide stéarique	4,5%
	Acide myristique	1%
Mono-insaturés	Acide oléique	38%
Poly-insaturés	Acide linoléique	10%
	Acide linoléique	0,5%

**II.4.3. Propriétés**

L'huile de palme est une excellente source de nutriments qui se présente sous forme de triglycérides. Elle contient de la vitamine K, de la vitamine E, et des quantités élevées de bêta-carotène et d'acides gras sains (**Samaban-Thamurthi *et al.*, 2000**).

Cette huile est hautement recommandée aux personnes souffrant de problèmes digestifs qui doivent suivre une alimentation saine. L'huile de palme présente un apport calorifique important et constitue une grande ressource revigorante (**Edem, 2002 ; Ong *et al.*, 2002**).

## Chapitre III : Procédé de friture

### III.1. Définition

La friture est un procédé de cuisson dont l'huile est utilisée comme un vecteur de chaleur pour cuire les aliments. Il agit à des températures supérieures au point d'ébullition entre 155 et 190 °C (Saguy *et al.*, 2003). La friture permet une évaporation de l'eau à la surface des aliments, ce qui entraîne sa déshydratation et la formation d'une croûte (Gonde *et al.*, 2012).

### III.2. Opération de friture

La friture est une opération intégrée et multifonctionnelle qui permet en une seule étape de déshydrater, cuire, texturer, imprégner et développer des saveurs (Bohuon *et al.*, 2006).

C'est un procédé rapide de transfert simultané de chaleur et de matière. La friture reste une opération complexe à cause du transfert de matière dans deux directions opposées au sein du matériau. Pour les produits à base d'amidon, de l'eau et quelques solutés s'échappent du produit et l'huile entre dans l'aliment (Figure 10). Parfois, même de la matière grasse peut s'échapper du produit vers le bain d'huile. C'est le cas des matériaux présentant un taux de matière grasse significatif tels que la viande ou le poisson (Oroszvari *et al.*, 2005).

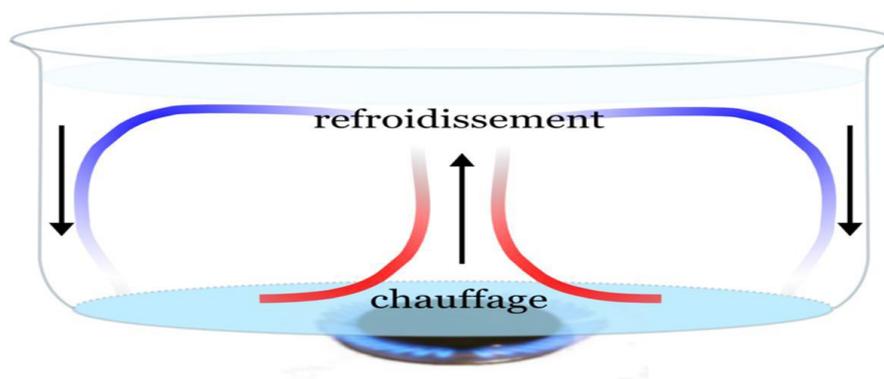


Figure 10 : Schéma représentant de l'opération de friture.

La qualité finale du produit frit résulte du couplage particulier entre les transferts d'énergie, de matière, et des transformations localisées à l'échelle macroscopique (épaisseur de la matrice alimentaire), microscopique (structure et microstructure), ou moléculaire (constituants) (Bohuon *et al.*, 2006).

### III.3. Différents modes de friture

**Pambou-Tobi (2015)** a noté qu'il existe deux types de friture, lesquels se différencient par le rapport entre la surface du bain et le volume d'huile :

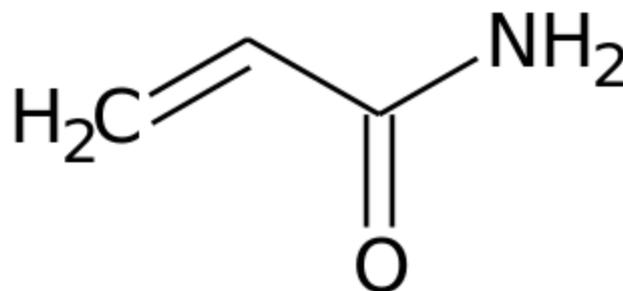
- La friture plate : ce type de friture consiste à mettre en contact une partie de la surface de la matrice alimentaire avec une faible quantité de matière grasse. La friture plate (à usage ménager) se réalise à la poêle et utilise des corps gras variés (beurre, margarine, ou diverses huiles). Le corps gras dans ce cas est recommandé à usage unique.
- La friture profonde : ce type de friture consiste à l'immersion totale de la matrice alimentaire dans un bain de matière grasse pendant un temps variable mais limité. Le corps gras dans ce type de friture peut être utilisé plusieurs fois.

### III.4. Facteurs influençant l'opération de friture

L'opération de friture est influencée par plusieurs facteurs qui contribuent de façon importante aux changements des propriétés physico-chimiques des huiles au cours des fritures (**Belitz et al., 2004 ; Dobagarnes et al., 2000**). Parmi ces facteurs : la température, le rapport quantité huile/matière, la qualité de l'huile utilisée et la taille des aliments.

#### III.4.1. Température

La température a un impact sur la teneur en gras des aliments frits. Il est ainsi recommandé d'avoir une température de friture située entre 155° et 180°C car au-delà de 180°C, il y aura une augmentation de l'absorption de l'huile par les aliments et la formation d'acrylamide, une molécule cancérigène (**Swisspatat, 2011**) (Figure 11). En revanche, une température trop basse (inférieur à 155°C) augmente la durée de la friture et donc l'absorption de l'huile par les aliments (**Saguy et al., 1995**).



**Figure 11** : Structure chimique de l'acrylamide.

### III.4.2. Durée de la friture

En général, la durée de la friture est fortement liée à la température et au rapport de masse produit/huile. Cette durée peut s'avérer courte (quelques minutes) lorsque la température employée est élevée (150-200°C) et serait responsables de la préservation de certains constituants nutritionnels. Lorsque la température est basse, la durée devient plus longue, ce qui conduirait notamment aux problèmes d'absorption d'huile. Un temps plus long conduit également à une production plus intense d'acides gras libres et de composés polaires tels que les diacylglycérols et les triacylglycérol oxydés (**Pambou-Tobi, 2015**).

### III.4.3. Rapport quantité d'huile/matière

Les deux paramètres cités précédemment dépendent largement du rapport quantité d'huile/matière. Lorsque l'on plonge une grande quantité d'aliment (à haute teneur en humidité) dans de l'huile chaude, celle-ci chute rapidement en température, ce qui entraîne un temps de cuisson plus long. Il est ainsi recommandé d'évaluer la quantité d'aliment nécessaire par rapport à la taille de la friteuse et son niveau d'huile (**Pambou-Tobi, 2015**). **Rossel (2001)** a mentionné que pour les frites, ce rapport doit être maintenu inférieur à un poids de frite pour six poids d'huile.

### III.4.4. Type de l'huile

De nombreuses études ont mentionné que la nature et la composition en acides gras de l'huile utilisée en friture profonde est l'un des facteurs importants influençant le phénomène d'absorption d'huile. Plusieurs travaux ont montré que les huiles doivent être composées d'un pourcentage faible en acides gras poly-insaturés (tels que les acides linoléique ou linoléique), élevé en acides gras mono-insaturés (acide oléique) et modéré en acides gras saturés. La composition en acides gras influe sur la saveur des aliments frits, sa stabilité et sur l'absorption de l'huile (**Pambou-Tobi, 2015**).

### III.4.5. Taille et forme des aliments

Plus les aliments frits sont fins, plus ils seront gras. L'absorption de l'huile de friture dépend beaucoup du format de coupe des aliments: plus le rapport surface/poids est élevé, plus la teneur en gras est forte (**Rossel, 2001; Ziaifar, 2008**).

### III.5. Principes physiques de l'opération de friture

#### III.5.1. Évaporation d'eau

La quantité d'huile absorbée augmente en fonction de la quantité d'humidité perdue au cours de la friture, puisque l'huile va occuper en partie l'espace laissée par l'évaporation d'eau (**Bouchon, 2009; Rossell, 2001**).

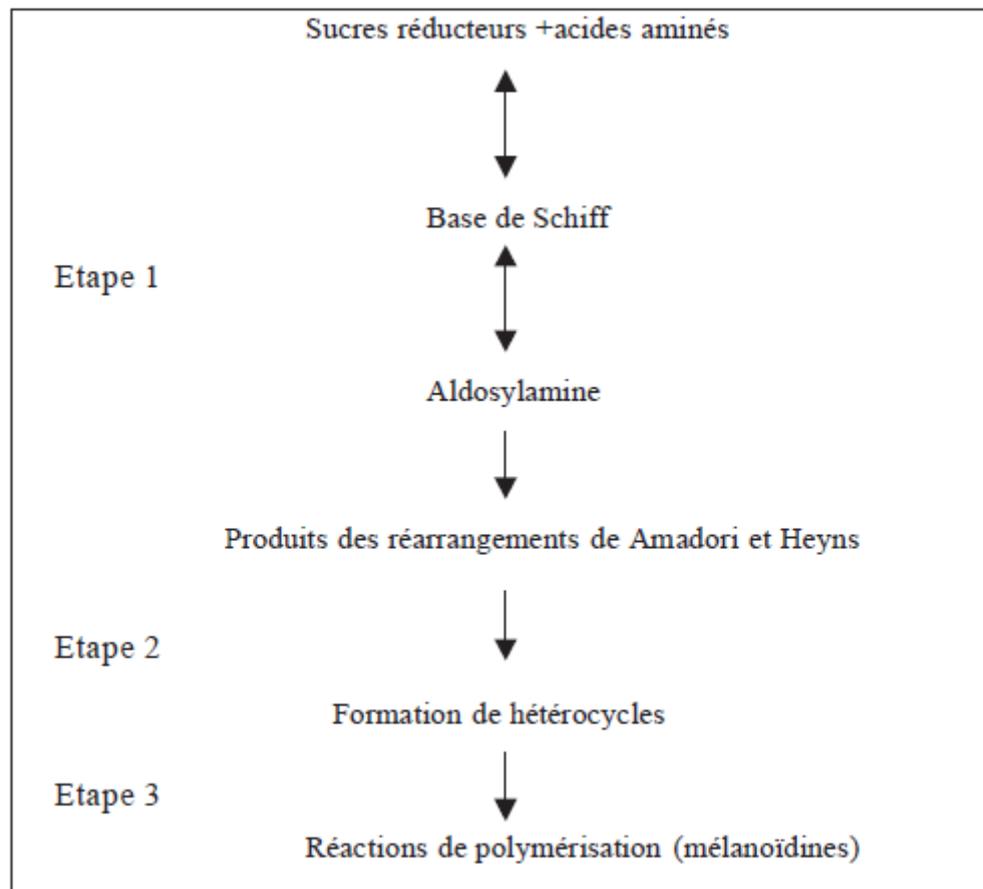
#### III.5.2. Modification de la texture

Pour le consommateur, la texture serait l'un des premiers critères sensoriels d'évaluation de la qualité. Dans la friture profonde, des travaux ont montré que les vitesses élevées de transfert de chaleur, qui ont lieu dans le processus, sont largement responsables des propriétés sensorielles recherchées par les consommateurs dans les produits frits (friabilité ou croustillance). La texture semble aussi fortement influencée par la teneur élevée en amidon contenu dans l'aliment, lequel se gélatinise au cours du chauffage (**Pambou-Tobi, 2015**).

La cuisson modifie la texture et la porosité de la pomme de terre. Plus la pomme de terre est poreuse, plus elle absorbe de l'huile (**Ziaifar, 2008**).

#### III.5.3. Modification de la couleur (réaction de Maillard)

La modification de la couleur des aliments est due à une série de réactions complexes appelées réaction de Maillard, ou brunissement non enzymatique. Elle se manifeste par des réactions entre les sucres réducteurs et les protéines, acides aminés et des amides. Cette réaction a une importance énorme dans la chimie des aliments. Elle est la responsable principale de la production des odeurs, des arômes et des pigments caractéristiques des aliments cuits. Mais elle peut aussi donner naissance à des composés cancérigènes et également réduire la valeur nutritionnelle des aliments en dégradant des acides aminés essentiels. La réaction de Maillard est subdivisée en trois étapes principales (Figure 12) (**Machiels et Istasse, 2002**).



**Figure 12:** Principales étapes de la réaction de Maillard (Machiels et Istasse, 2002).

#### III.5.4. Vieillessement de l'huile

Plus l'huile vieillit, moins elle est fluide et plus les aliments en seront imbibés. Les signes qui montrent qu'il est temps de changer l'huile de friture sont:

- l'huile fume et mousse quand vous y trempez les aliments ;
- l'huile est de couleur sombre (Rossell, 2001).

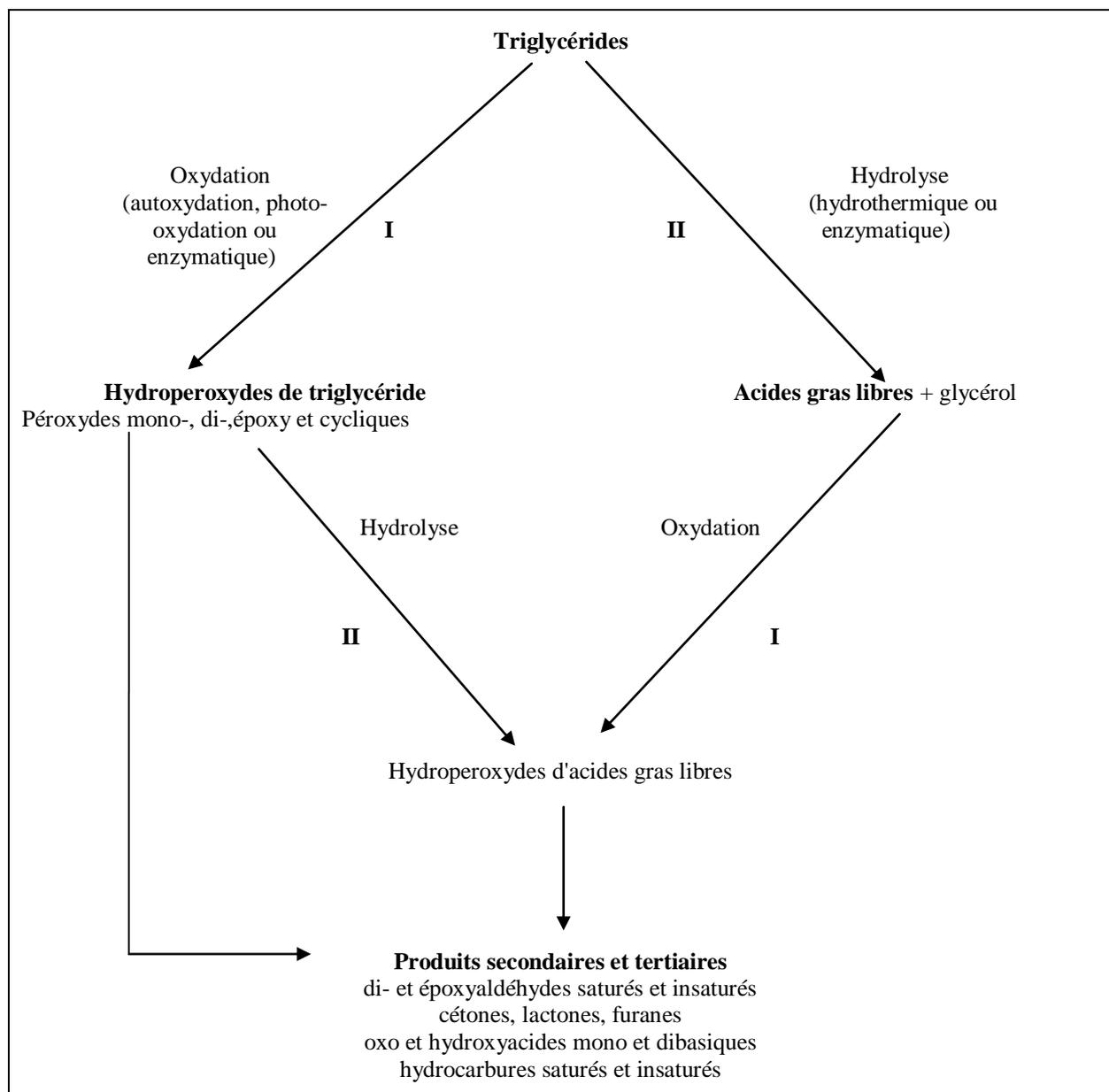
#### III.5.5. Traitements post-friture (refroidissement)

L'absorption de la majorité d'huile se produit au moment du refroidissement (20 premières secondes) lorsque la température se situe encore au-dessus de la température d'ébullition de l'eau (~100°C) (Ziaifar, 2008). Il a été démontré que la plupart de l'huile absorbée se trouve en surface (Bouchon, 2009). L'égouttage rapide et mécanique (secousses) de l'huile autour de l'aliment à la sortie du bain joue certainement un rôle important sur la teneur finale en gras puisqu'elle réduit la quantité d'huile qui pourrait être absorbée au cours du refroidissement (Bouchon, 2009; Ziaifar, 2008).

### III.6. Altération des huiles de friture

En présence d'eau, d'oxygène et des températures élevées (160-180°C), l'huile subit un grand nombre de réactions chimiques complexes (**Vitrac *et al.*, 2003**) qui peuvent être classées en trois grandes familles: l'oxydation, la polymérisation et l'hydrolyse (**Dobergan, 1998**) (Figure 13).

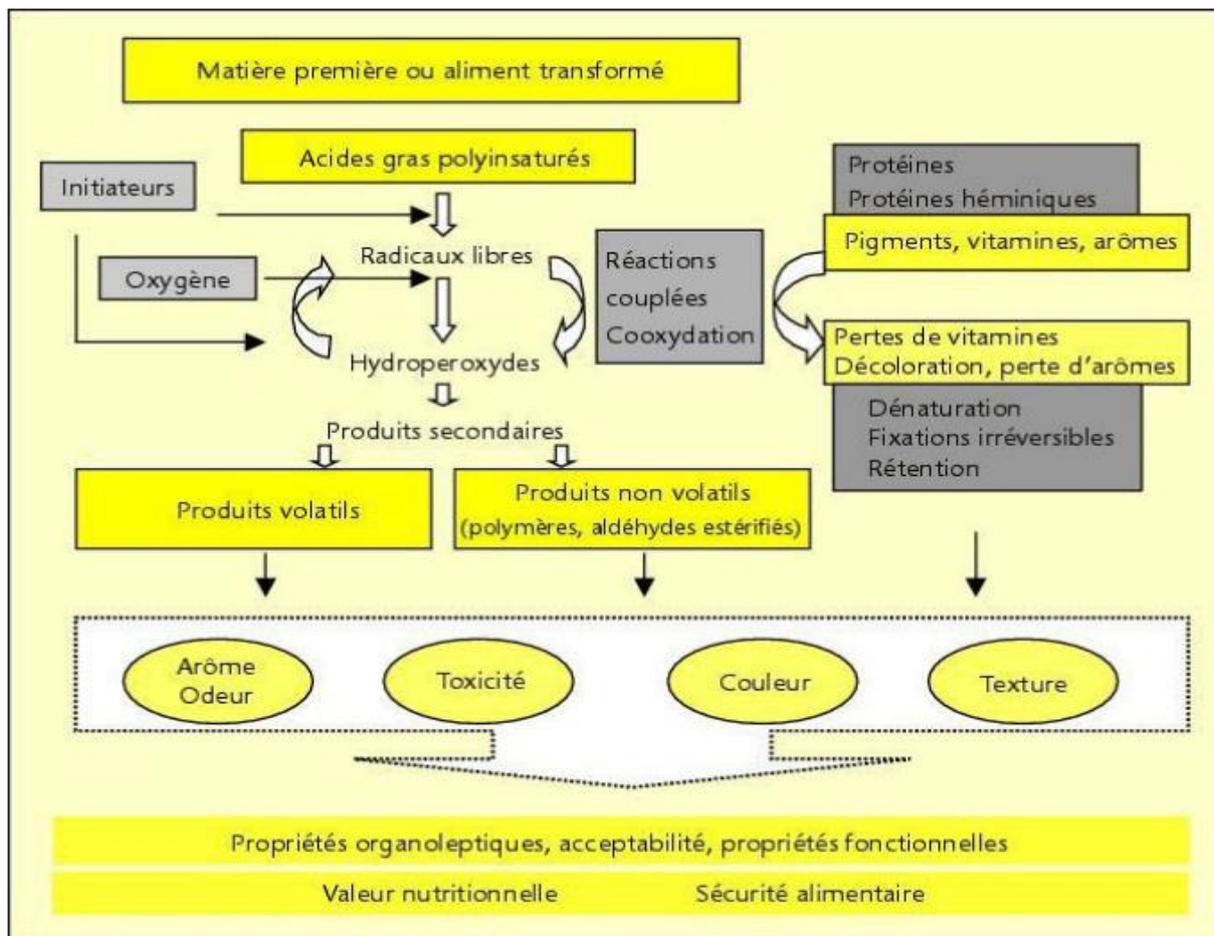
En effet, lors de la friture des aliments, les acides gras présents dans l'huile subissent une dégradation très importante sous l'effet de la chaleur et mènera à la formation de produits nocifs pour la santé tels que les radicaux libres et les aldéhydes (**Gornay, 2006**).



**Figure 13** : Différentes réactions de dégradation des huiles végétales (**Belitz *et al.*, 2004 ; Dobagarnes *et al.*, 2000**).

### III.6.1. Réactions d'oxydation

Les principaux problèmes posés par l'oxydation des lipides résident dans la dégradation des propriétés biochimique, organoleptique et nutritionnelle de l'aliment. L'oxydation par l'oxygène de l'air provoque l'apparition d'arômes et des changements de couleurs, souvent désagréables dans les huiles de friture ou dans les produits frits (**Melton et al., 1994**). Elle favorise également l'apparition des composés peroxydes et des polymères qui sont des molécules cancérogènes (**Belitz et al., 2004**) (Figure 14). L'oxydation se déroule en trois étapes principales : l'initiation, la propagation et la terminaison (**Cheftel et Cheftel, 1977**).



**Figure 14** : Mécanismes de l'oxydation des lipides et de ses conséquences sur la qualité des aliments (**Genot, 2000**).

Toutefois, il faut signaler que les huiles végétales contiennent naturellement des antioxydants qui protègent les huiles de ces réactions. Parmi ces antioxydants, les tocophérols qui constituent la classe des vitamines E qui ont un pouvoir antioxydant grâce à leur capacité d'inhiber les peroxydations lipidiques (**Gornay, 2006**).

### III.6.2. Réaction d'hydrolyse

L'hydrolyse est une réaction chimique dans laquelle une liaison covalente est rompue par l'action d'une molécule d'eau (**DGCERF, 2012**). Les réactions d'hydrolyse sont de loin les plus nombreuses dans les conditions normales de friture. Elles conduisent à la formation, au contact de la vapeur d'eau, d'acides gras libres, de mono glycérides, des di-glycérides et du glycérol. Ces composés sont alors très sensibles aux autres réactions et leurs produits seront responsables des principaux défauts de goût ou d'odeur (**Gornay, 2006**).

### III.6.3. Réaction de polymérisation

Ces réactions produisent des réarrangements inter et intra moléculaire qui sensibilisent l'huile de friture 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 et sur les parois (**DGCERF, 2012**).

### III.7. Aliments frits et santé

Les aliments frits regorgent de graisses nocives pour la santé cardiovasculaire (acides gras saturés): les lipides provenant d'huiles transformées sont néfastes pour l'organisme et dégradent les cellules des vaisseaux sanguins (**Vulgaris médical, 2017**).

De même, le poisson perd ses propriétés cardio-protectrices quand il est frit, et augmente au contraire le risque de maladies cardiovasculaires (**Vulgaris médical, 2017**).

Le poulet, les chips de tortilla sont des aliments ultra-transformés contenant beaucoup de sel et d'additifs alimentaires . Les aliments voient leur densité nutritionnelle changer au cours de la cuisson : l'eau qu'ils contiennent est peu à peu remplacée par les matières grasses de la friture et une partie de leurs vitamines est détruite sous l'effet de la chaleur. (**Vulgaris médical, 2017**).

Une pomme de terre contenant beaucoup de sucre (glucose, fructose, etc.) présente des conditions idéales pour former de l'acrylamide provoque le cancer .Sa présence dans les aliments est une source de préoccupations selon l'Organisation mondiale de la santé des consommateurs (**Santé Canada, 2011**).

## Chapitre IV : Contrôle de qualité des huiles végétales

Le contrôle de qualité des huiles végétales a objectif de déterminer la qualité de l'huile brute et de suivre ses paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage pour avoir un produit fini conforme aux normes de qualité. Ce contrôle englobe la détermination des indices chimiques, des indices physiques, de la stabilité oxydative par le test de Rancimat et du pourcentage des acides gras contenue dans l'huile par la chromatographie en phase gazeuse (CPG).

### IV. Détermination des indices chimiques

#### IV.1.1. Détermination de l'acidité (ISO 3960,2007)

##### IV.1.1.1. Définition

L'acidité est le pourcentage d'acides gras libres (AGL) dans la matière grasse (huile), elle est exprimée en pourcentage d'acide oléique.

##### IV.1.1.2. Principe

La détermination de l'acidité repose sur la neutralisation des acides gras libres présents dans l'huile par une solution de soude en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine) selon la réaction suivante :



##### IV.1.1.3. Mode opératoire

Dans un erlenmeyer, 75 mL d'alcool éthylique neutralisé avec du NaOH(0,1N) et quelques gouttes de phénolphtaléine sont ajoutés à 10 g d'huile. Ce mélange est ensuite chauffé pendant une minute, puis titré avec une solution de NaOH (0,1 N) jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante.

Le taux d'acidité peut être déterminé selon la formule suivante :

$$A (\%) = (M \times N \times V) / (P \times 10)$$

**Avec,**

**A%** : Acidité d'huile(%)

**M** : Masse molaire d'acide oléique(282 g/mol)

**N** : Normalité du NaOH (0,1 N)

**V** : Volume du NaOH nécessaire pour la neutralisation (mL)

**P** : Poids de la prise d'essai en (g)

### IV.1.2. Détermination de l'indice de peroxyde (ISO 3960,2007)

#### IV.1.2.1. Définition

L'indice de peroxyde est la quantité d'oxygène actif, exprimé en milli équivalent, contenue dans un 1 kg de corps gras. Sa détermination nous renseigne sur le degré d'oxydation de l'huile.

#### IV.1.2.2. Principe

Le principe de la réaction consiste en un traitement d'une prise d'essai en solution dans l'acide acétique et le chloroforme par une solution d'iodure de potassium (KI). L'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium en présence d'amidon comme indicateur coloré selon la réaction suivante :



#### IV.1.2.3. Mode opératoire

12 mL de chloroforme, 18 mL d'acide acétique et 1 mL de la solution d'iodure de potassium (KI) (0,5 g/mL) sont ajoutés à 5 g d'huile. Le mélange est agité pendant une minute et laissé à l'abri de la lumière à une température comprise entre 15 et 25°C. Ensuite 75 mL d'eau distillée sont additionnées. En agitant vigoureusement et en présence de quelques gouttes d'amidon comme indicateur coloré, le mélange précédent est titré avec une solution de thiosulfate de sodium (0,01 N) jusqu'au virage bleu à l'incolore. Parallèlement, un essai à blanc a été effectué jusqu'à décoloration totale de la solution

La valeur de l'indice de peroxyde se calcule selon la formule suivante :

$$I_p \text{ (meq O}_2\text{/kg)} = [N \times (V_1 - V_0) \times 1000] / m$$

Avec,

**I<sub>p</sub>** : Indice de peroxyde (meq O<sub>2</sub>/kg)

**V<sub>0</sub>** : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai à blanc (mL)

**V<sub>1</sub>** : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'échantillon (mL)

**N** : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,01N)

**m** : Masse de la prise d'essai (g)

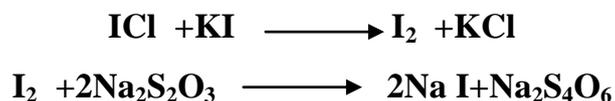
### IV.1.3. Détermination de l'indice d'iode (ISO 3961,2013)

#### IV.1.3.1. Définition

L'indice d'iode est le nombre, en gramme, d'iode fixé par 100 g de corps gras. Il nous renseigne sur le degré d'insaturations des chaînes carbonées des acides gras constitutifs du corps gras.

### IV.1.3.2. Principe

Le principe de l'analyse consiste à faire réagir une solution non-aqueuse de matière grasse avec un excès connu du réactif de Wijs à l'abri de la lumière. L'excès du réactif est ensuite titré par une solution standard de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  et la quantité d'iode fixée par le corps gras est déduite. Les réactions sont comme suit :



### IV.1.3.3. Mode opératoire

Dans un flacon, 0,2 g d'huile à analyser et 15 mL de tétrachlorure de carbone sont introduits. Après dissolution de l'huile, 25 mL du réactif de Wijs sont ajoutés dans l'erenmeyer. Ensuite, ce mélange est mis à l'obscurité pendant une heure. Une fois ce temps est coulé, 20 mL d'iodure de potassium (10%) avec 150 mL d'eau sont additionnés au mélange précédent. Enfin, la solution est agitée et titrée rapidement avec une solution de thiosulfate de sodium (0,1N) jusqu'à ce que la solution soit légèrement jaunâtre. Puis quelques gouttes d'amidon sont additionnées et le titrage est continué jusqu'au virage du bleu à l'incolore. Un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions expérimentales.

La valeur de l'indice d'iode se calcule comme suit :

$$I_i = N(V_0 - V_1) \times 12,69/P$$

Avec,

$I_i$  : Indice d'iode (g/100g)

$V_0$ : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc (mL)

$V_1$  : Volume de thiosulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utilisé pour l'échantillon (mL)

$N$  : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,1N)

$P$  : Poids de la prise d'essai (g)

$12,69$  : Equivalent gramme d'iode ( $\text{I}_2$ )

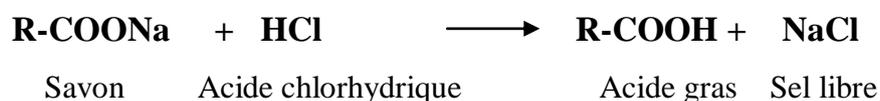
### IV.1.4. Détermination des traces de savon (AOCS, 1989)

#### IV.1.4.1. Définition

Les traces de savon représentent la teneur en oléate de sodium contenue dans l'huile. Elle est exprimée en partie par million (ppm) et elle est déterminée pour apprécier l'efficacité des séparateurs. Ces derniers ont pour rôle de séparer l'huile contenue dans les vapeurs sortant du compresseur et de la rediriger vers le carter via un dispositif à flotteur.

**IV.1.4.2. Principe**

L'alcalinité du savon est libérée dans l'acétone en présence du bleu de bromophénol comme indicateur coloré, elle est ensuite titrée par l'HCl acétonique (0,01N) comme le montre la réaction suivante :

**IV.1.4.3. Mode opératoire**

Dans une éprouvette, 2 mL d'eau distillée sont ajoutées à 48 mL d'acétone avec quelques gouttes du bleu de bromophénol. La solution obtenue doit être de couleur jaune, dans le cas où elle est bleue ou verte, elle est titrée avec l'HCl acétonique (0,01N) jusqu'à l'obtention de la couleur jaune. Cette solution est ensuite additionnée à 10 g d'huile à analyser. Le mélange est agité, puis laissé décanter dans une ampoule à décanter pendant quelques secondes jusqu'à ce que l'émulsion se sépare en deux couches. La couche supérieure, qui sera colorée en bleu en présence de savon, est récupérée. Cette dernière est titrée avec l'HCl acétonique (0,01 N) jusqu'au virage vers la couleur jaune.

La valeur des traces de savon se calcule comme suit :

$$T_s = \frac{Eq \cdot V \cdot N \cdot 1000}{P}$$

**Avec,**

**Ts:** Traces de savon (ppm)

**Eq :** Équivalent gramme d'oléate de sodium (304 g)

**N :** Normalité d'HCl acétonique (0,01 N)

**V :** Volume d'HCl acétonique utilisé (mL)

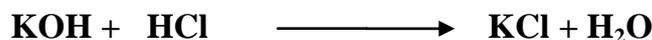
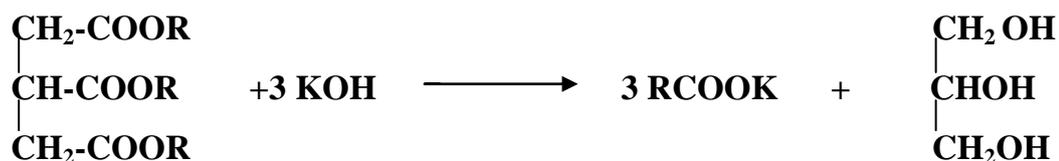
**P :** Masse de la prise d'essai (g)

**IV.1.5. Détermination de l'indice de saponification (ISO 3657, 2002)****1.5.1. Définition**

L'indice de saponification est la quantité d'hydroxyde de potassium en mg nécessaire pour saponifier les acides gras libres et liés présents dans un gramme de corps gras.

**IV.1.5.2. Principe**

Le principe de la méthode repose sur la saponification de l'huile et le titrage de l'excès de KOH par une solution préalablement titrée d'acide chlorhydrique. Les réactions sont comme suit :



#### IV.1.5.3. Mode opératoire

2 g d'huile sont pesées dans un ballon de 100 mL, puis 25 mL de KOH (0,5 N) sont ajoutées. Ce mélange est laissé saponifier pendant une heure à froid, puis additionné de quelques gouttes de phénolphaléine. Ensuite, la solution est titrée avec l'HCl (0,5 N). Un essai à blanc est effectué dans les mêmes conditions.

La valeur de l'indice de saponification se calcule selon la formule suivante :

$$I_s = [N \times E_q \times (V_0 - V_1)] / M$$

Avec,

**I<sub>s</sub>** : Indice de saponification (mg/g)

**V<sub>0</sub>** : Volume d'HCl pour l'essai à blanc (mL)

**V<sub>1</sub>** : Volume d'HCl pour l'échantillon pris (mL)

**M** : Masse de la prise d'essai (g)

**N** : Normalité de la solution titrée d'HCl (0,5 N)

**E<sub>q</sub>** : Équivalence de KOH (56,1 g/mL)

#### IV.1.6. Détermination de l'indice d'insaponification (ISO 18609, 2000)

##### IV.1.6.1. Définition

L'insaponifiable comprend les substances insaponifiables naturelles des matières grasses (stérols, carbures d'hydrogène, résines,...), ainsi que les substances organiques non volatiles à 100°C (huiles minérales) étrangères aux matières grasses, mais qu'elles peuvent éventuellement contenir.

##### IV.1.6.2. Principe

Les insaponifiables sont les composants d'une huile végétale qui ne seront pas transformés en savon lors d'une réaction de saponification, réaction d'un corps gras avec un alcalin, soude caustique ou potasse.

### IV.1.6.3. Mode opératoire

Dans un ballon muni d'un réfrigérant, 50 mL d'une solution alcoolique de potasse sont ajoutées à 5 g d'huile. Puis ce mélange est porté à une légère ébullition pendant 1 à 2 heures. Ensuite, 50 mL d'eau distillée sont ajoutées. Après agitation et refroidissement, le mélange est transvasé dans une ampoule à décanter. La phase huileuse est séparée et la phase savonneuse restante est épuisée deux fois avec 50 mL d'hexane. Les trois extraits hexaniques sont réunis dans une même ampoule, puis lavés trois fois de suite avec 50 mL d'éthanol à chaque fois. La solution d'hexane est distillée, puis séchée à 100-105°C pendant 15 minutes pour chasser le solvant. Après refroidissement, des pesées consécutives inférieures à 2 mg sont réalisées.

La valeur de l'indice d'insaponification se calcule comme suit:

$$\text{Le pourcentage d'insaponifiable (\%)} = (M/P_e) \times 100$$

Avec,

**Pe** : Masse de la prise d'essai (g)

**M** : Masse du résidu (g)

### IV.1.7. Détermination de la teneur de la chlorophylle (AOCS, 1989)

#### IV.1.7.1. Définition

La chlorophylle est le principal pigment assimilateur des végétaux photosynthétiques. Cette analyse est appliquée aux huiles blanchies (décolorées) à la sortie de la décoloration.

#### IV.1.7.2. Principe

La chlorophylle renferme une chlorine, chélatant un atome de magnésium au centre, et un alcool à longue chaîne, le phytol qui est hydrophobe et sert d'ancrage aux protéines des membranes thylakoïdales.

#### IV.1.7.3. Mode opératoire

La cuve d'un spectromètre UV-visible est remplie d'huile chauffée au voisinage de 30°C, ensuite l'absorbance de cette huile est lue par rapport au tétrachlorure de carbone dans la cuve témoin à 630, 670 et 710 nm.

La teneur de la chlorophylle se détermine selon la formule suivante:

$$\text{Chlorophylle (ppm)} = [A_{670} - (A_{630} + A_{710})/2]/0,0964 L$$

**Soit,**

**A** : Absorbance à la longueur d'onde indiquée

**L** : Longueur de la cuve(cm)

#### **IV.1.8.Détermination du taux de phosphore (AOCS, 1992)**

##### **IV.1.8.1. Définition**

Le phosphore est un minéral essentiel à de nombreuses réactions. Dans l'huile, le phosphore lié aux acides gras peut provoquer son acidification et par conséquent l'apparition d'un goût désagréable.

##### **IV.1.8.2. Principe**

L'huile et les phosphores qu'elle contient sont calcinés en présence de zinc. Le phosphore organique est transformé en phosphate de zinc, qui est ensuite dosé par la technique de la chimie minérale.

##### **IV.1.8.3. Mode opératoire**

Un mélange de 3 g d'huile et 0,5 g d'oxyde de zinc est chauffé dans un four à moufle à 600°C pendant deux heures. Après refroidissement, 5 mL d'HCl concentré et 5 mL d'eau distillée sont ajoutés. Après chauffage jusqu'à ébullition, puis refroidissement, la solution est filtrée dans une fiole de 100 mL. Ensuite, ce mélange est neutralisé par une solution de KOH(50%). Un précipité va se former et quelques millilitres d'HCl concentré sont ajoutés jusqu'à l'obtention d'une solution limpide. Cette dernière est ajustée à 100 mL avec de l'eau distillée. 10 mL de cette solution sont transvasés dans une fiole de 50mL, puis additionnée de 8 mL de sulfate d'hydrazine et 2 mL de molybdate de sodium. Ensuite, tout le mélange est ajusté à 50 mL avec de l'eau distillée. Ce dernier est porté à ébullition dans un bain-marie pendant 15 minutes et laisser refroidir, puis son absorption est lue à 650 nm. Un essai à blanc est effectué dans les mêmes conditions.

Une courbe d'étalonnage est établie à l'aide d'une solution de dihydrogénophosphate de potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ).

Les taux de phosphore et de phosphatides se calculent comme suite :

$$\text{Phosphore (\%)} = [10 \times (A-B)]/W \times V$$

**Avec,**

**A** : Quantité de phosphore dans l'échantillon (mg)

**B** : Quantité de phosphore dans la solution à blanc (mg)

**W** : Quantité de la prise d'essai(mg)

**V** : Volume final de la solution (10 mL)

$$\text{Phosphatides (\%)} = \% \text{ phosphores} \times 30$$

**Soit,**

**30** : Masse molaire de phosphore (g/mol)

## IV.2.Détermination des indices physiques

### IV.2.1.Détermination de l'indice de réfraction (ISO 6320, 2000)

#### IV.2.1.1. Définition

L'indice de réfraction d'une huile est le rapport entre la vitesse de la lumière d'une longueur d'onde déterminée dans l'air et la vitesse de cette même lumière dans l'huile. Cet indice est en rapport étroit avec le degré d'insaturation des acides gras, il est inversement proportionnel avec l'indice d'iode.

#### IV.2.1.2. Principe

Le principe de la méthode repose sur la mesure de l'indice de réfraction de la matière grasse à 40°C à l'aide d'un réfractomètre.

#### IV.2.2.2. Mode opératoire

Quelques gouttes de l'huile à analyser sont étalées sur la lame bien nettoyée duré fractomètre préalablement étalonné, ensuite le cercle de la chambre sombre et claire est réglé dans la moitié. La lecture des résultats est réalisée en tenant compte de la température.

L'indice de réfraction est déterminé comme suit :

$$N^T_D = N^T_{D'} + 0.00035(t-t')$$

**Avec,**

**N<sup>T</sup><sub>D</sub>**: Indice de réfraction à 40°C

**N<sup>T</sup><sub>D'</sub>**: Indice de réfraction à la température T

**T** : Température de l'échantillon pendant l'analyse(°C)

**T'**: 40°C

**0,00035** : Variation de l'indice de réfraction des triglycérides par degré au voisinage de 40°C

## **IV.2.2. Détermination de la couleur (ISO 15305, 1998)**

### **IV.2.2.1. Définition**

La couleur joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité d'un aliment. En effet, elle est liée aux principaux constituants qui sont déterminées à leur maximum d'absorption. Les chlorophylles et les caroténoïdes sont les principaux pigments rencontrés dans l'huile, et qui peuvent être affectés par de mauvaises conditions d'entreposage et aussi par le processus d'oxydation.

### **IV.2.2.2. Principe**

La détermination de la couleur est effectuée par un colorimètre constitué de deux séries de verre coloré : jaune et rouge. La couleur de l'huile est comparée à une couleur obtenue grâce à la superposition de ces verres colorés.

### **IV.2.2.3. Mode opératoire**

L'huile à analyser est versée dans une cellule en verre d'un pouce pour l'huile brute et 5 pouces pour l'huile décolorée et désodorisée que nous plaçons dans le colorimètre. La couleur de l'échantillon est déterminée par une meilleure comparaison possible avec les lames de couleur standard. La lecture se fait par le réglage de deux faces jusqu'à l'obtention de la même couleur des deux côtés, ensuite, il faut lire sur la planche les valeurs du jaune et du rouge.

Les résultats s'expriment en termes du nombre d'unités jaune et rouge nécessaires pour l'obtention de la couleur correspondante.

## **IV.2.3. Détermination de l'humidité (ISO 662, 1998)**

### **IV.2.3.1. Définition**

L'humidité est la perte en masse qu'un aliment subit lorsqu'il est chauffé à 103°C environ pendant un temps suffisamment court pour éviter l'oxydation, mais suffisamment long pour permettre l'élimination de l'eau.

### **IV.2.3.2. Principe**

Le principe de la méthode repose sur la détermination de la perte de poids de l'huile chauffée à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant deux heures. Elle est exprimée en pourcentage massique (m/m).

### **IV.2.3.3. Mode opératoire**

5 g d'huile contenues dans un bécher sont introduites dans une étuve réglée à 103°C jusqu'à ce que le poids de cet échantillon soit constant.

Le taux d'humidité est déterminé selon la formule qui suit :

$$H (\%) = [m1-m2 / m1-m0] \times 100$$

**Avec,**

**H** : Humidité de l'huile (%)

**m<sub>0</sub>** : Masse du bécher vide(g)

**m<sub>1</sub>** : Masse du bécher et de la prise d'essai avant chauffage(g)

**m<sub>2</sub>** : Masse du bécher et de la prise d'essai après chauffage(g)

#### **IV.2.4. Détermination des impuretés insolubles (ISO 663, 2017)**

##### **IV.2.4.1. Définition**

Les impuretés insolubles sont des substances autres que l'eau et les solvants, elles ne correspondent ni aux glycérides, ni aux acides gras, ni même aux insaponifiables.

##### **IV.2.4.2. Principe**

Le principe de cette analyse consiste en un traitement de l'échantillon à analyser par un excès de solvant (hexane), filtration de la solution, lavage du résidu avec le même solvant et séchage à 103 ± 2°C jusqu'à l'obtention d'une masse constante.

##### **IV.2.4.3. Mode opératoire**

200 mL d'hexane sont ajoutés à 20 g d'huile contenues dans une fiole de 250 mL. Ce mélange est agité, puis laissé au repos à 20°C pendant 30 minutes à une heure. Le contenu de la fiole est ensuite versé sur du papier filtre et lavé avec 50 mL d'hexane. Le papier filtre est séché à une température de 103 ± 2°C, puis pesé après refroidissement.

Le taux d'impuretés insolubles est déterminé selon la formule suivante :

$$I (\%) = [(m2-m1)/m0] \times 100$$

**Soit,**

**I** : Teneur d'impuretés (%)

**m<sub>0</sub>** : Masse de la prise d'essai(g)

**m<sub>1</sub>** : Masse du filtre séchée (g)

**m<sub>2</sub>** : Masse du filtre et des impuretés (g)

### IV.2.5. Détermination de la densité (ISO 279/1998 (fr))

#### IV.2.5.1. Définition

La densité relative d'une huile à 20°C est le quotient de la masse dans l'atmosphère d'un certain volume de cette huile à une température connue par la masse du même volume à 20°C.

#### IV.2.5.2. Principe

La densité des huiles est en fonction de l'instauration et aussi de l'état d'oxydation ou de polymérisation. Pour déterminer le poids d'un volume connu, il est nécessaire de procéder à le mesurer avec un densimètre à une température parfaitement déterminée.

#### IV.2.5.3. Mode opératoire

Un densimètre et un thermomètre sont introduits dans 200 mL d'huile à analyser. La densité est ensuite lue directement sur le densimètre et la température sur le thermomètre.

La densité de l'huile à analyser à 20°C est déterminée comme suite :

$$DT' = DT + 0,00069 (T - T')$$

Tel que,

**DT'** : Densité à une température T' qui égale 20°C

**DT** : Densité lue directement sur le densimètre à une température T

**T** : Température lue sur le thermomètre (°C)

**T'** : 20°C

### IV.2.6. Détermination du pH

#### IV.2.6.1. Définition

Le pH dépend de la concentration d'un milieu en protons ; il est le logarithme de la concentration molaire de l'ion hydronium (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>).

#### IV.2.6.2. Principe

Le pH donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité du milieu. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogènes libres contenus dans l'huile (**Audigié et al., 1984**).

#### IV.2.6.3. Mode opératoire

Un bout de papier pH est émergé dans 200 mL de l'huile à analyser. La lecture se fait en comparant la couleur obtenue après émergence de papier pH dans l'huile et une série de couleur qui se présente sur la boîte de papier pH.

### IV.3. Détermination de la stabilité oxydative des huiles par le test au Rancimat

Ce test est très utilisé pour évaluer la stabilité oxydative des matières grasses. La spécification de TIR (Temps d'Induction au test Rancimat, exprimé en heures) correspond au temps pendant lequel la matière grasse a résisté à un stress oxydatif. Le principe du test consiste à vieillir prématurément les matières grasses par décomposition thermique à 98°C, sous un bullage intensif d'air. Les acides organiques, produits de dégradation de cette oxydation poussée, sont entraînés par un courant d'air et recueillis dans une cellule de mesure remplie d'eau distillée. Le temps d'induction est déterminé par conductimétrie et correspond au TIR (Bouhadjra,2011)(Figure 15).



Figure 15 : Appareil de Rancimat.

### IV.4. Analyse des huiles par chromatographie en phase gazeuse

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est un outil puissant et largement utilisé pour la séparation, l'identification et la quantification des composants dans un mélange. Elle repose sur l'équilibre de partage des analytes entre une phase stationnaire et une phase mobile gazeuse. Le mélange à analyser est vaporisé, puis transporté à travers une colonne renfermant une substance liquide ou solide qui constitue la phase stationnaire. Le transport se fait à l'aide d'un gaz inerte, appelé « gaz vecteur », qui constitue la phase mobile (Francis Rouessac *et al.*,2014) .

Le champ d'application de la CPG dans l'analyse des huiles est la détermination des esters méthyliques d'acides gras. Le but de cette évaluation est de déterminer le pourcentage

de composition des acides gras dans l'huile qui n'est pas seulement un indicateur de qualité, mais est également utilisé pour la classification et la caractérisation des huiles. En dehors de la composition en acides gras, les stérols, les triglycérides et les composés volatils sont également analysés par CPG (**Liang** *et al.*, 2004).



**Figure 16** : Chromatographie en phase gazeuse.

### Conclusion et perspectives

L'utilisation des corps gras a pris un développement qui ne cesse d'accroître en industrie dans un environnement de plus en plus concurrentiel.

En plus de l'huile d'olive, les autres huiles végétales les plus consommées en Algérie sont les huiles de tournesol, soja, palme et colza, qui sont extraites à partir des plantes respectives. La totalité des besoins en corps gras, en particulier les huiles végétales, est importée sous forme d'huile brute. Avant de passer par l'étape d'industrialisation alimentaire, ces huiles doivent subir un traitement de nettoyage et de raffinage afin d'offrir les meilleures spécifications de qualité.

Le travail réalisé a pour objectif d'étudier l'effet de la friture sur la qualité physico-chimique des huiles végétales.

Pendant l'opération de friture, qui est particulièrement l'interaction entre l'huile et les aliments, plusieurs dégradations se produisent au niveau des acides gras. Sous l'effet de la température, de l'eau contenue dans les aliments, de l'air et des aliments eux-mêmes, l'huile chaude subit des transformations chimiques conduisant à la formation de composés polaires, la diminution de certains composés d'intérêt nutritionnel, l'apparition de composés volatils responsables d'odeurs désagréables et l'apparition de composés non volatils qui s'avèrent toxiques à fortes doses. Certains de ces produits étant néfastes pour la santé, il est donc important de comprendre la formation de ces produits.

L'évaluation de la qualité des huiles se fait par l'ensemble des analyses physico-chimiques (acidité, indice de peroxyde, indice d'iodo, taux de phosphore, humidité, la couleur, les traces de savon, la densité, la réfraction, etc.), la détermination de la stabilité oxydative par le test au Rancimat et la détermination du pourcentage d'acides gras par la chromatographie phase gazeuse.

Afin de donner plus de valeur à ce travail, il est indispensable de poursuivre cette étude sur le terrain, en étudiant l'effet de la friture de différentes matrices alimentaires par l'utilisation de différentes huiles végétales.

### A

**Asiedu J-J ; 1991** :la transformation des produit agricoles en zone tropicale. Approche technologique. Version francaise.Pp11-38.édition Karthala et cta.

**AOCS. (1989).** Méthodes d'analyse des corps gras. Détermination des traces de savon. Méthode off 1.2-365.

**AOCS. (1989).** Méthodes d'analyse des corps gras. Détermination de la teneur en chlorophylle. Méthode off Cc 13d-55.

**AOCS. (1992).** Méthodes d'analyse des corps gras. Détermination de la teneur en phosphore. Méthode off Ca 12.55.

**Audigier et al., (1984).** Caractérisation des produits de transcription du gène de la glycéraldéhyde 3-phosphate-déshydrogénase dans les cellules HeLa. *Revue européenne de biochimie* , 145 (2), 299-304.

### B

**Bernadette et al., (2000),** Intérêt nutritionnel des huiles de tournesols : tournesol linoléique et tournesol à haute teneur en oléique.Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 7, Numéro 6, 467-72, Centre d'Orsay, Université Paris-Sud.

**Bertoli, C., Fauconnot, L., Fleith, M., and Lolilger, J. (2010).** "Sciences technologie des aliments ".

**Blitz H. D; Grouch; Schreiber P. (2004).**Food Chemistry. 3ème ed. Springer, Heidelberg - Germany. 1124 p.

**Bohuon P., Broyart B., Trystram G., 2006.** Mise en oeuvre des matières agroalimentaires, chapitre 4: Création et transformation de solides alimentaires, Eds. Lavoisier, Paris, 240 p.

**Bouchon.p,2009.**un derstabding oil absorption during deep-fat frying.advances in food and nutrition research.37(5):209-234.

**Bouhadjra, K.,** « Etude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge », mémoire de magister, université Tiziouzou ,**2011.**

**Bouahnoun A,** Directeur général du contrôle economique et de la répression des fraudes, « Guide de contrôle des huiles de friture », **2008,** pp : 1-10.

**C**

**Cheftel J, (1986).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 1. Ed. Tec et doc. Lavoisier. Pp: 243-267.

**Cheftel. J ; and Cheftel .H. (1977).** Agents et mécanismes de détérioration des aliments. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments<sup>1</sup>, 271-369.

**Chales A.,Den G.,(1997).**abrégé de biochimie alimentaire.4eme Edition Masson, Paris, pp 225-232.

**Cossut J., Defrenne B., Desmedt C., Ferroul S., Garnet S., Humbert S.,Roelstra Oelstraete L., Vanuxeem M., D.(2002).** les corps gras: Etre tradition et modernité. projet réalisé dans le cadre de dess en qualimapa. Université des sciences et technologie de Lille-institut agroalimentaire de Lille.111.

**Cossut et al., (2001).** Les Corps Gras: Entre Tradition et Modernité.

**Constantin., Nebie., R. H., Dabire., Belanger, A., & Sib, F. S. (2010).** Nouveau chémotype de l'huile essentielle de basilic acclimaté au Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 4(5).

**Cuvelier M.E., Maillard M.N., 2012.** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. Oil seeds Fats Crops and Lipids, 19(2): 125-132.

**D**

**Debruyne.** Transformation et aspect industriels : technique de l'ingénieur, traité agroalimentaire **2001**.

**Denise J. (1992).** Raffinage des corps gras in manuel des corps gras. In : Karleskind Edition : Tec et Doc- Lavoisier. Paris, pp. 789- 881.

**Dennis, Stayer et al, 2006.** Crouch Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society.

**Dgcerf,** Guide de contrôle des huiles de friture.**2012**

**Dobarganes, C. (1998).** Formation, analysis of high molecular weight compounds in frying fats and oils. Oléagineux, Corps Gras, Lipides, 5(1), 41-7.

**Dobagarne C., Marquez-Ruiz G., Velasco J., (2000).**Interactions between fat and food during deep-frying. European Journal of Lipid Science and Technology, 102: 521 – 528.

**Dupin H., Cuq J. L., Malewiak M. I., Leynaudrouaud C., Berthier A.M., 1992.** Tables de composition des aliments : réalisation, utilisation, limites. Ed. Alimentation et nutrition Humaine. Paris : ESF pp 1410-1438.

**E**

**Edem DO.** Palm Oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, 192. and toxicological aspects: A review. *Plant. Foods Hum. Nutr.* **2002**; 57: 319–341.

**Emanuel et al., (1967).** Le caractère sacré de Jérusalem dans l'Islam aux XIIe-XIIIe siècles. *Studia Islamica*, 149-182.

**Evrard. J ; Baudet. J et Burg hart P, (1986).** Conditionnement transformation. Produits : Cahier Technique Tournesol Ed.CETIOM.

**Evard, J. (2003).**protéines et lipide : les technologies adaptées aux usages actuels et futurs. oléagineux, corps, lipides.

**Evon MP. (2008).**Nouveau procédé de bioraffinage du tournesol plante entière par fractionnement thermo-mécano-chimique en extraction aqueuse des lipides et de la mise en forme du raffinat en agromatériaux par thermoulage. Thèse de Doctorat de Sciences des Agroressources. L'institut national polytechnique, Faculté des sciences de la matière, Toulouse, 388p.

**F**

**Francis et al.,2014 ;** «Méthodes et techniques instrumental modernes- 6 éme édition »; Paris.

**G**

**Genot, C. (2000)** Congélation et qualité de la viande. Techniques et pratiques, INRA Editions, Paris.

**Graille. J. (2003).** Lipides et corps gras alimentaires. Ed. Lavoisier, Paris. Pp : 254.

**Gibon V et Tirtiaux A. (1998).** Un raffinage S.O.F.T. Oléagineux, corps gras, lipides. **5**, 371-377

**Gonde P, Morin O. 2012.** Optimisation du choix de l'huile en friture industrielle : l'exemple Mc Cañ. OCL ; 19(2) : 96-100. doi : 10.1684/ocl.2012.0447.

**Gournay. J ; (2006).** Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acide gras. Application à la valorisation chimique des déchets lipidique. Thèse doctorat, institut National polytechnique, Nancy, 309p.

**Guignard, J.-L.** *Botanique*. 14e ed. Paris : Masson 2007.285p.ISBN 978-2-294-04792-3.

*I*

**ISO 3960:2007(fr)** : Corps gras d'origines animale et végétale — portante un non spécifique. Détermination de l'acidité l'indice d'acide et de l'acidité.

**ISO 3960 :2007** : Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice de peroxyde.

**ISO 3961 :2013** Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice d'iode.

**ISO 3657. (2002).** Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination de l'indice de saponification.

**ISO 18609. (2000).** Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination des insaponifiables.

**ISO 663:2017(fr)** : Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de la teneur en impuretés insolubles.

**ISO 6320. (2000).** Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination de l'indice de réfraction. 4ème édition.

**ISO 15305. (1998).** Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination de la couleur. 1ème édition.

**ISO 662. (1998).** Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination de l'humidité. 2ème édition.

**ISO 279:1998(fr).**Huiles essentielles — Détermination de la densité relative à 20 degrés C — Méthode de référence

**ISO 663:2017.**spécifie une méthode de détermination de la teneur en impuretés insolubles des corps gras d'origines animale et végétale.

*J*

**Jacquemard, J-C.** *Le palmier à huile* ed Quae 2012 240p ISBN-13: 978-2759216789.

*K*

**Karleskind, A., (1992).** Manuel des corps gras, tome II, édition Lavoisier.Paris .P 1560-1578.

**Karleskind A., 1996.** Oils and fats manual Vol. 1, Ed. Lavoisier Tec. Doc, Paris.

**Kartika IA. (2005).** Nouveau procédé de fractionnement des graines de tournesol : expression et extraction en extrudeur bi-vis, purification par ultrafiltration de l'huile de tournesol. Thèse de Doctorat de Sciences des Agro ressources. L'institut national polytechnique, Faculté de Chimie Agro -Industrielle, Toulouse, 339p.

**Kirk-Othmer H., 1992.** Encyclopedia of chemical technology Vol.10, John Wiley and Sons, New York.

*L*

**Lambert, (2005).** Les huiles végétales : 2000 plantes oléagineuses répertoriée. IFHVP .ISBN 2-916150-01-3 Pp 1-3.

**Lecerf, 2011.** revue LECERF, J-M *Les huiles végétales : particularités et utilités* Medecine des maladies métaboliques juin 2011 vol5 n°3 Elsevier Masson.

**Liang et al., 2004.** Quality control of herbal medicines. J Chromatogr B, 812 : 53-70.

*M*

**Machiels D., Istasse L. 2002.** La réaction de Maillard : importance et applications en chimie des aliments. Ann. Méd. Vét, 146 : 347-352.

**Melton, S-L; Sykes.D; et Trigriano, M.-K. (1994).** Review of stability measurements for frying oils and fried food flavor. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71. 6p in: Graille J, 2003. Lipides et corps gras alimentaires. Ed. Lavoisier, Paris. Pp: 252.

**Mohtadji-Lamballais C. (1989).** Les aliments. Edition : Maloine. Paris. 203p.

**Merrien A. (1992)** .Tournesol In: "Manuel des corps gras". Tom 1.éd. Tec et Doc, Lavoisier.

**Mustapha, A. et Stauffer, C. (2002).** Les matières grasses destinées aux produits de boulangerie. American Soybean Association. N°23: 4-20.

### *N*

**Novosyme, (2013).** Why enzymatic de gomming.p : 1-15.

### *O*

**Oroszvari, B. K., Bayod, E., Sjöholm, I., & Tornberg, E. (2005).** The mechanisms controlling heat and mass transfer on frying of beefburgers. Part 2: The influence of the pan temperature and patty diameter. *Journal of Food Engineering*, 71(1), 18-27.

**Ong AS, Goh SH.** Palm Oil: A healthful and cost-effective dietary component. *Food Nutr. Bull.* 2002; 23: 11–22.

### *P*

**Pagès-Xatart-Parès X. (2008).** Technologie des corps gras (huiles et graisses végétales). Ed. Techniques de l'ingénieur, p 1-17.

**Pambou-Tobi, N. 2015.** Influence des conditions de friture profonde sur les propriétés physico-chimiques de la banane plantain *Musa AAB* « harton » : étude du vieillissement des huiles et modélisation des transferts de matière au cours du procédé. Thèse de doctorat, Université de Lorraine (Nancy, France).

**Parabha shankar, D. J .** BADKAS, Mechanism of oxidation of transformers oils , .of Inst of Petr ., vol47,n 450, Juin 1961;pp.201-211.

**Pistor, (2013).** Huiles et graisses. La brochure complète. [www.pistor.ch/graisses](http://www.pistor.ch/graisses). Huile de soja p 28-39.

**Pouzet A. (1992).** Sources et monographies des principaux corps gras in manuel des corps gras. In : Karleskind A. Edition : Tec et Doc. Lavoisier- Paris, pp. 115-316.

### *R*

**Rasolohery C. A., 2007.** Etude des variations de la teneur en isoflavones et de leur composition dans le germe et le cotylédon de la graine de soja [*Glycine max* (L.)Merrill]. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, pp13-43.

**Roche J. (2005).** Composition de la graine de tournesol (*Helianthus annuus L.*) sous l'effet conjugué des contraintes agri-environnementales et des potentiels variétaux. Thèse de Doctorat de Sciences des Agroressources. L'institut national polytechnique, Faculté des Sciences des Procédés, Toulouse, 305p.

**Rossell J.B., 2001.** Frying, improving quality. Boca Raton, Fl : *CRC Press*, p 369.

### S

**Salas J. J., Bootello M. A., Martinez-Force E., Garces R., (2009).** "Tropical vegetable fats and butters: properties and new alternatives", *OCL*, 16, 254-258.

**Saguy I. S., Pinthus E. J.** Oil uptake during deep fat frying: factors and mechanism. *Food Technology*, 49: 142-145. **1995.**

**Saguy I.S., Dana D., 2003.** Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects, *Journal of Food Engineering*, 56:143-152.

**Samaban-thamurthi R,sundran k,Tany .** chemistry and biochemistry af plam oil . prog lipid Res .**2000**;39 (6) :507-58.

**Shtern, MB (1981).** Détermination des équations pour les solides poreux plastiques compressibles. *Métallurgie des poudres soviétique et céramique métallique* , 20 (4), 250-255.

**Swisspatat,2011.**Document sur l'acrylamide .<http://www.kartoffel.ch/index.php?id=40&L=1>.

### V

**Vander Vossen et al., 2007.** Enregistrement de Protabase. van der Vossen, HAM & Mkamilo, GS (éditeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays-Bas.

**Vierling E.(2008).** Aliments et boissons filières et produits. 3ème édition Biosciences et techniques.Paris.pp :15-16.

**Vitrac o, Trystram G et Raoult-wack A-W. (2003).** Procédé de friture et produit frits. In : Lipides et corps gras alimentaire. Ed. Tec ET docs: 231-267.

### U

**Uzzan A. (1980).** Corps gras in les aliments. In: Trémolieres J, Serville Y, Jacquot R, Dupin H. Edition: ESF. Paris, pp. 212-238.

### W

**Wolff,1968** Manuel d'analyse des cors gras .Ed.Azoulay,paris .

### X

**Xavier-Pages-Xatart-Pares ., 2012.** Technologies des corps gras (huiles et grasses végétales).Techniques de l'Ingénieur. F.60706-10.

### Z

**Ziaifar A. M., 2008.** Oil absorption during deep-fat frying : mechanisms and important factors, Industries des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), Thèse doctorale.

**Zovi ,(2009).**Fonctionnalisation et photo polymérisation de l'huile de lin en vue de l'élaboration de nouveaux matériaux sans émission de composés organiques volatils (COV).Thèse. Chimie macromoléculaire. Ecole Doctorale Normande de Chimie. P 9

### Site internet :

<https://www.vulgaris-medical.com/actualite-sante/impact-de-la-friture-sur-la-sante> vu le 25/08/2020 à 9h.

# Résumé

Ce travail est porté sur l'étude de l'effet de la friture sur la qualité des huiles végétales. Parmi les nombreux procédés thermiques utilisés pour préparer des plats savoureux, la friture est l'une des plus rapides. L'huile sert à la fois d'ingrédient et de moyen de chauffage. Les huiles moins saturées ont tendance à s'oxyder ou se polymériser assez rapidement. Les huiles contenant des taux importants en acides linoléique ou linoléique ne sont pas recommandées pour la friture, à moins qu'elles n'aient été hydrogénisées pour avoir un contenu modéré en acide linoléique et une teneur négligeable en acide linoléique. Une teneur très élevée en antioxydants est parfait pour la plupart des modes de fritures. La qualité des huiles végétales est évaluée par des paramètres physico-chimiques durant toutes les étapes du raffinage (acidité, humidité, indice de peroxyde, couleur, les traces de savon, la densité, l'indice d'iode, les pertes en huiles, etc.).

**Mot clé :** Huile végétale ; Acides gras ; Raffinage ; Friture ; Contrôle de qualité.

# Abstract

This work is focused on the study of the effect of frying on the quality of vegetable oils. Among the many thermal processes used to prepare tasty dishes, frying is one of the fastest. The oil serves as both an ingredient and a heating medium. Less saturated oils tend to oxidize or polymerize quite quickly. Oils containing high levels of linoleic or linolenic acids are not recommended for frying, unless they have been hydrogenated to have a moderate content of linoleic acid and a negligible content of linolenic acid. A very high antioxidant content is perfect for most types of frying. The quality of vegetable oils is evaluated by physico-chemical parameters during all stages of refining (acidity, humidity, peroxide number, color, traces of soap, density, iodine number, oil losses, etc.).

**Key word:** Vegetable oil ; Fatty acids ; Refining; Frying; Quality control.