

Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Etude comparative de l'effet de la
friture sur la qualité de trois
huiles végétales**

Présenté par :

AMEUR Wahiba

Soutenu le : **26 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

Mlle. BRAHMI .F

Mme. GUENDOZ. N

Melle. TOUATI. N

MAA

MCA

MAA

Présidente

Encadreur

Examinatrice

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciement

*Tout d'abord, je tiens à remercier le bon Dieu de nous avoir donné
le courage pour mener à terme ce modeste travail.*

*Je remercie tout d'abord Mme Guendouz Naïma d'avoir
Accepté de m'encadrer, et pour ces orientations et ses conseils*

*Je voudrais exprimer mes vives gratitudees et mes sincères
remerciements à Mme Brahimí d'avoir accepté de présider notre
jury, Mme Touati d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous remercions tous les membres du laboratoire d'analyse des
huiles de Cevital, surtout Mr Maouche A.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

- Mes chers parents :

Mon très cher père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans La vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma très chère et douce maman, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. Reçois à travers ce travail aussi modestes soit-il l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Puisse le bon dieu les protège et les gardes à moi. Toutes mes joies, mon amour et ma reconnaissance.

Mes frères : Zakari, Nabil et Abd elsalam ainsi qu'à toute la famille qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Je dédie ce maudest travail à mes chers cousins et cousines qui m'on beaucoup orienté avec leurs aides précieux.

A ma grand mère que dieu la protège.

Mes très chers amis chacun avec son nom et toutes personnes contribué a la réussite de se travail qui m'ont supporté durant la vie. Et chez qui j'ai trouvé l'entente dont j'avais besoin.

WAHIBA

Liste des abréviations

AG : Acide Gras

AGMI : Acide Gras Monoinsaturé

AGPI : Acide Gras Polyinsaturé

I₂ : Iode

Ii : Indice d'iode

Ip : Indice de peroxyde

Is : Indice de saponification

KI : Iodure de potassium

KOH : Hydroxyde de potassium

Meq : Milliéquivalent

N : Normalité

Na₂S₄O₆ : Thiosulfate de sodium di hydrate

Na₂S₂O₆ : Thiosulfate de sodium

NaI : Iodure de sodium

NaOH : Soude

SPA : Société par action

Liste des Figures

Figure n°01 : Photographies du soja (a : Plante, b : Gousse verte, c : Graines).....	05
Figure n°02 : Photographies du tournesol (a : Plante, b: Graines).....	07
Figure n°03 : Photographies du colza (a : Plante, b : Graines).	10
Figure n°04 : Différentes réactions dégradation des huiles végétales).	12
Figure n°05 : les trois phases d'oxydation des corps gras	13
Figure 06 : Le volume initial des trois huiles.....	18
Figure 07 : Quantité initial de Pomme de terre	18
Figure n° 08 : Représentation graphique de l'acidité en % des trois huiles au cours des fritures (F : Friture) (Ia : Indice de peroxyde).	25
Figure n° 09: Représentation graphique de l'indice de peroxyde en Meq g O ₂ /Kg des huiles au cours des fritures (Ip : Indice de peroxyde).....	27
Figure n° 10: Représentation graphique de l'indice d'iode en g/100 g des trois huiles au cours des fritures (Ii : Indice d'iode).....	28
Figure n°11 : Représentation graphique de l'indice de saponification des trois huiles au cours des fritures (Ir : Indice de réfraction).	29
Figure n°12 : Représentation graphique de l'indice de réfraction des trois (03) huiles au cours des fritures.	30
Figure n°13 : Représentation graphique de la couleur jaune et rouge de l'huile de soja au cours de la friture.....	31
Figure n° 14 : Représentation graphique de la couleur jaune et rouge de l'huile de tournesol au cours de la friture.....	32
Figure n° 15: Représentation graphique de la couleur jaune et rouge du colza au cours de la friture.	32

Liste des Tableaux

Tableau I : Caractéristiques physiques de quelques huiles végétales.	04
Tableau II : Classement des huiles végétales en fonction de leur indice d'iode.....	05
Tableau III : Constituants mineurs de l'huile de soja.	06
Tableau IV : Composition de l'huile de soja en acide gras.....	07
Tableau V : Composition de l'huile de tournesol en insaponifiables..	08
Tableau VI : Composition de l'huile de tournesol en acide gras	09
Tableau VII : Composition de l'huile de colza par les composés insaponifiables.....	10
Tableau VIII : Composition de l'huile de colza en acides gras	11
Tableau IX : Volume des huiles et poids de la pomme de terre utilisés pour chaque friture...	18

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Sommaire	
Introduction générale.....	01

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I Généralités sur les huiles végétales

I.1. Définition	03
I.2. Composition biochimique.....	03
I.3. Propriétés	03
I.4. Obtention des huiles végétales.....	04
I.4.1. Extraction des huiles à partir des graines oléagineuses	04
I.4.2. Raffinage des huiles végétales brutes	04
I.5. Classification.....	04
I.5.1. Huile de soja	05
I.5.1.1. Description du soja	05
I.5.1.2. Composition de l'huile de soja	06
I.5.1.3. Composition en acides gras	06
I.5.1.4. Propriétés	07
I.5.2. Huile de tournesol	07
I.5.2.1. Description du tournesol	07
I.5.2.2. Composition de l'huile de tournesol	08
I.5.2.3. Composition en acides gras	08
I.5.2.4. Propriétés	09
I.5.3. Huile de colza	09
I.5.3.1. Description du colza	09
I.5.3.2. Composition de l'huile de colza	09
I.5.3.3. Composition de l'huile de colza en acides gras	10
I.5.3.4. Propriétés	11
I.6. Altération des huiles végétales.....	12
I.6.1. Réaction d'oxydation.....	13
I.6.2. Réaction d'hydrolyse	14

Sommaire

I.6.3. Réaction de polymérisation.....	14
I.7. Choix de l'huile de friture.....	14

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

II.1. Conditions et opérations de friture	16
II.1.1. Définition de la friture	16
II.1.2. Choix de l'huile de friture	16
II.1.3. Choix de l'aliment	17
II.1.4. Format de la Frite	17
II.1.5. Température de la friture	17
II.1.6. Temps	17
II.2. Procédure de friture	17
II.3. Méthodes d'analyses.....	19
II.3.1. Détermination des indices chimiques	19
II.3.1.1. Détermination de l'acidité	19
II.3.1.2. Détermination de l'indice de peroxyde	20
II.3.1.3. Détermination de l'indice d'iode	21
II.3.1.4. Détermination de l'Indice de Saponification.....	22
II.3.2. Détermination des indices physiques	23
II.3.2.1. Détermination de l'indice de réfraction	23
II.3.2.2. Détermination de la couleur	24

CHAPITRE III : Résultats et discussion

III.1. Détermination des indices chimiques.....	25
III.1.1. Détermination de l'acidité.....	25
III.1.2. Détermination de l'indice de peroxyde	26
III.1.3. Détermination de l'indice d'iode.....	28
III.1.4. Détermination de l'indice de saponification	29
III.2. Détermination des indices physiques	30
III.2.1. Détermination de l'indice de réfraction	30
III.2.2. Détermination de la couleur	31
Conclusion générale	35
Références bibliographiques	
Annexes	

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

La consommation des huiles alimentaires ne cesse d'augmenter. En effet, au cours de ces cinq dernières années, sa production a atteint une moyenne de 15 millions de tonnes/ans (**Gournay, 2006**).

L'huile, cet élément essentiel à la nutrition, peut être de nature végétale sous forme de corps gras extrait de graines oléagineuses et de fruits ; elle est utilisée principalement comme huiles de tables. A l'état naturel, elle est accompagnée de matières indésirables (phospholipides et pigments colorés...) dont l'élimination est indispensable pour obtenir un produit fini de qualité. (**Cuvillier et Maillard, 2002**).

Il est communément conseillé de limiter la consommation de matières grasses animales et de préférer les huiles végétales généralement pauvres en acides gras saturés et riches en acides gras insaturés qui, eux ont un effet bénéfique sur la santé cardiovasculaire. Les concentrations en acides gras varient d'une huile à l'autre. Par ailleurs, les huiles végétales peuvent aussi apporter d'autres ressources comme des polyphénols et des vitamines E et K (**Le Floche et al, 1968**).

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation, elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle : elles contribuent à l'apport d'énergie, elles sont sources d'acides gras indispensables, en particulier d'acide linoléique, et d'acide alpha-linolénique, elles contribuent à la qualité organoleptique des produits, leur apportent une texture onctueuse, crémeuse, fondante, un aspect brillant et une saveur spécifique. Enfin, elles assurent des fonctions technologiques, en particulier 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 (**Cuveler et Maillard, 2002**).

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 peuvent aussi être à l'origine de la formation de composés chimiques ayant des effets néfastes sur la santé du consommateur (**A. Boukahnoun, 2002**).

La friture est l'une des méthodes les plus rapides, les plus anciennes et les plus simples pour l'élaboration des aliments (**Rossel, 2001**). 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 matières grasses (friture profonde). Aujourd'hui, le procédé de friture absorbe la majorité des huiles alimentaires produits 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

Introduction générale

dans la restauration collective ou rapide que dans l'industrie agroalimentaire (**Vitrac et al, 2003**).

Sous l'influence d'une élévation importante de la température, les corps gras se dégradent suivant des processus parfois mal connus qui aboutissent à la formation de composés d'oxydation, de polymérisation, d'isomérisation et d'hydrolyse dont la toxicité est à craindre pour l'organisme humain.

Depuis plusieurs années, de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude des modifications chimiques des corps gras au cours du chauffage et à l'incidence de ces transformations sur la valeur nutritionnelle des produits obtenus en relation avec la santé du consommateur (**Guillaumin et al. 1977**).

Notre travail a pour objectif d'étudier les variations et l'effet de la friture sur la qualité de trois types d'huiles végétales (soja, tournesol et le colza), ainsi que l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des trois huiles après plusieurs fritures.

Afin de réaliser notre étude, nous avons opté pour un plan de travail qui est divisé en deux grandes parties de recherches à savoir :

- La première partie est basée sur une recherche théorique, pourtant sur la littérature relative à notre thème. Elle est consacrée à présenter des généralités sur les huiles végétales.
- La deuxième partie sera consacrée à un cas pratique au sein du groupe Cevital de Bejaia. Cette partie nous permettra de décrire les modes opératoires réalisés pour la détermination des caractéristiques physico-chimiques des huiles (indice d'acidité, indice de peroxyde, indice d'iode, indice de saponification, la couleur, l'indice de réfraction,) et nous terminons par la présentation des résultats obtenus, ainsi que de leurs interprétations.

PARTIE THEORIQUE

Synthèse bibliographique

-

CHAPITRE I

Généralités sur les huiles végétales

I.1. Définition

Les huiles végétales jouent un rôle majeur dans notre alimentation (**Pagès, 2008**) Elles sont indispensables pour la santé car elles apportent les acides gras nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme (**Debruyne, 2001**). Les huiles végétales sont extraites à partir des plantes oléagineuses qui sont cultivées pour l'huiles de leur graines, elles sont appelées aussi oléo protéagineuses car elles sont riches en protéines.

Dans le monde 91 % des besoins en huiles alimentaires sont assurés par 6 cultures qui sont par ordre d'importance soja, palme, tournesol, cotonnier et arachide, les 9 % sont les huiles rares à usages industriels : coprah, amande, ricin, lin.. (**Cherfaoui M S, 2011**).

Les huiles végétales sont consommées directement sous forme d'huiles raffinées ou bien indirectement à partir des produits de l'agroalimentaire (**Pagès, 2008**).

I.2. Composition biochimique

Les huiles végétales sont constitués essentiellement de triglycérides (98-99 %) appelés fraction saponifiable et d'une fraction quantitativement mineure appelée fraction insaponifiable. Dans ces corps gras, d'autres composés de faible proportion peuvent être présents à savoir les phospholipides, les cires, les phytostérols, les chlorophylles, les caroténoïdes et les produits d'altération issus de la dégradation des triglycérides (**Karleskind, 1992**)

Les huiles sont caractérisées par certains constituas essentiels : les acides gras essentiels et les vitamines liposolubles (**AE, 1999**) Quelques huiles sont riches en acides gras saturés et en acide oléique telles que l'huile d'olive, et d'autres sont riches en acides gras polyinsaturés telles que l'huile de soja (**Charles et Den,1997**).(annexe 01 et 02) .

I.3. Propriétés

L'huile est une matière grasse onctueuse, insoluble dans l'eau et soluble dans les solvants organiques (chloroforme, l'hexane,...), et généralement liquide à la température ambiante (**Lambert, 2005**). Certaines huiles exercent une fonction d'émulsifiant (phospholipides) (**AE, 1999**) . Les principales caractéristiques de quelques huiles végétales sont présentées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques physiques de quelques huiles végétales.

Huile	Point de fusion (°C)	Densité	Viscosité
Huile de tournesol	-15	0,94	66
Huile de maïs	-18 à -10	0,90	65– 72
Huile de soja	- 15	0,91	57-76
Huile de colza	< 2	0,91	98

I.4. Obtention des huiles végétales

I.4.1. Extraction des huiles à partir des graines oléagineuses

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 (annexe 03). (**Constantin et al, 2010**).

I.4.2. Raffinage des huiles végétales brutes

Les huiles de pression et les huiles d'extraction sont généralement désignées sous le terme « huiles brutes ». La plupart de ces huiles doivent être raffinées (**Constantin et al, 2010**). Pour maintenir ou améliorer leurs caractères organoleptiques et leurs stabilités. Le raffinage est une série d'opérations physique et chimique pour éliminer les composés indésirables (cires, acides gras libres, pigments,...) (**Constantin et al, 2010**). Parmi ces opérations, il y a : le dégommeage, la neutralisation, le lavage, le séchage, la décoloration et la désodorisation (annexe 04).

I.5. Classification

La composition en acide gras des huiles est un des premiers critères de classification des huiles : saturés, insaturés, mono insaturés, polyinsaturés (**Bernadette et al, 2000**) Ensuite, les huiles sont classées comme suit :

- **Selon le type d'extraction :**
 - Huiles vierges : olive, noix, amande.

- Huiles raffinées : colza, tournesol, soja, maïs.

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

Cette classification est représentée dans le tableau II.

Tableau II : Classement des huiles végétales en fonction de leur indice d'iode (ZOVI ,2009).

Type d'huile	Indice d'iode (g/100 g)
Siccative	> 150
Semi-siccative	110 à 150
Non siccative	0 à 110

I.5.1. Huile de soja

I.5.1.1. Description du soja

Le soja, *Glycine max* (L, Merr) est une plante de la famille des légumineuses, sous famille des papilionoideae, originaire de la Chine (Karlesking, 1992). . C'est une plante annuelle herbacée, dressée, qui peut atteindre une hauteur de 1,5 m (Anonyme V, 1996). Ses fleurs blanches ou violettes se transforment plus tard en gousses longues de 3 à 4 cm qui peuvent être jaunâtres grises. Dans chaque gousse, il y a 2 à 4 graines. La récolte de soja se fait de Septembre à Octobre (Pistor, 2013) (figure 01).



Figure n°01 : Photographies du soja (a : Plante, b : Gousse verte, c : Graines).

I.5.1.2. Composition de l'huile de soja

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

Les triglycérides constituent plus de 95% des composés lipidiques de l'huile de soja, les autres composés sont les phospholipides et les diacylglycérols (**Karlesking, 1992**). (Tableau III).

Tableau III : Constituants mineurs de l'huile de soja (**Platon, 1988**).

Nature	Composés
Lipidique	Phosphatides hydratables et non hydratables - Glycérides partiels
	Acides gras libres
Glucidique	Sucres libres et glycolipides
Ions métalliques	Fer, cuivre, calcium, magnésium
Pigments	Caroténoïdes, chlorophylle et autres pigments
Produits oxydés	Aldéhydes, cétones, peroxydes
Autres	Composés odorants
	Matières insaponifiables (hydrocarbonés, alcools terpéniques, stérols)
	Tocophérols.

I.5.1.3. Composition en acides gras

L'huile de soja est une huile polyinsaturée à environ 58% et la teneur en acide gras saturés est de 15% (**Pistor, 2013**). Elle contient des acides linoléique et alpha linoléique en quantité appréciable ; ces derniers ne sont pas synthétisés par l'organisme (tableau IV). 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 (**Platon, 1988**).

Tableau IV : Composition de l'huile de soja en acide gras. (Platon, 1988).

Types d'acides gras	Pourcentage (%)
Acide palmitique (C 16:0)	11, 5
Acide stéarique (C 18:0)	4, 0
Acide oléique (C 18:1)	25, 0
Acide linoléique (C 18:2)	51, 5
Acide linoléique(C 18:3)	7, 5
Acide arachidique (C 20:0)	0, 5

I.5.1.4. Propriétés

L'huile de soja contient aussi de la lécithine et des gammas et delta tocophérols (antioxydants), mais cette huile résiste mal à la chaleur (**Reithler E et Berthier L**).

I.5.2. Huile de tournesol

I.5.2.1. Description du tournesol

Le tournesol *Helianthus annuus* L. est une plante oléagineuse annuelle, l'appellation tournesol provient de sa tendance à tourner vers le soleil pendant la journée. Cette plante atteint en moyenne une hauteur de 2 à 4 m, leurs grandes inflorescences portent d'innombrables fleurs jaunes, brunes, réunies en capitule, à partir desquelles se développeront plus tard les graines de tournesol (figure 02). Sa période de récolte est du début de Septembre au début d'Octobre (**Pistor, 2013**). .

**Figure n°02** : Photographies du tournesol (a : Plante, b: Graines).

I.5.2.2. Composition de l'huile de tournesol

Comme toutes les huiles végétales, l'huile de tournesol est composée essentiellement de triglycérides (98 à 99%) et d'une faible proportion de substances diverses regroupées sous le terme de fraction insaponifiable (cires, tocophérols, stérols) (Karlesking, A. 1992). (Tableau V).

Tableau V : Composition de l'huile de tournesol en insaponifiables. (Karlesking, A. 1992).

Insaponifiables : 0,5 à 1,5%			
-Teneur en stérols (en mg/100g de corps gras)	325-515	-Teneur en tocophérols (en mg/100g corps gras)	44-120
-Composition des stérols : (en % des stérols totaux)	<0,4	-Composition des tocophérols : (en % des tocophérols totaux)	
Cholestérol	0	alpha tocophérol	91-97
-Teneur en hydrocarbures (en mg/100g de corps gras) dont le scalène	8-11	beta tocophérol	3-6
		gamma tocophérol	≤2
		delta tocophérol	-
		-Teneur-en-alcool-aliphatiques (en mg/g de corps gras)	100

I.5.2.3. Composition en acides gras

Les variétés classiques de tournesol produisent des huiles riches en acide linoléique (C 18:2 ≈ 60%), faible teneur en acide oléique (C18 :1 ≈ 20 %) et pratiquement sans acide linoléique (C 18:3 < 1%) (Evrard et al, 1986) (Tableau VI).

Tableau VI : Composition de l'huile de tournesol en acide gras (Evrard et al, 1986)

Nature d'acide gras	Teneur totale (%)
Acide palmitique (C 16:0)	5-7
Acide palmitoléique (C 16:1)	≤ 0,4
Acide heptadécanoïque (C 17:0)	≤ 0,1
Acide stéarique (C 18:0)	4-6
Acide oléique (C 18:1)	15-25
Acide linoléique (C 18:2)	62-70
Acide linoléinique (C 18:3)	≤ 0,2
Acide arachidique (C 20:0)	< 1
Acide eïcosénoïque (C 20:1)	< 0,5

I.5.2.4. Propriétés

L'huile de tournesol contient de l'acide linoléique oméga 6 non fabriqué par l'organisme et devant être apporté par l'alimentation. Cet acide contribue au maintien d'une cholestérolémie normale. Cette huile est riche également en vitamine E, naturelle antioxydant, et des phytostérols. (Noël E)

L'apparition des premières variétés de l'huile de tournesol riche en acide oléique (C18 :1) et l'évolution des sélections naturelles permet à cette variété d'être le premier concurrent de l'huile d'olive. Cette huile présente des quantités élevées en acide oléique (83%) et 9% d'acide linoléique, sa dénomination est tournesol oléique (Bernadette et al, 2000).

I.5.3. Huile de colza

I.5.3.1. Description du colza

Le colza *Brassica napus* L. est une plante annuelle et herbacée qui atteint une hauteur de 70 à 170 cm. Les fleurs de la plante jeune bourgeonnent et dès qu'elles ont été fécondées, des couses allongés se forment. Ces dernières contiennent de petites graines rondes brun-noir. 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) (figure n°3).

La plante de colza est largement cultivée en Europe, au Canada et en Chine (Karlesking, A. 1992).



Figure n°3 : Photographies du colza (a : Plante, b : Graines).

I.5.3.2. Composition de l'huile de colza

La graine de colza est constituée de 40-45% d'huile. Cette huile est constituée de triglycérides qui contiennent des acides gras mono-insaturé à longue chaîne ((20 :1) et (22 :1) en position 1 et 3). Elle est constituée aussi des autres composés insaponifiables (tels que les stérols, tocophérol,...).

La composition de l'huile de colza en composés insaponifiables est détaillée dans le tableau VII.

Tableau VII : Composition de l'huile de colza par les composés insaponifiables. (Karlesking, 1992).

Insaponifiable de 0,7 à 1,8 %			
Stérols (en mg/100 g)		Tocophérols en mg/100 g	
Composition des stérols (en % des stérols totaux)	540-800	Composition des tocophérols en% des tocophérols totaux)	60 - 87
Cholestérol	< 4	Alpha tocophérol	25 – 38
Brassica stérol	17- 13	béta tocophérol	0 – 5
Compestrol	28 – 40	gamma tocophérol	62 – 70
		Delta tocophérol	0 - 6

I.5.3.3. Composition de l'huile de colza en acides gras

Les acides gras mono-insaturés à longue chaîne carbonée, l'acide eicosénoïque (C 20:1) et l'acide érucique (C 22:1) caractérisent les huiles de colza. Les acides oléique et linoléique présentent environ 80% du total des acides gras de l'huile de colza érucique.

La proportion des acides gras principaux de l'huile de colza est indiquée dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Composition de l'huile de colza en acides gras (Karlesking, 1992).

Nature d'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 linoléique (C 18:3)	7- 12
Acide arachidique (C 20:0)	—
Acide eicosénoïque (C 20:1)	7- 13
Acide érucique (C 22 : 1)	41 - 52

I.5.3.4. Propriétés

La richesse de l'huile de colza en acides gras mono-insaturés garantit la stabilité de cette graisse à des températures élevées. Les acides gras polyinsaturés sont d'oméga 3 à 7 % et d'oméga 6 à 17 %. Cette huile renferme 33% d'acides gras polyinsaturés, 60% d'acide oléique et 7% d'acides gras saturés (Charles et Den, 1997).

I.6. Altération des huiles végétales

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 sont indiqués dans la figure n°4.

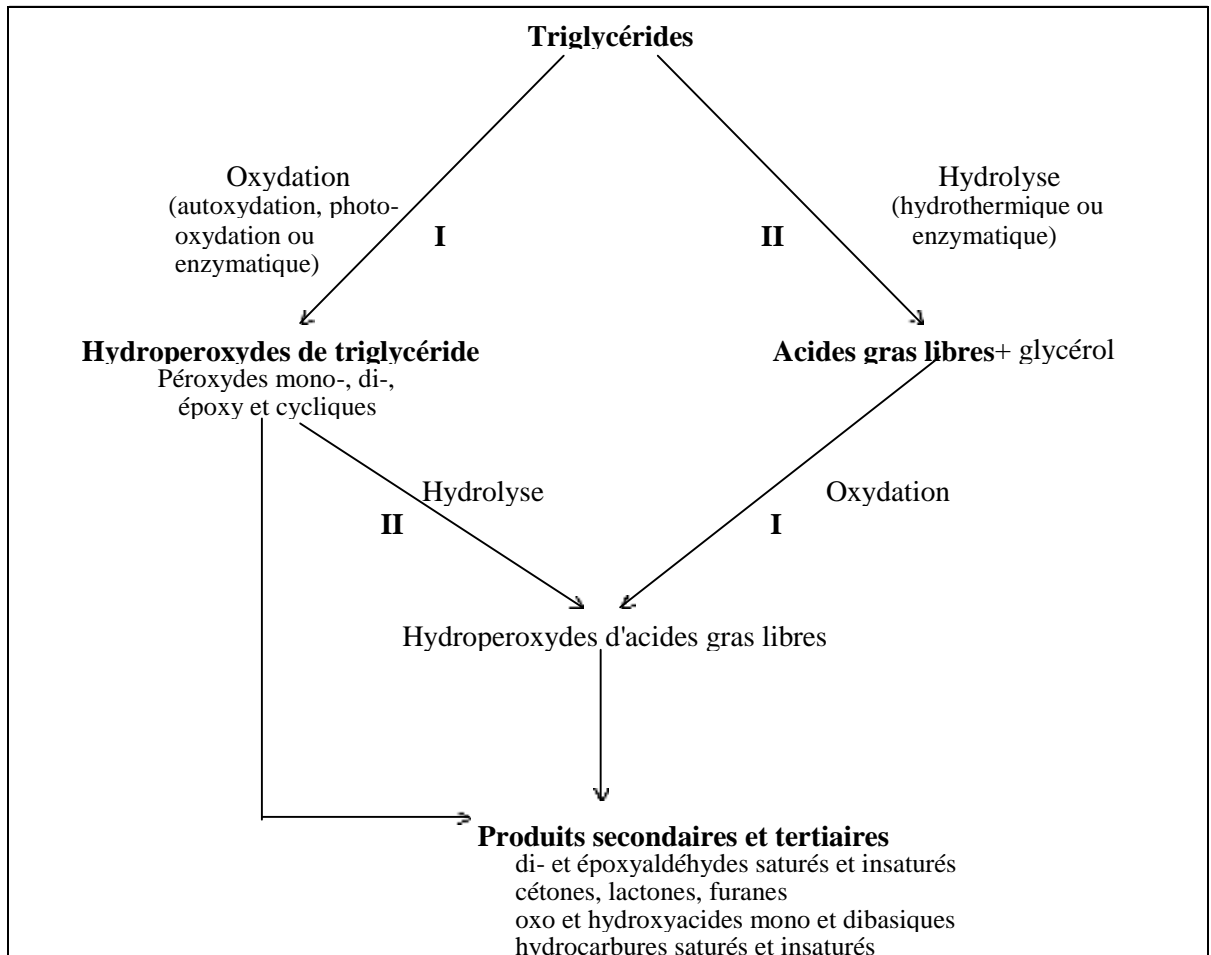


Figure n°4 : Différentes réactions de dégradation des huiles végétales (Dobagarnes et al, 2000 ; Belitz et al, 2004).

Ces facteurs contribuent de façon importante aux changements des propriétés physico-chimiques des huiles au cours des fritures (Dobagarnes et al, 2000 ; Belitz et al, 2004).

La dégradation des corps gras au cours d'une friture est en fonction aussi de la composition d'huile de départ, de la nature de l'aliment ainsi que des conditions de friture telles que la température de friture et la surface d'huile exposée à l'air, l'emploi périodique, mode de transformation de chaleur (gaz ou électrique) (Cheftel et Cheftel, 1977).

I.6.1. Réaction d'oxydation

Au contact de l'air, les acides gras ont tendance à s'oxyder, en effet les doubles liaisons attirent les molécules d'oxygène (Delmi, D.A. 2004). Les réactions d'oxydation provoquent l'apparition d'arômes et des changements de couleur souvent indésirables dans les huiles de friture ou dans les produits frit (Melton et al., 1994). Et favorise l'apparition des composés peroxydes et de polymères. (Belitz et al, 2004).

L'oxydation se déroule en trois étapes principales (figure n°5) (Cheftel et Cheftel, 1977).

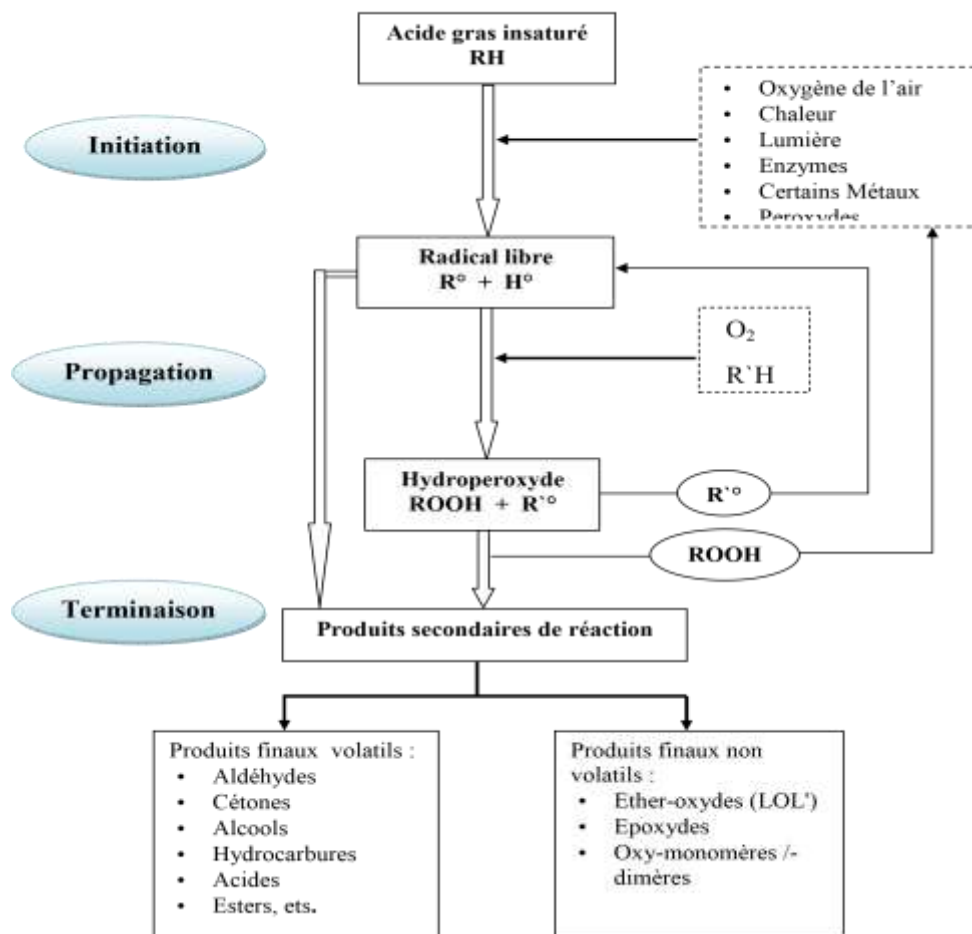


Figure n°5 : les trois phases d'oxydation des corps gras

➤ **Altération thermo oxydative**

Selon les cycles de chauffage et de refroidissement auxquels sont soumis les corps gras au cours de leurs utilisations en friture, il y a des diminutions de certaines composés d'intérêt nutritionnel d'origines tels que les vitamines et les (AGPI) et l'apparition d'espèces chimique nouvelles (ECV) (composés volatils et des composés non volatils (Grand girard, A. 1992).

I.6.2. Réaction d'hydrolyse

Les réactions d'hydrolyse sont moins importantes lors des conditions normales de fritures (**Gornay, 2006**). Au contact de la vapeur d'eau, ces réactions rompent les liaisons entre le glycérol et les acides gras conduisant à la formation d'AGL, MG, DG et de glycérol (composés sensibles aux réactions de polymérisation et d'oxydation (**Rojas Gonzalez, 2007**). Les résidus issus de ces dernières sont responsables des principaux défauts de goût et d'odeur (**Vitrac et al, 2003**)

I.6.3. Réaction de polymérisation

Les réactions de polymérisation des acides gras insaturés et de leurs glycérides ne se produisent que sous l'effet de températures élevées. 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 (**Vitrac et al, 2003**)

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

Toutefois, il faut signaler que les huiles végétales contiennent naturellement des antioxydants qui protègent les huiles de ces altérations. 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**).

I.7. Choix de l'huile de friture

La matière grasse choisie pour les fritures doit résister à de hautes températures de 160 à 180°C et doit être aussi stable à l'oxydation. Les matières grasses les plus stables sont celles qui sont pauvres en doubles liaisons et ne sont pas sujettes à des modifications quand elles entrent en contact avec l'oxygène

Les huiles végétales polyinsaturées de la première pression à froid : tournesol, colza et lin offrent un apport thérapeutique important, mais elles ne supportent pas la cuisson, elles sont sensibles à l'oxydation (**Graille, 2003**).

Il est possible de limiter les réactions de dégradation des huiles en privilégiant l'utilisation des huiles où les matières grasses végétales sont riches en acides gras mono insaturés (et faibles en C 18:2 et C 18:3), en particulier les huiles de coprah, de palme, ainsi que les huiles ou les matières grasses hydrogénées. Le choix du type ou du mélange d'huiles utilisées dépend de la préparation et de l'acceptabilité du produit par le consommateur (l'arôme, texture, saveur, arrière-gout, stabilité de l'huile lors du stockage). Le choix d'une huile prend aussi en compte la disponibilité des huiles ou des matières grasses utilisées, leurs valeur nutritionnelle/composition en acides gras essentiels ou précurseurs et les carotènes.(**Ranhotra, 1993**).

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

Ce travail a pour objectif d'étudier l'effet de la friture répétée sur la qualité de trois types d'huiles végétales, à savoir les huiles de soja, de tournesol et de colza.

Ce chapitre est réparti en deux volets. Le premier volet présente des généralités sur les conditions et toutes les opérations de friture avec trois types d'huiles végétales (soja, tournesol, colza) et le second volet indique les différentes méthodes d'analyses utilisées (détermination des indices physiques et chimiques des huiles).

II.1. Conditions et opérations de friture

II.1.1. Définition de la friture

La friture est un mode de cuisson dont l'huile est utilisée comme vecteur de chaleur pour cuire l'aliment. La cuisson des aliments intervient au point d'ébullition de l'eau contenue dans l'aliment (100 C°), qui est plus basse que celle de l'huile, cette eau va ensuite s'échapper sous forme de vapeur. Certains aliments se prêtent bien à la friture profonde avec changement d'aspect (doré, croustillance, nouvelles saveurs). Ces changements résultent de la réaction de l'huile chauffée et la surface des aliments, La friture permet la déshydratation et la cuisson des aliments riches en eau (fruits, légumes, viandes et poisson, racine et tubercules). (**Gonde, Morin 2012**).

II.1.2. Choix de l'huile de friture

La plupart des huiles végétales contiennent des concentrations importantes en acides gras mono insaturés et polyinsaturés. Les huiles qui contiennent des acides gras saturés sont stables à la friture par rapport aux huiles polyinsaturées, mais du point de vue nutritionnel ces dernières sont considérées meilleures pour la santé [62].

Dans cette étude, nous avons choisi trois types d'huiles végétales raffinées qui sont les huiles de soja, tournesol et colza parce qu'elles sont les plus disponibles sur le marché et les plus consommées en Algérie. (**Graille 2003**).

Ces trois huiles ont été fournies par la raffinerie d'huile du complexe agroalimentaire Cevital (annexe 05)

II.1.3. Choix de l'aliment

La nature de l'aliment frit constitue le dernier facteur d'influence dans la mesure où la qualité et la composition de l'huile de friture peuvent être modifiées selon l'aliment (**Gonde, Morin. 2012**)

L'aliment choisi dans ce présent travail est la pomme de terre car c'est l'aliment le plus utilisé dans la friture et de composition relativement simple.

La pomme de terre ne doit pas être conservée au frigo. Les conditions idéales de sa conservation sont une température entre 8 et 10°C et à l'abri de la lumière (**Swisspatat, 2011**).

II.1.4. Format de la Frite

La pomme de terre à frire peut être coupée de différentes formes : allumette, cube, rondelle,...

Dans ce travail, les pommes de terre sont coupées sous forme allumette.

Le format de la pomme de terre influence l'absorption d'huile. Plus le ratio surface/poids de la pomme de terre coupée est élevé, plus le produit absorbe de l'huile (**Rossel, 2001**).

II.1.5. Température de la friture

La température est le principal facteur d'altération d'une huile, la température de référence admise pour la friture est entre 170-180°C. Au-delà de 190°C, il y a un surchauffage provoquant une dégradation accélérée de l'huile. Dans ce présent travail, la température de la friture est de 180°C (**Gonde, Morin. 2012**)

II.1.6. Temps

Le temps de friture est un paramètre important, il faut le prendre en considération lors des expériences pour atteindre les résultats de ces dernières, ainsi le temps de friture est limité et varie selon le produit frais (**Gonde, Morin. 2012**).

Le temps nécessaire pour frire les pommes de terre coupées est de 5 minutes.

II.2. Procédure de friture

Les fritures ont été réalisées dans un bain de friture non couvert, sans ventilation artificielle avec une agitation manuelle pour bien disperser les frites dans le bain d'huile.

Nous avons réalisé 8 fritures répétées pour chaque type d'huile et le prélèvement de l'échantillon se fait après chaque friture.

La procédure de friture était réalisée dans les mêmes conditions, ce qui diffère est seulement le type d'huile utilisée dans l'expérience.

Le volume des trois huiles et le poids de la pomme de terre utilisés durant la friture sont mentionnés dans le tableau IX.

Tableau IX : Volume des huiles et poids de la pomme de terre utilisés pour chaque friture.

N° de la friture	Volume de l'huile (mL)	Poids de la pomme de terre (g)
F1	1000	200
F2	910	182
F3	820	164
F4	730	146
F5	640	128
F6	550	110
F7	460	92
F8	370	74



Figure 06 : Volume initial des trois huiles (Soja-Tournesol-Colza). Avant la friture

Figure 07 : Quantité initial de Pomme de terre

Nous avons fait chauffer l'huile conditionnée dans une friteuse à $180 \pm 5^\circ\text{C}$, température mesurée par un thermomètre de laboratoire. Puis nous avons ajouté une quantité de pomme de terre coupée comme l'indique le tableau (A) et nous avons laissé frire pendant 5 à 6 min. Après cuisson, puis refroidissement à une température de $20 \pm 5^\circ\text{C}$, un échantillon de 50 ml d'huile a été prélevé. Le volume d'huile restant est réutilisé pour une autre friture.

Pour tous les types d'huiles, la prise d'un échantillon de 50 mL pour chaque friture a été effectuée.

- Huit (08) échantillons de 50 ml de l'huile soja.
- Huit (08) échantillons de 50 ml de l'huile de tournesol.
- Huit (08) échantillons de 50 ml de l'huile de colza.

Le nombre total d'échantillons est de 24. Ces derniers sont mis et conservés dans des flacons en verre bien fermés à l'abri de la lumière pour d'éventuelles analyses.

II.3. Méthodes d'analyses

II.3.1. Détermination des indices chimiques

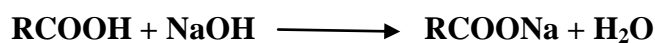
II.3.1.1. Détermination de l'acidité (ISO 3960,2007)

a. Définition

L'acidité d'une huile est exprimée conventionnellement en pourcentage d'acide gras oléique ou palmitique prédominant dans le corps gras.

b. Principe

Cette méthode consiste à une neutralisation des acides gras par une base (solution de NaOH) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré.



c. Mode opératoire

10 g de l'huile à analyser, 75 mL de solution d'alcool neutralisée (éthanol) et quelques gouttes de phénolphtaléine sont introduits dans un erlenmeyer. Ce mélange est ensuite titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) (0,1 N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante quelques secondes (10 secondes). Le volume de NaOH utilisé pour la neutralisation est noté.

Le taux d'acidité des trois huiles a été déterminé selon la formule suivante :

$$A \% = M.V.N / P.10$$

Avec,

A% : Acidité exprimée en pourcentage

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

N : Normalité de NaOH (0,1 N)

V : Volume de NaOH nécessaire au titrage (mL)

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

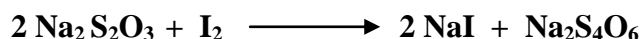
II.3.1.2. Détermination de l'indice de peroxyde (ISO 3960,2007)

a. Définition

L'indice de peroxyde est la quantité d'oxygène actif, exprimé en milli équivalent, contenu dans un (1) g de corps gras et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. Sa détermination nous renseigne sur le degré d'oxydation de l'huile.

b. Principe

Le principe de la méthode repose sur le traitement d'une prise d'essai huile en solution d'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium (KI). Le titrage d'iode libéré se fait par une solution de thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré selon la réaction suivante.



c. Mode opératoire

5 g d'huile, 12 mL de chloroforme et 18 mL d'acide acétique ont été introduits dans un erlenmeyer. 1 mL d'iodure de potassium (KI) saturé est ajouté à cette solution. Après agitation pendant une minute et repos pendant 5 minutes, 75 mL d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon ont été additionnés au mélange précédent. Cette solution est de nouveau agitée pour avoir une solution homogène. Ensuite, nous avons procédé au titrage de cette solution par une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) (0,01 N) jusqu'à ce qu'elle soit transparente. Parallèlement, un essai à blanc (sans huile) a été effectué.

La valeur de l'indice de peroxyde a été calculée selon la formule suivante :

$$IP = N. (V_1 - V_0). 1000/P$$

Avec,

IP : Indice de peroxyde en mg O₂/Kg

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

V₁ : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour le titrage (mL)

V₀ : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai à blanc (mL)

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

II.3.1.3. Détermination de l'indice d'iode (ISO 3961,1996)

a. 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 des corps gras.

b. Principe

Le principe de cette méthode est de faire réagir une solution non-aqueuse de matière grasse avec un excès connu de réactif, à l'abri de la lumière, pendant le temps nécessaire. L'excès du réactif est ensuite titré par une solution standard de Na₂S₂O₃ et la quantité d'iode qui a été fixée par la graisse a été déduite.

c. Mode opératoire

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

La valeur de l'indice d'iode a été calculée comme suit :

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

Avec,

I_i : Indice d'iode g/100g

V₀ : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc (mL)

V : Volume de thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃ utilisé pour l'échantillon (mL)

N : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium

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

12,69 : Equivalent gramme d'iode (I₂)

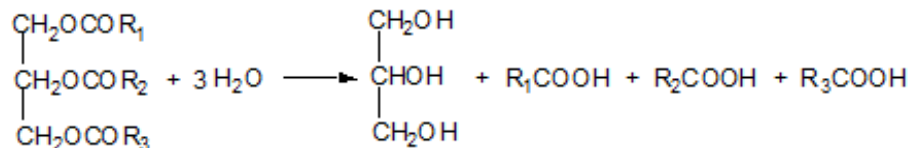
II.3.1.4. Détermination de l'Indice de Saponification

a. Définition

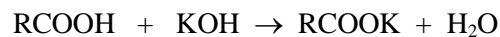
L'indice de saponification est la quantité en milligramme (mg) d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour saponifier les acides gras libres présents dans un (1) gramme de corps gras.

b. Principe

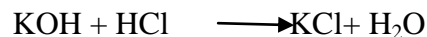
Le principe de la méthode repose sur l'ébullition de l'huile à analyser avec un volume précis et en excès de la solution standard de KOH selon les réactions suivantes :



Les acides gras libérés réagissent avec le KOH :



L'excès de KOH est titré par une solution titrée de HCl :



c. Mode opératoire

2 g de l'huile à analyser sont introduits dans un ballon à fond rond, puis 25 mL d'une solution de KOH éthanolique (0,5 N) ont été ajoutés à l'aide d'une burette. Après fermeture, le ballon est déposé sur un chauffe ballon surmonté d'un réfrigérant à reflux. Le mélange précédent est laissé bouillir pendant une heure. Une fois refroidit, quelques gouttes de phénolphaléine ont été additionnées et la solution est titrée avec une solution d'acide chlorhydrique HCl (0,5 N) jusqu'à la disparition de la couleur rose et la réapparition de la couleur initiale du mélange (transparente). Le volume de la chute de burette est noté. Un essai à blanc sans corps gras a été réalisé dans les mêmes conditions expérimentales.

La valeur de l'indice de saponification a été calculée selon la formule suivante :

$$I_s = (V_0 - V_1) \cdot N \cdot 56,1/P$$

Avec,

I_s : Indice de saponification en mg KOH/g d'acide gras

V₀ : Volume d'HCl utilisé pour l'essai à blanc (mL)

V₁ : Volume d'HCl utilisé pour l'échantillon à analyser (mL)

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

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

56,1 : Masse molaire du KOH (g/mol)

II.3.2. Détermination des indices physiques

II.3.2.1. Détermination de l'indice de réfraction (ISO 6357, 2000)

a. Définition

L'indice de réfraction d'une huile est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminé faisant circuler de l'air dans de l'huile maintenue à une température constante. Cet indice est en rapport étroit avec le degré d'insaturation des acides gras, et il est inversement proportionnel avec l'indice d'iode.

b. Principe

Suivant le réfractomètre utilisé, l'appareil permet soit de mesurer directement l'angle de réfraction, soit d'observer la limite de réflexion totale. L'huile est maintenue dans des conditions d'isotropisme et de transparence.

c. Mode opératoire

Quelques gouttes de l'huile à analyser ont été étalées sur la lame bien nettoyée du réfractomètre 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 a été déterminé comme suit :

$$N_D^+ = N_D^{t'} + 0,00035 (t - t')$$

Où,

N_D^+ : Indice de réfraction lu sur le réfractomètre.

$N_D^{t'}$: Indice de réfraction à température t'

t : Température de l'échantillon pendant l'analyse (température ambiante).

t' : Température égale à 40°C.

0,00035 : Variation de l'indice de réfraction des triglycérides par degré au voisinage de 20°C (40°C).

II.3.2.2. Détermination de la couleur (ISO 15305,1998)

a. Définition

La couleur d'un aliment est une propriété organoleptique qui joue un rôle important dans l'évolution de sa qualité. Sa détermination est réalisée à l'aide d'un colorimètre automatique ayant soit des gammes très spécifiques d'échelles de couleur, soit une gamme très étendue et flexible.

b. Principe

La méthode de détermination de la couleur consiste à faire une comparaison entre la couleur de la lumière transmise à travers une couche de graisse liquide et la couleur de la lumière provenant de la même source, transmise à travers des lames colorées standardisées.

c. Mode opératoire

De l'huile est versée dans une cellule (1 cm d'épaisseur) qui est ensuite placée dans un colorimètre.

Les résultats du test de détermination de la couleur sont directement lus sur la planche du colorimètre, ils sont exprimés en unités de jaune et de rouge.

CHAPITRE III

Résultats et discussion

III.1. Détermination des indices chimiques

III.1.1. Détermination de l'acidité

Après avoir frit la pomme de terre coupée dans les trois (03) types d'huile 08 (huit) fois, la détermination des indices chimiques a été réalisée. Les résultats obtenus concernant l'acidité de chaque friture sont représentés dans la figure 08.

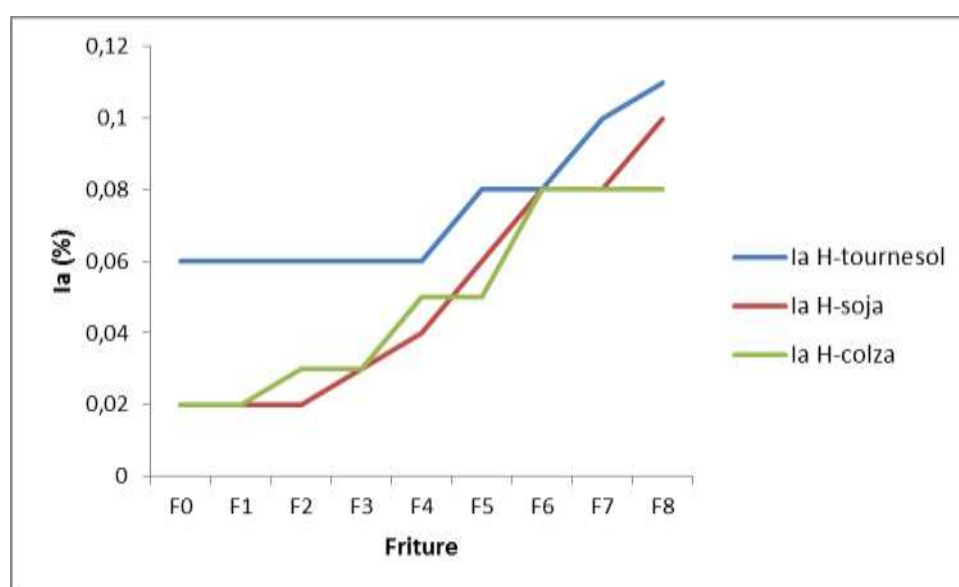


Figure n° 08 : Représentation graphique de l'acidité en % des trois huiles au cours des fritures (F : Friture) (Ia : Indice d'acide).

Les résultats obtenus montrent que l'acidité des trois huiles augmente au fur et à mesure que le procédé de la friture avance (F1 jusqu'à F8).

En effet, après la première friture (F1) l'acidité de l'huile de soja est de 0,02 %, puis atteint 0,10 % à la huitième friture (F8). La différence d'acidité pour cette huile est de 0,08 % dès la deuxième (2^{ème}) friture.

Pour l'huile de tournesol, les résultats obtenus montrent que les valeurs d'acidité sont comprises entre 0,05 % après la première friture (F1) jusqu'à 0,11% à la huitième (8^{ème}) friture (F8). Pour cette huile, les valeurs de l'acidité restent stable jusqu'à la quatrième (4^{ème}) friture (F4) 0,06 %, puis augmente de 0,05% jusqu'à la huitième (8^{ème}) friture.

Nous remarquons aussi que l'acidité de l'huile de colza après la première friture (F1) est 0,02 %, puis augmente jusqu'à 0,08 % au bout de la sixième friture (F6). Pour les fritures suivantes (F7) et (F8), l'acidité de l'huile de colza s'est stabilisée à 0,08%.

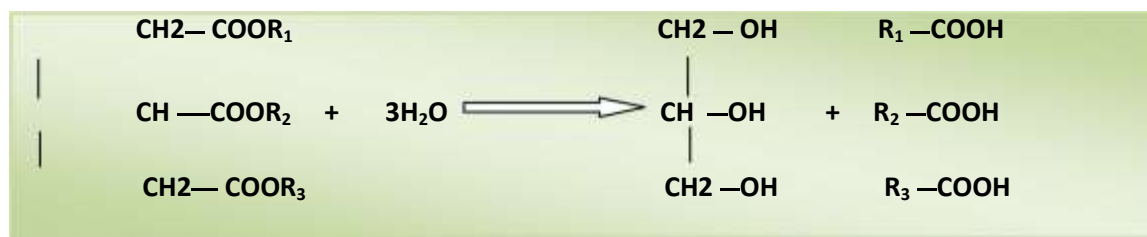
L'acidité nous renseigne sur le taux d'acides gras libres (AGL) présents dans l'huile et permet d'estimer le degré d'altération hydrolytique (Etal, 1998). Cette augmentation est

expliquée par la présence d'eau dans le bain de friture apportée par l'aliment frit (pomme de terre) et les hautes températures appliquées (180°C). Ceci provoquent les réactions d'hydrolyse des triglycérides contenues dans l'huile qui libèrent les AGL, augmentant ainsi leurs teneur dans le bain (**Wassef et Nawer, 1996 ; Gertz et Kochhar 2001**).

L'augmentation de l'acidité au niveau des trois huiles au cours de la friture diffère légèrement et la valeur de l'acidité de l'huile de colza à la huitième (8^{ème}) friture (F8) est légèrement plus faible (0,08%) que celles des deux autres huiles, les huiles de soja et de tournesol qui sont respectivement de 0,10 et 0,11%, cela dit que les réactions d'hydrolyse de l'huile de colza est faible au cours des fritures.

L'augmentation de l'acidité de l'huile de tournesol (0,11%) reste inférieure à la limite maximale établie par la norme (0,3 %) fixée par **ISO 660 (1996)**.

D'après **Bensmira et al. (2007)**, la réaction d'hydrolyse est favorisée par la haute température et la présence d'humidité et d'air selon la réaction suivante :



Donc nous pourrions considérer que la friture profonde et répétée en présence de l'eau de l'aliment présente un effet d'échange d'acidité.

III.1.2. Détermination de l'indice de peroxyde

Les résultats obtenus de l'indice de peroxyde des trois types d'huile de chaque friture sont représentés dans la figure n°09.

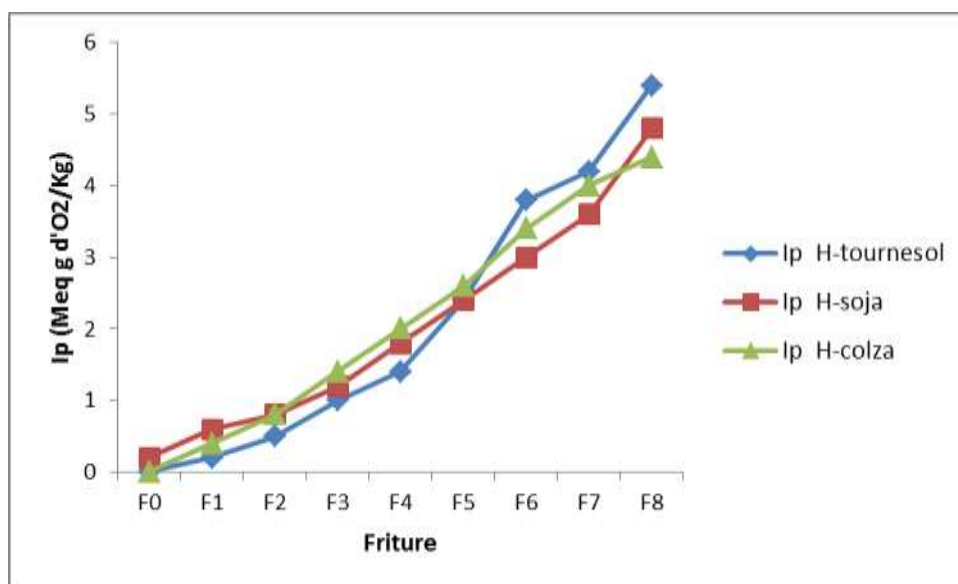


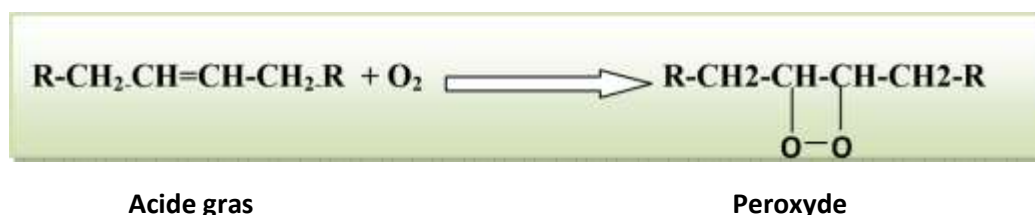
Figure n° 09: Représentation graphique de l'indice de peroxyde en Meq g O₂/Kg des huiles au cours des fritures (Ip : Indice de peroxyde).

Les résultats obtenus montrent que l'indice de peroxyde qui est exprimé en meq d'O₂/Kg des trois huiles augmente progressivement au cours des fritures.

Les valeurs obtenues pour l'indice de peroxyde de l'huile de soja évoluent de 0,6 meq d'O₂/Kg après la première friture (F1) à 4,8 Meq g d'O₂/Kg à la huitième friture (F8). Pour l'huile de tournesol, les valeurs de l'indice de peroxyde augmentent de 0,2 à 5,4 Meq g d'O₂/Kg au bout de la huitième friture (F8). L'indice de peroxyde de l'huile de colza a également augmenté au cours des fritures répétées, les résultats d'analyses montrent qu'il va de 0,4 à 4,4 Meq g d'O₂/Kg.

Il faut noter que par rapport à l'huile de soja, qui présente au début (F0) un indice de peroxyde de 0,2 Meq g d'O₂/Kg, les deux autres types d'huile présentent avant la friture (F0) des indices de peroxydes nuls. Ceci signifie que les fritures répétées ont un effet sur cet indice des huiles.

Cette augmentation de l'indice de peroxyde au cours de la friture est expliquée par la formation des peroxydes (composés primaires) suite à l'exposition de l'huile à de hautes températures (180 °C), en présence de l'air qui favorise les réactions de peroxydation (El-Shami et al., 1992 ; Saguy et al., 1998 ; White et Miller, 1988) Cette peroxydation détruit les acides gras de l'huile et conduit à l'obtention de composés très toxiques (Deymie et al., 1981 ; Lamboni et al., 2005). Le chauffage de l'huile à des températures élevées favorise la formation des peroxydes par la lyse des doubles liaisons des acides gras selon la réaction suivante :



Selon (Uzzan et Lourg ,1958), le chauffage et le refroidissement répétés alternativement favorisent l'altération des graisses car les peroxydes se forment au cours du refroidissement. Ces composés sont très instables à des températures élevées ce qui donne naissance à des composés secondaires tels que les aldéhydes et les cétones (Vitrac et al., 2003) Ceci explique, selon certains travaux, la diminution de l'indice de peroxyde quand la procédure de friture est répétée plus de 12 fois.

En comparant les trois huiles, nous remarquons que la valeur maximale de l'indice de peroxyde de l'huile de tournesol au bout de la huitième friture est de 5,4 Meq g d'O₂/Kg, plus élevé que celui des deux autres huiles. La diminution de la stabilité oxydative est liée à la diminution et la perte de la valeur en α -tocophérols (antioxydants) après plusieurs fritures (Juarez et al., 2011)

Selon la norme ISO 3960 (2007), la valeur de l'indice de peroxyde ne doit dépasser 10 Meq g d'O₂/Kg, qui est une valeur supérieure aux valeurs obtenues dans ce présent travail après la huitième friture. Cela permet de confirmer qu'après plusieurs fritures, les huiles deviennent nocives. Ainsi cette étude montre l'effet de la friture sur la stabilité des huiles végétales, donc plus cet indice est élevé plus la matière grasse est oxydée.

III.1.3. Détermination de l'indice d'iode

Les résultats obtenus pour l'indice d'iode des trois types d'huiles de chaque friture sont représentés dans la figure 10.

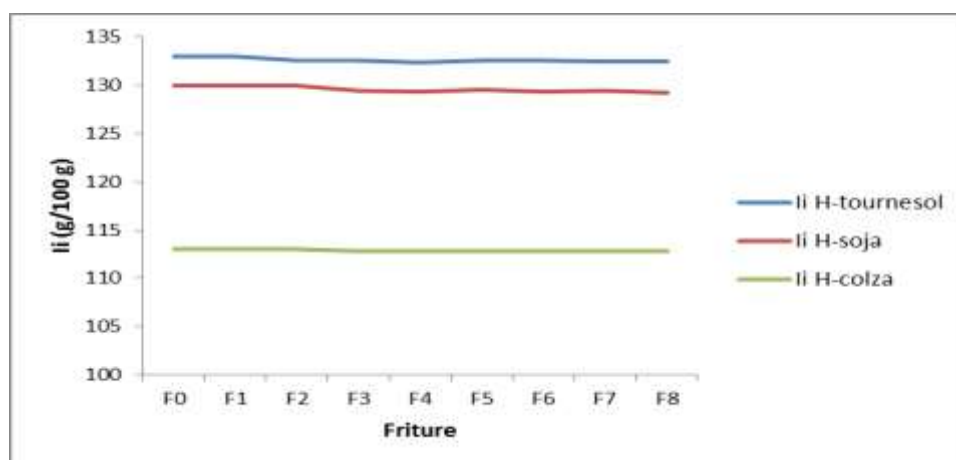


Figure n° 10: Représentation graphique de l'indice d'iode en g/100 g des trois huiles au cours des fritures (Ii : Indice d'iode).

Nous constatons d'après les résultats obtenus (figure n°10) que l'indice d'iode diminue légèrement au cours des fritures. En effet, la valeur de cet indice avant la friture (F0) pour l'huile de soja est de 130 g/100 g, puis diminue pour atteindre 129,2 g/100 g au bout de la huitième friture. Pour l'huile de tournesol, la valeur de l'indice d'iode diminue de 133 g/100 g avant la friture (F0) à 132,44 g/100 g à la huitième friture (F8). L'huile de colza a également montré une diminution progressive de cet indice, de 113 g/100 g à F0 jusqu'à 112,82 g/100 g à F8.

(Gertz 2008) a rapporté que la diminution de cet indice est expliquée par la formation de produits d'oxydation lipidiques ou d'acides gras insaturés (AGI), ce qui diminue l'insaturation de l'huile.

Selon (Adrian et al. 1998) l'indice d'iode permet de mesurer le degré d'insaturation (double liaison) globale d'une matière grasse.

Les produits résultant de la polymérisation et de la cyclisation des acides gras restent dans l'huile et deviennent toxiques aux consommateurs (le Floch et al., 1968). Pour cela, il faut réduire le nombre de fritures et protéger les huiles de friture de l'air et de la lumière et du sur chauffage pour éviter leur dégradation.

III.1.4. Détermination de l'indice de saponification

Les résultats obtenus de l'indice de saponification pour les trois (03) huiles de chaque friture sont représentés dans la figure 11.



Figure n°11 : Représentation graphique de l'indice de saponification des trois huiles au cours des fritures (Is : Indice de saponification).

Les résultats de l'indice de saponification (figure n°11) des huiles est relativement stables au cours des fritures. Nous avons constaté une très légère diminution de 192 mg/g avant la friture F0 à 191 mg/g au bout de la huitième pour l'huile de soja et de 189 mg/g en F0 jusqu'à 188 mg/g à la huitième friture pour l'huile de tournesol. Pour l'huile de colza, nous remarquons que l'indice de saponification reste stable à la valeur de 187 mg/g avant la friture et à la huitième friture.

Cette légère diminution de l'indice de saponification est liée à la résistance des chaînes d'acides gras à la température de friture de 180°C.

D'après (**Juarez et al. 2011**), la valeur de l'indice de saponification reste constante même après une durée de 32 heures de fritures

La valeur de l'indice de saponification est liée à la longueur moyenne des chaînes carbonées d'acides gras constitutifs du corps gras. En effet, sa valeur est d'autant plus élevée que le poids moléculaire des acides gras est faible (**Moror, 1992**).

L'huile est sensible aux traitements thermiques tels que la friture. Elle subit une dégradation de ses acides gras polyinsaturés qui donnent par la suite des produits polaires nocifs pour la santé.

III.2. Détermination des indices physiques

III.2.1. Détermination de l'indice de réfraction

Les résultats obtenus de l'indice de réfraction des trois types d'huiles de chaque friture sont représentés dans la figure n°12.

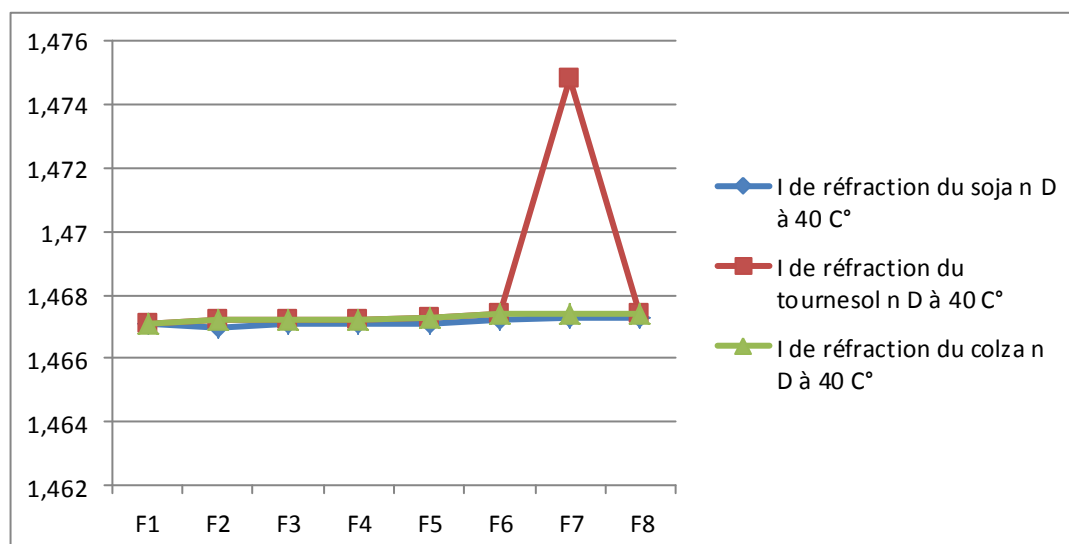


Figure n°12 : Représentation graphique de l'indice de réfraction des trois (03) huiles au cours des fritures.

Les graphes présentés dans la figure n°12 montrent que l'indice de réfraction augmente légèrement avec l'augmentation du nombre de fritures. En effet, cet indice passe de 1,4670 avant friture (F0) à 1,4673 après la huitième friture (F8) pour l'huile de soja. Pour les huiles de colza et de tournesol, nous remarquons également une légère augmentation de 1,4671 avant la friture à 1,4674 à la huitième friture.

Ces valeurs sont dans l'intervalle de normes établies par **ISO 6320-15-03 (2003)** qui est de 1,458-1,47.

L'augmentation de l'indice de réfraction est expliquée par une altération des huiles au cours des fritures. En effet, au cours des fritures les caroténoïdes et la chlorophylle sont détruits, ce qui provoque un brunissement de l'huile, et les radicaux formés se sont polymérisés (**Perrin, 1992**)

III.2.2. Détermination de la couleur

Les résultats obtenus de la couleur des trois (03) huiles de chaque friture sont représentés dans les figures n°13, 14 et 15.

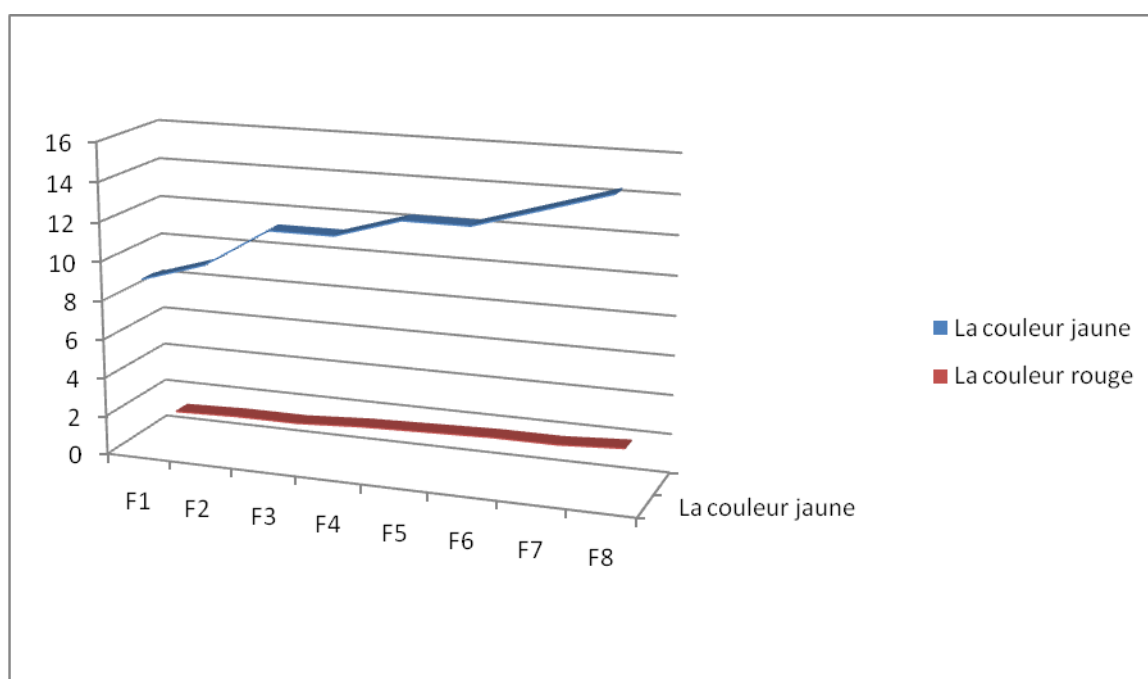


Figure n°13 : Représentation graphique de la couleur jaune et rouge de l'huile de soja au cours de la friture.

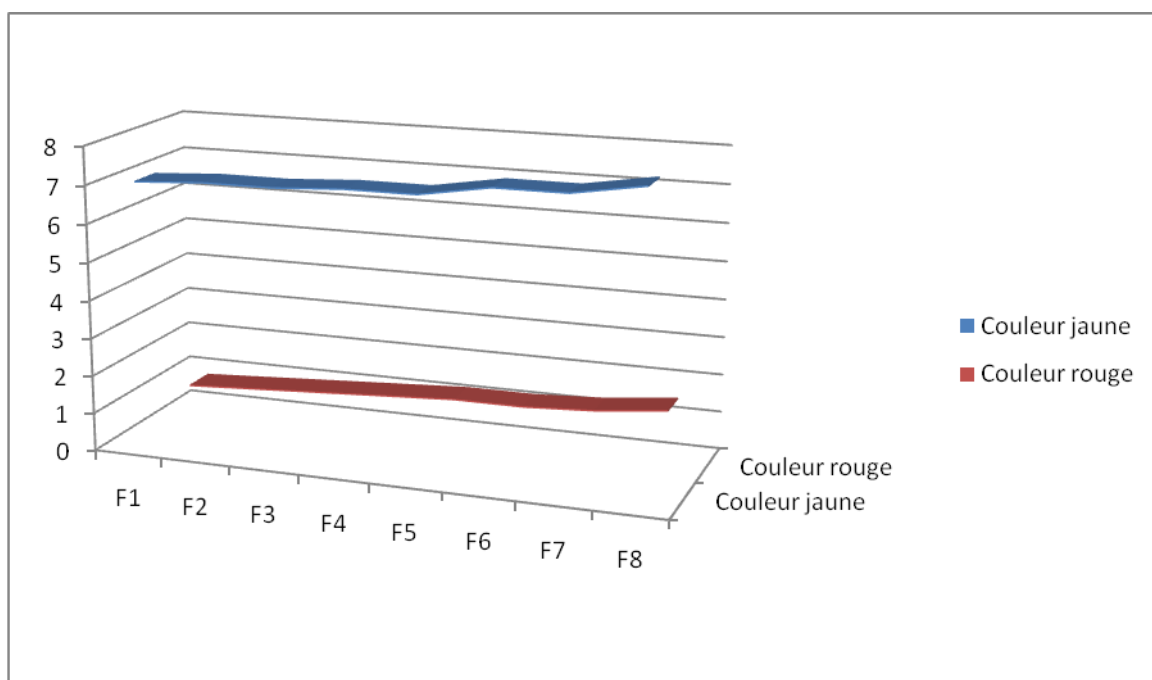


Figure n° 14 : Représentation graphique de la couleur jaune et rouge de l’huile de tournesol au cours de la friture.

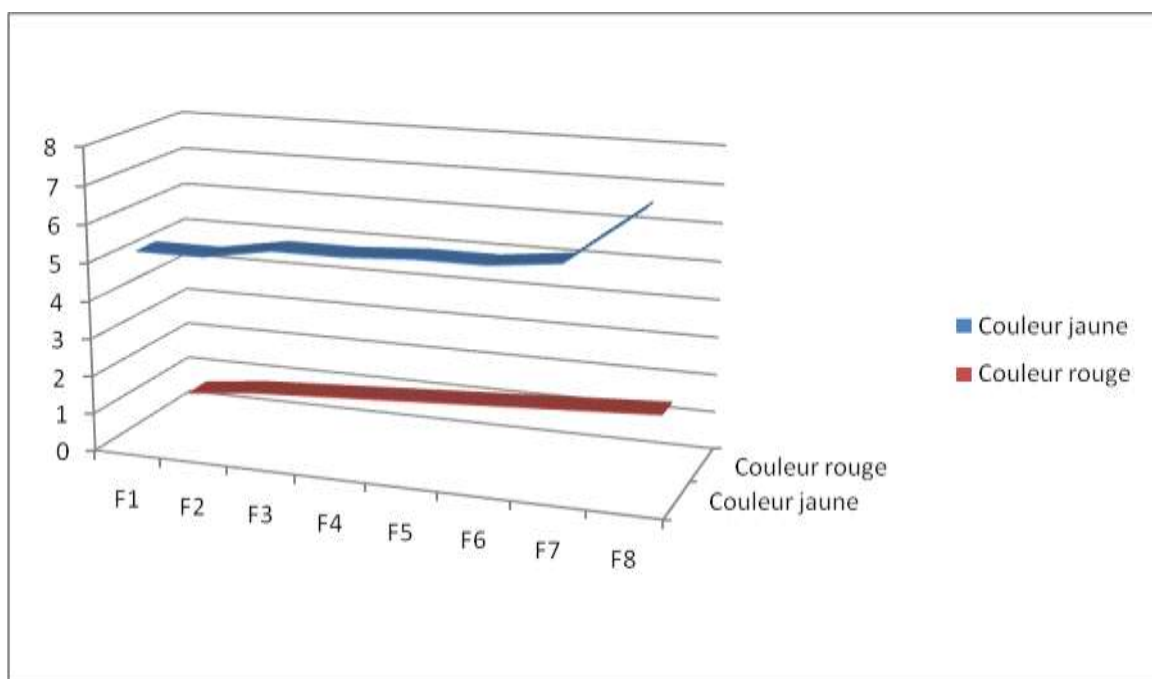


Figure n° 15: Représentation graphique de la couleur jaune et rouge du colza au cours de la friture.

Selon les résultats obtenus, nous constatons que le nombre d'unités de jaune et de rouge augmentent en fonction du nombre de friture pour l'huile de soja. La couleur jaune augmente de 9 unités avant la friture à 15 unités à la huitième friture et la couleur rouge augmente de 1 unité avant la friture jusqu'à 1,8 unités la huitième friture.

Pour l'huile de tournesol, la couleur jaune est de 7 unités avant la friture puis augmente légèrement à 7,8 unités à la huitième friture, alors que la couleur rouge passe de 0,8 unités avant la friture à 1,5 unité après la huitième friture.

Quant à l'huile de colza, nous remarquons une augmentation de la couleur jaune de 5 unités avant la friture à 7,2 à la huitième friture, tandis que la couleur rouge va de 0,6 unités à F0 à 1,4 unité au bout de la huitième friture.

L'altération des huiles de friture se traduit par une intensification de la couleur d'origine, exprimée en unités de jaune et de rouge nécessaire pour l'obtention de la couleur adéquate des échantillons analysés.

La couleur se modifie en général au cours du temps et est très influencée par la nature de l'aliment à frire (**Perrin, 1992**).

Ce changement et cette augmentation de la couleur lors des fritures s'expliquent par la présence de polymères thermo-oxydés (**Melton et al., 1994**) qui résultent du brunissement de l'huile de friture par les réactions de Maillard et aussi de la dégradation des substances colorantes naturelles présentes dans l'huile d'origine colorée (**Pokorny, 2003**) et les pigments qui sont libérés par l'aliment frit (pomme de terre).

Nous notons que cette augmentation de la couleur témoigne de l'altération de l'huile de point de vue organoleptique.

L'évolution de la couleur n'a pas dépassé les normes établies par **ISO 15305 (1998)** qui sont de 12 unités de la couleur jaune et 1,2 unité de la couleur rouge pour l'huile de tournesol et l'huile de colza, mais pour l'huile de soja les valeurs obtenues dans le présent travail ont dépassé la norme pour atteindre 15 unités pour le jaune et 1,8 unité pour le rouge. Cette évolution indique que l'huile de soja est plus altérée au cours des fritures.

En effet, lors du surchauffage d'une huile il y a des produits oxydés qui se forment et une modification de la structure des acides gras. Donc il faut choisir, lors des fritures, des huiles stables à la chaleur et résistante mieux à l'oxydation, et constituées d'acides gras saturés ou mono insaturés. Lorsque nous utilisons des huiles polyinsaturées, il faut limiter le nombre de fritures de 6 à 7 fritures, pour éviter la formation de substances toxiques et cancérigènes. (**Fillion et Henry 1998**)

Les effets de la dégradation des huiles au cours des fritures sont favorisés par plusieurs facteurs tels que la température de la friture, la durée de chauffage, la nature de l'aliment à frire et le temps d'exposition à l'air. Ils sont marqués par:

- la diminution de certains composés d'intérêt nutritionnel ;
- l'apparition de composés volatils responsables d'odeurs désagréables ;
- l'apparition de composés non volatils qui devient toxiques à fortes doses ;

L'apparition de mousse et brunissement de l'huile. (**Fillion et Henry 1998**)

Enfin, ces tests restent préliminaires et seuls ne peuvent pas démontrer la dégradation des huiles. Ce travail doit être complété par d'autres analyses à savoir l'analyse des composés apparus lors des fritures par la chromatographie en phase gazeuse (CPG).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion et perspectives

Dans ce présent travail, nous avons réalisé une étude comparative portant sur l'effet de la friture sur la qualité de trois huiles végétales (soja, tournesol, colza) produites par la raffinerie agroalimentaire Cevital.

Pour se faire, nous avons réalisé un certains nombre d'analyses physico-chimiques pour les trois huiles après huit cycles de friture.

Les résultats obtenus montrent que les trois huiles subissent une altération thermoxydative qui est indiqué par la variation des valeurs des indices chimiques et des indices physiques des huiles utilisées par rapport à l'échantillon témoin (F0).

La détermination de ces caractéristiques montre :

- L'augmentation de l'indice de peroxyde et d'acidité, des unités de la couleur rouge et jaune, ainsi que des indices de réfraction des trois huiles ;
- La diminution de l'indice d'iode et de l'indice de saponification ;

Ainsi, comme les huiles utilisées sont insaturées, ils sont moins stables à l'oxydation.

Les résultats de la présente étude restent préliminaires. Il serait donc intéressant d'approfondir cette étude en faisant :

- Continuer la procédure de friture jusqu'à en déterminer la limite pour chaque type d'huile;
- Caractérisation des huiles de soja, de tournesol et de colza avant et après chaque friture par la CPG pour déterminer les nouveaux composés formés et ceux dégradés.

REFERENCES
Bibliographiques

- **Adrian. J ; Dan Villier. P ; Poiffait. A ; et Potus, J. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Ed. Tec et doc : 29-145.
- **AE, (1999).** 22 Lipides : Pp 1-31.
- **Anonyme V, (1996).**La biologie du Glycine max (L.) Mer. (Soja). Cahier parallèle à la Directive 94-08, Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux : p 4-5.
- **Bauer .w ; J. Badou .R ; Loliger. J ; and Etournaud. A. (2010).** "Sciences technologie des aliments," 1ed/Ed.
- **Belitz H. D., Grosch W., Scheibel P., (2004).**Food Chemistry.3ème ed. Springer, Heidelberg Germany. 1124 p.
- **Bernadette Deleplanque ; Inserm. (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
- **Blanc, J. P. (2007).** "Diététique : que manger pour être performant? Manuel pratique pour le sport et votre bien-être," Editions Amphore.
- **Blitz H. D; Grouch; Schreiber P. (2004).**Food Chemistry. 3ème ed. Springer, Heidelberg - Germany. 1124 p.
- **Charles A., Den G., (1997).**Abrégé de Biochimie alimentaire.4ème Edition Masson, Paris, pp 225-232.
- **Cheftel, J.C. et Cheftel, H. (1977).** 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 desaliments1, 271-369.
- **Cherfaoui M S, (2011).** Les cultures des oléagineuses : Enjeux et problématique. El Watan. 1403 .1-4.
- **Debruyne . I. (2001).** Soja : transformation et aspects industriels. *Techniques de l'Ingénieur*, F6030: p 1-12.

Références bibliographique

- **Delmi-Bouras, D.A. (2004).** Les constituants chimiques. In: Biochimie alimentaire. Ed. OPU, Alger: 1-41
- **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
- **El-Shami.S.M; ZakiSelem, I; et El-Mallah, H. (1992).** Dielectric properties for Monitoring the quality of heated oil, *American Journal Oil Chemist's and Society*, 9 (69): 871-876.
- **Etal. (1998).** Dielectric properties for Monitoring the quality of heated oil, *American Journal Oil Chemist's and Society*, 9 (69): 871-876.
- **Evrard. J ; Baudet. J et Burg hart P, (1986).** Conditionnement transformation. Produits : Cahier Technique Tournesol Ed.CETIOM.
- **Fillion . L;Henry C.J; (1998).** Nutrient losses and gains during frying: are view. *J. Food Sci. Nutr.*, 49(2):157-68.
- **Gertez. C ; et Kochhar, P. (2001).** A new method to determine oxidative stability of Vegetable fat and oil at stimulated frying temperature, *Oleagineuse-Corps gras-Lipides*, 8(1): 82-93.
- **Gertz, C. (2008).** Optimum deep-frying, from the food industries association of Austria. FIAA from June. P20.
- **Gonde P, Morin O. 2012.** Optimisation du choix de l'huile en friture industrielle : l'exemple Mc Caïn. *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.
- **Graille. J. (2003).** Lipides et corps gras alimentaires. Ed. Lavoisier, Paris. Pp : 254.
- **Grandgirard. A ;(1992).** Transformation des lipides au cours des traitements thermiques effet nutritionnels et toxicologiques. In : Aspects nutritionnels des constituants des aliments influence des technologies. Ed. Tec et doc : 49-67

Références bibliographique

- **ISO 15305. (1998)** Norme pour les huiles végétales portant un non spécifique. Détermination de la couleur.
- **ISO 3960, 2007** Norme pour les huiles végétales portant un non spécifique. Détermination de l'indice de peroxyde.
- **ISO 3961. (1996)** Norme pour les huiles végétales portant un non spécifique. Détermination de l'indice d'iode
- **ISO 6357. (2000)** Norme pour les huiles végétales portant un non spécifique. Détermination de l'indice de réfraction.
- **ISO 660, (1996)** Norme pour les huiles végétales portant un non spécifique. Détermination de l'acidité.
- **Juarez. M.D; Osawa .C.C; Acuna. M.E; Sammàn, N. ET Guaraldo Gonçalves**
- **Karleskind, A., (1992).** Manuel des corps gras, tome II, édition Lavoisier.Paris .P 1560- 1578.
- **Karlesking, A. (1992).** Les plantes oléagineuses in Manuel des corps gras. Tome 1. Ed Lavoisier .Paris 131
- **L.A. (2011).** Degradation in soy bean oil, sun flower oil and partially hydrogenated fats After food frying, monitored by conventional and unconventional methods. Food Control, 22: 1920-1927.
- **Lambert. (2005).** Les huiles v végétales : 2000 plantes oléagineuses répertoriée. IFHVP .ISBN 2-916150-01-3 Pp 1-3.
- **Lambert. J. (2005).** Les huiles végétales : deux milles plantes oléagineuses répertoriées. In : Institut François des huiles végétales : 7-17.
- **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.
- **Mordret. F ; (1992).** Analyses des corps gras. In: Manuel des corps gras. Tome 2. Ed. Tec et doc: 1148-1419.
- **Noël E (maitre moulinier).** Les chemins de l'huile. Huilerie Emile Noël .S.A.S .France . Terre-Neuve. Com.

Références bibliographique

- **Pagès-Xatart-Parès X. (2008).** Technologie des corps gras (huiles et graisses végétales). Ed. Techniques de l'ingénieur, p 1-17.
- **Perrin. J.L. (1992).** Analyse des corps gras, détermination de l'altération. In : Manuel des corps gras. Tome 2. Ed. Tec et doc : 1015-1031.
- **Pistor, (2013).** Huiles et graisses. La brochure complète. www.pistor.ch/graisses. Huile de soja p 28-39.
- **Platon, J. F. (1988).** Raffinage de l'huile de soja. *American Soybean Association* N°19. Pp: 3-30.
- **Pokorny. J. (2003).** Problèmes de stabilité des produits liés à la présence des lipides. In : lipides et corps gras alimentaires. Ed. Tec et doc : 51-75.
- **Rafi Mustapha A. et Stauffer C., (2002).** Les matières grasses destinées aux produits de boulangerie. *American Soy Bean Association*, 23: 4-20.
- **Ranhotra, G.-S. (1993).** Nutritional and functional considération of Tropical Oils, *Cereal Food world*, 38. In: Graille J, 2003. Lipides et corps gras alimentaires. Ed. Lavoisier, Paris. 254P.
- **Reithler. E et Berthier L. L'art de la friture N°2 RCS 457712837.**
- **Rojas Gonzalez. J. A. (2007).** Impact de l'opération de friture du plantain (Musa Barraganete » sur différents marqueurs nutritionnels : caractérisation et modélisation.
- **Rossell J.B., (2001).** Frying, improving quality. Boca Raton, Fl: *CRC Press*, p 369.
- **Swisspatat, (2011).** Documensur l'acrylamide <http://www.kartoffel.ch/index>.
- **Thèse doctorat,** institut des sciences et industrie du vivant et de l'environnement, Paris. P172
- **Valofrit. (2007).** Obligation de reprise des huiles et graisses de friture usagées (HGfU). Direction générale des Ressources naturelles et de l'environnement (DGRNE).P 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.

Références bibliographique

- **Wassef. W ; et Nawar. (1996).** Lipids. 3^{ème} édition. Ed. Oven R Fennema: 225-237.
- **Zovi o. (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

ANNEXES

-

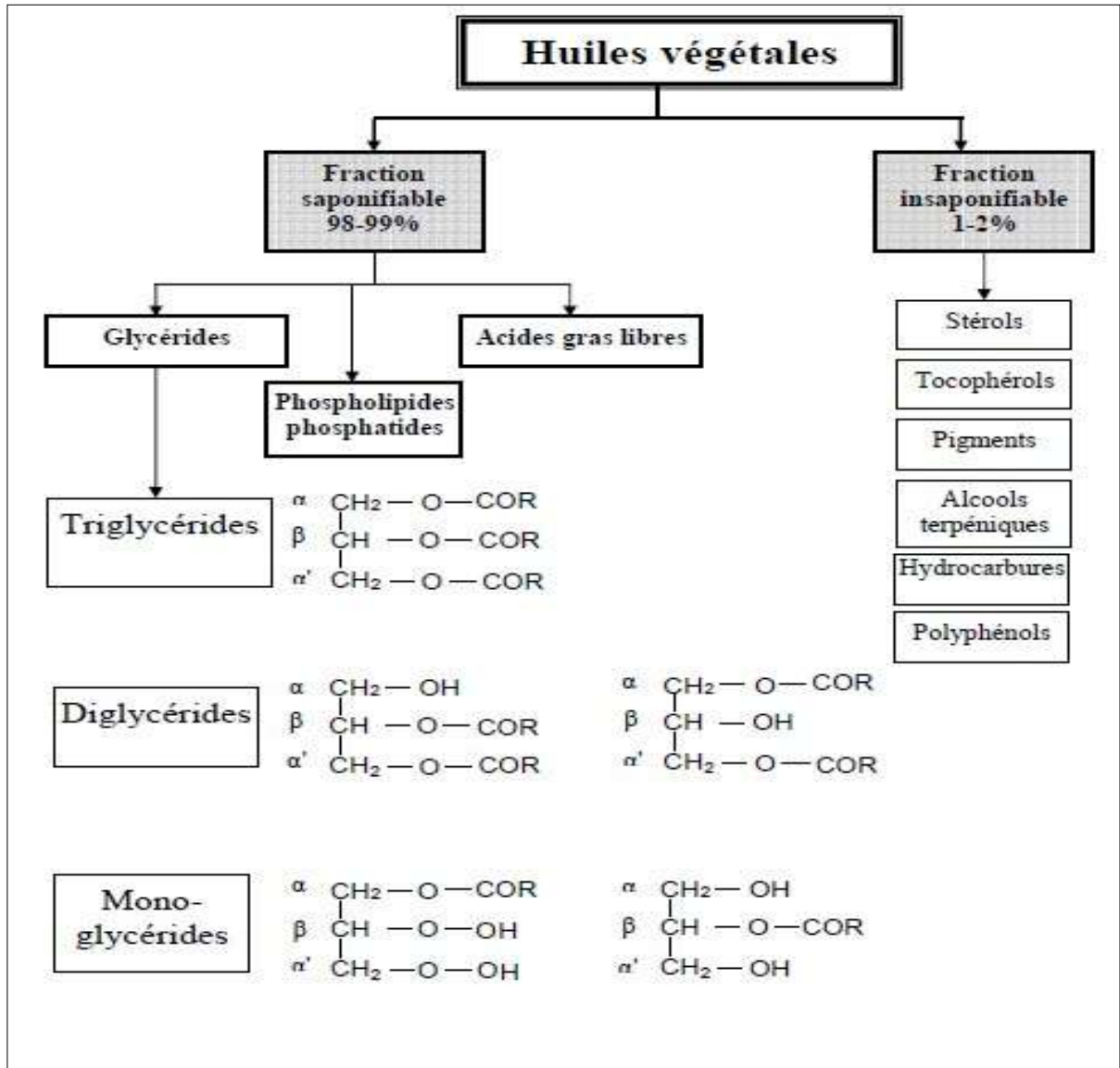
Annexe 1 :

Tableau de la répartition des acides gras de quelques huiles végétales (cévital)

Répartition acides gras %	Huile de						
	Arachide	Colza	Maïs	Noix	Olive	Soja	Tournesol
C16 :0	8 – 13	1 – 5	8 – 13	6 – 8	8 – 14	8 – 13	5 – 7
C17 :0	<0,1	-	-	<0,1	<0,2	-	<0,1
C18 :0	3 – 4	1 – 2	1 – 4	1 – 3	3 – 6	2 – 5	4 – 6
C20 :0	1 - 2	<1	<1	<0,3	<0,5	<1,2	<1
C22 :0	2 – 4	<0,5	<0,5	<0,2	<0,9	<0,5	<1
C24 :0	1 – 2	-	-	-	-	-	-
Saturés totaux	15 – 25	2 – 8	10 – 18	7 – 11	13 – 22	12 – 20	11 – 15
C16 :1	<0,3	<1	<1	<0,2	1	<0,2	<0,4
C18 :1	48 – 66	55 – 62	24 - 32	14 – 21	61 – 80	17 – 26	15 – 25
C20 :1	1 – 2	1 – 2	<0,5	<0,3	<0,4	<0,4	<0,5
C22 :1	-	<1	-	-	-	-	-
Monoinsaturés totaux	49 – 68	56 – 65	25 – 33	14 – 21	62 – 81	18 – 27	16 – 26
C18 :2	14 – 28	18 – 22	55 – 62	54 – 65	3 – 14	50 – 62	62 – 70
C18 :3	<0,3	8 – 10	<2	9 – 15	<1	4 – 10	<0,2
Polyinsaturés totaux	14 - 28	26 - 32	57 - 64	63 - 80	4 - 15	54 - 72	62 - 70

Annexe 2 :

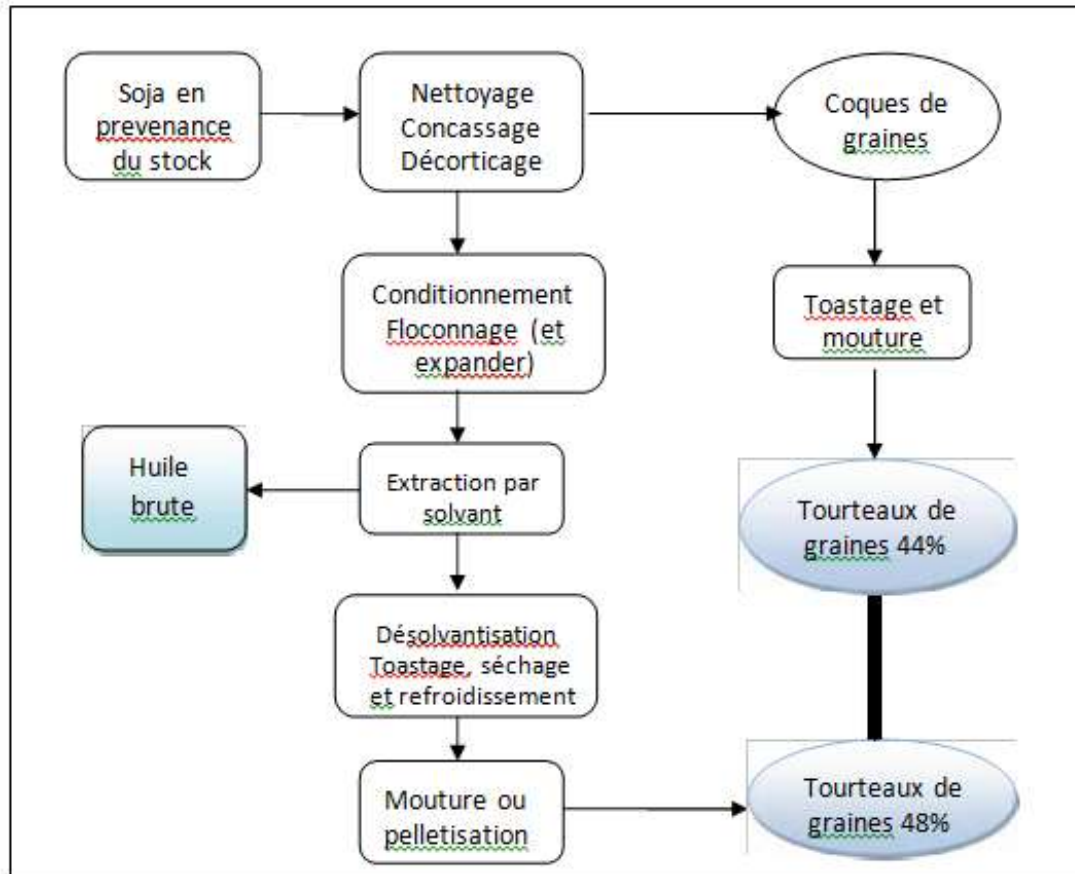
Composition chimique des huiles végétales (Karleskind, A. , 1992)



Annexe 3 :

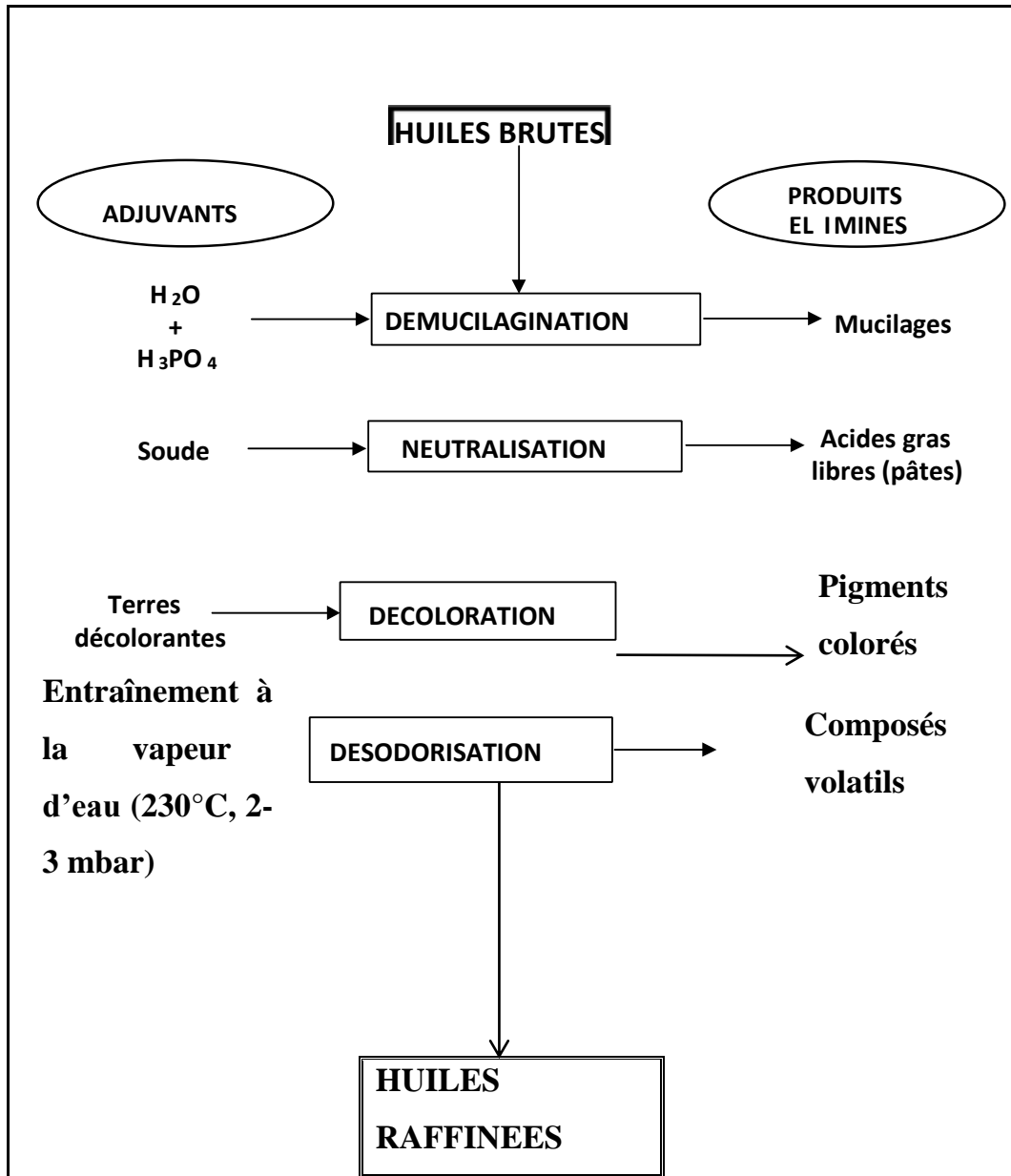
Etapes d'extraction des huiles à partir des graines oléagineuses

(Mustapha et Stauffer, 2002)



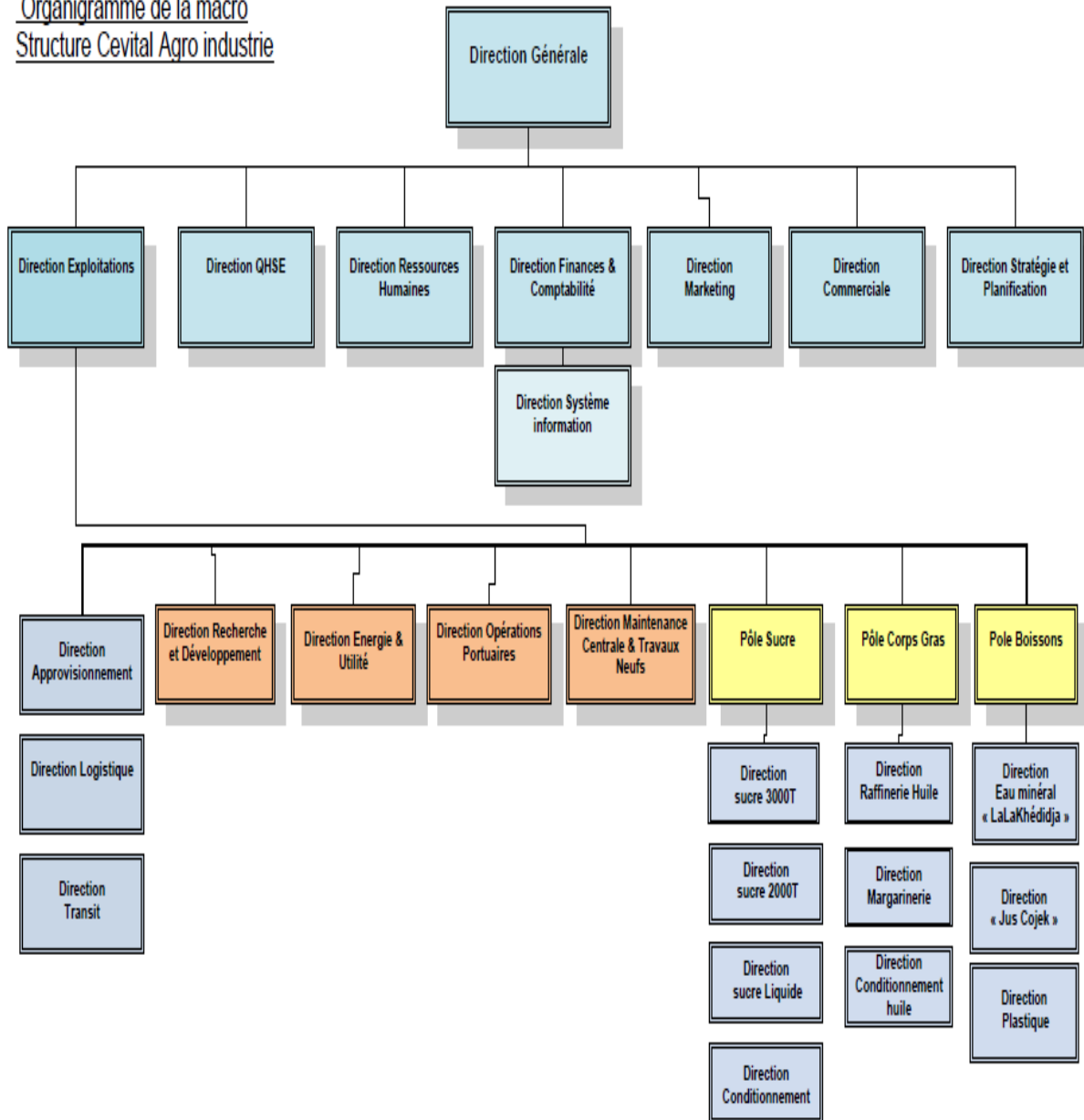
Annexe 4 :

Les étapes de raffinage des huiles végétales



Annexe 5 :

Organigramme de la macro Structure Cevital Agro industrie



Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact de la friture profonde sur trois huiles végétales (soja, tournesol et colza) par le suivi des paramètres chimiques (l'acidité, l'indice de saponification, l'indice de peroxyde et l'indice d'iode) et physiques (l'indice de réfraction et la couleur). Les huiles alimentaires soumises à de fortes températures (180°C) subissent des dégradations. La qualité est l'aspect le plus important dont dépendent les caractéristiques physico-chimiques d'une huile. L'analyse qualitative des trois types d'huiles utilisées après huit (08) cycles de friture montre l'élévation de l'acidité jusqu'à 0,10, 0,11 et 0,08 pour les huiles de soja, tournesol et colza respectivement, ainsi que la variation de tous les indices déterminés au cours de la friture. Les acides gras qui rentrent dans la composition de ces huiles se dégradent pour donner d'autres composés. Le devenir des huiles étudiées est la conséquence d'une thermo-dégradation respective de l'aliment frit (pomme de terre) et de ces huiles mêmes au cours du temps à des températures élevées.

Mots clés : Acides gras ; Huiles alimentaires ; Friture profonde ; Indices physico-chimiques ; Thermo-dégradation ; Qualité.

Abstract

The objective of this work is to evaluate the impact of deep frying on three vegetable oils (soy, sunflower and rapeseed) by monitoring chemical parameters (acidity, saponification index, peroxide index and iodine index) and physical (refractive index and color). Food oils subjected to high temperatures (180 ° C) undergo degradation. Quality is the most important aspect on which the physico-chemical characteristics of an oil depend. The qualitative analysis of the three types of oils used after eight (08) frying cycles shows the increase in acidity up to 0.10, 0.11 and 0.08 for soybean, sunflower and rapeseed oils respectively, as well as the variation of the entire index determined during frying. The fatty acids that enter in the composition of these oils degrade to give other compounds. The fate of the oils studied is the consequence of a respective thermal degradation of the fried food (potato) and of these oils even over time at high temperatures.

Keywords: Fatty acids; Food oils; Deep frying; Physico-chemical index; Thermo-degradation; Quality.