

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou
Faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques
Département de biochimie microbiologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Option : Alimentation Humaine et Qualité des Produits



Thème

Effet de la lumière sur la qualité de deux huiles commercialisées en Algérie

Proposé et dirigé par :

M^{me} OUALI-ABDOUNE.S

présenté par :

M^{elle} CHELOUCHE Fahima

M^{elle} SMAIL Lydia

Devant le jury :

Présidente :

M^{elle} BENAHMED DJILALI. A.

Maitre de conférences A à L'UMMTO

Examinatrices :

M^{elle} DERMECHE .S.

Maitre assistante A à L'UMMTO

M^{me} SENNANI .N.

Maitre assistante A à L'UMMTO

PROMOTION : 2016-2017

Remerciements

Nous tenons à remercier le bon DIEU tout puissant, de nous avoir donné le courage, patience et volonté pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudee à notre promotrice M^{me} OUALI ABDOUNE.S. Maitre assistante chargé de cours au département de biologie, pour tous les efforts qu'elle a consenti tout au long de l'élaboration de ce modeste travail, ses encouragements et ses précieux conseils.

Nous tenons à exprimer nos très grandes considérations et nos vives reconnaissances à M^{elle} BENAHMED DJILALI A. Maitre de conférences A à l'UMMTO pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant la présidence de ce jury.

Nous voulons adresser nos plus vifs remerciements à M^{me} SENNANI N, et M^{elle} DERMECHE S. Maitres assistantes A à l'UMMTO d'avoir accepter d'examiner notre travail.

Nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements vont également à l'encontre de toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

A la lumière de ma vie : mes parents

A mes frères

A ma sœur

A mes amis



Fahima

Dédicaces



Je dédie ce travail

À mes parents

À mes très chers frères

À toute ma famille

À tous mes amis



Lydia

Sommaire

Partie bibliographique

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale	1
I. Généralité sur les corps gras	3
I.1.Définition et origines	3
I.2.Composition des corps gras	3
I.2.1. Les composés majeurs.....	3
I.2.1.1. Glycérides	3
I.2.1.2. Acides gras	4
I.2.2.Les composés mineurs	5
I.2.2.1. Phospholipides	5
I.2.2.2. Insaponifiables.....	5
I.3.Classification des corps gras	6
I.4. Propriétés des corps gras	8
I.4.1. Propriétés physique	8
I.4.1.1.Solubilité.....	8
I.4.1.2. Densité	8
I.4.1.3. Point de fusion	9
I.4.1.4.Point d'ébullition.....	9
I.4.2. Propriétés chimiques.....	9
I.4.2.1. Propriétés lié aux groupes carboxyliques	9
I.4.2.1.1. Formation d'ester	9
I.4.2.1.2. Hydrolyse et saponification	10
I.4.2.2. Propriétés lié à la chaine carboxylique	11
I.4.2.2.1. Fixation d'hydrogène	11
I.4.2.2.2. Fixation d'halogène	11
I.5. Digestion, absorption et transport des lipides	11
I.6. Rôles des corps gras	12
I.6.1.Rôles alimentaires	12
I.6.2. Rôles industriels	12
I.6.3.Rôles biologique.....	13
II. Altération des corps gras	14
II.1.Hydrolyse.....	15
II.2. Altération thermique.....	15
II.3.Altération oxydative	16
II.3.1. auto-oxydation.....	16

II.3.2.Photo oxydation.....	18
II.3.3.Oxydation enzymatique.....	19
II.4-Facteurs influençant l'oxydation	20
II.4.1. Facteurs intrinsèque	20
II.4.1.1. Nature des acides gras	20
II.4.1.2. L'activité de l'eau	21
II.4.1.3.Présence d'agent pro-oxydant	21
II.4.1.4.Teneur en anti oxydants	22
II.4.2.Facteurs environnementaux	22
II.4.2.1.température	22
II.4.2.2- lumière	22
II.4.2.3-Oxygène	22
II.5. Conséquence de l'oxydation	23
II.5.1. Produits formés aux cours de l'oxydation	23
II.5.2. Effets biologiques des produits d'oxydation	24
 III. Les huiles végétales	 25
III.1. Production des oléagineux	25
III.1.1.Production mondiale.....	25
III.1.2. Production en Algérie.....	27
III.2. Les différentes huiles végétales	27
III.3. Tournesol et huile de tournesol	29
III.3.1. Définition et origine de tournesol	29
III.3.2. Composition de la graine de tournesol	30
III.3.3. Huile de tournesol.....	30
III.3.4. Composition de l'huile de tournesol.....	30
III.3.5. Utilisation de l'huile de tournesol.....	31
III.3.5.1. Alimentation humaine	31
III.3.5.2. Alimentation animale	31
III.3.5.3. Biocarburant.....	32
III.4. Soja et huile de soja.....	32
III.4.1. Définition et origine.....	32
III.4.2. Composition de la graine de soja	32
III.4.3 Huile de soja	33
III.4.4. Composition de l'huile de soja	33
III.5. Utilisation de l'huile de soja	34
III.5.1. Alimentation humaine	34
III.5.2. Alimentation animale.....	34
III.5.3. Utilisation industriels	34
III.6. Technologie d'obtention des huiles végétales	35
III.6.1. Trituration	35
III.6.2. Extraction	35
III.6.2.1. Méthode chimique : extraction par solvant	35
III.6.2.2. Méthode physique : extraction par pression	36

III.6.3. Raffinage	36
III.6.3.1. Raffinage chimique	37
III.6.3.2. Raffinage physique	38

Partie expérimentale

IV.Matériel et méthode	40
IV.1. Objectifs de l'étude	40
IV.2. Echantillonnage	40
IV .3. Caractéristiques des huiles utilisés	41
IV.3.1. Huile « élio »	41
IV .3.2. Huile « fleurial ».....	42
IV.4.Matériels.....	43
IV.5.Méthodes.....	44
IV.5.2.1. Acidités et l'indice d'acide	44
IV .5.2.2. Indice de peroxyde	46
IV .5.2.3. Indice d'iode	47
IV .5.2.4. Indice de saponification	48

V. Résultats et discussions

V.1. Acidité libre et indice d'acidité	51
V.2. Indice de peroxyde.....	53
V.3. Indice d'iode.....	57
V.4. Indice de saponification.....	59

Conclusion générale.....	63
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

AFNOR : association française de normalisation

AGS : acides gras saturés.

AGMI : acides gras mono-insaturé.

AGPI : acides gras polyinsaturés.

CG : corps gras.

AG : acides gras.

AGI : acide gras insaturés.

AGL : acide gras libre.

AGE : acides gras essentiels

A_w : activité de l'eau.

AET : apport énergétique total

DHA : Acide docosahexaénoïque

ENCG : entreprise nationale des corps gras

Eg : Equivalent d'oxygène.

HDL : ((high density lipoproteins)

HCL : acide chlorhydrique.

(I) : initiateur

KI : iodure de potassium

Kcal : kilocalories.

KOH : hydroxyde de potassium

LDL : (low density lipoprotéins).

MG : matière grasse

MCV : maladies cardiovasculaire

meq : mélliéquivalent.

RH : lipides insaturés.

R° : radicaux libre.

$\text{Roo}^\bullet$: radical peroxy.

ROOH : hydroperoxydes.

TG : triglycéride.

TAG : tri.acyl .glycérol.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$: thiosulfate de sodium.

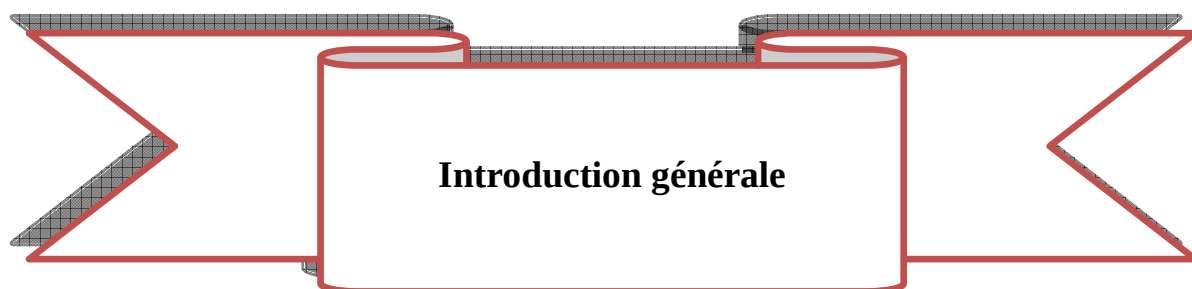
VLDL : (very low density lipoprotein).

Liste des figures

N°	Titre de la figure	référence	page
01	représentation du glycérol et des glycérides	(GRAILLE, 2003)	03
02	représentation de la structure d'un acide gras	(EL ATYQY, 2010)	04
03	acide palmitique	(LERAY, 2013)	04
04	acide oléique	(LERAY, 2013)	05
05	acide linoléique	(LERAY, 2013)	05
06	structure du cholestérol	(COSSUT, 2002)	06
07	réaction d'estérification	(COSSUT, 2002)	10
08	réaction de saponification	(EL ATYQY, 2010).	10
09	la réaction d'hydrolyse	(CLINQUART, 2014).	15
10	présentation des étapes d'initiation et de propagation de l'auto-oxydation	(CLINQUART, 2014).	17
11	Phase de terminaison de la réaction d'auto-oxydation	(SADOUDI, 2014)	18
12	Mécanisme d'initiation de la peroxydation des lipides par l'activité lipoxygénasique	(EYMARD, 2003)	20
13	Évolution de la vitesse d'oxydation en fonction de l'activité de l'eau	(FRENOT et VIERLING, 2001).	21
14	formation des radicaux libres oxyacides	(FRENOT et VIERLING, 2001).	23
15	plante de tournesol.	/	29
16	plante de soja	/	32
17	les étapes du raffinage chimique des huiles	(DEVILLERS <i>et al</i> , 2010).	38
18	les étapes du raffinage physique des huiles	(DEVILLERS <i>et al</i> , 2010).	39
19	l'huile Elio	/	41
20	l'huile Fleurial	/	42
21	détermination de l'indice d'iode	/	48
22	réfrigérant à reflux	/	50
23	évolution de l'indice d'acidité et de l'acidité des huiles Elio et Fleurial analysées	/	52
24	évolution de l'indice de peroxyde des huiles Fleurial et Elio dans différentes conditions de stockage.	/	54
25	mécanisme d'oxydation d'un acide gras insaturé	(JUDDE, 2004)	56
26	cinétique de la peroxydation des lipides	(COJOCARU, 2010).	56
27	évolution de l'indice d'iode des huiles Elio et Fleurial dans différentes conditions de stockage.	/	58
28	évolution de l'indice de saponification des huiles Elio et Fleurial stockées dans différentes conditions.	/	60
29	évolution des paramètres chimiques des huiles Elio et Fleurial.	/	61

Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	référence	page
01	classification des CG selon leur origine et leur consistance	(FREDOT, 2004)	07
02	classification des CG selon leurs fonctions	(MASSON, 2002)	07
03	classification des CG selon l'analyse élémentaire	(FRENOT et VIERLING, 2001).	08
04	classification des CG selon la propriété de saponification	(JEANTET <i>et al</i> ; 2006)	08
05	points de fusion de quelques AG	(ALAIS <i>et al</i> , 2003)	09
06	Rôles alimentaires des corps gras	/	12
07	Rôles industriels des corps gras	/	12
08	principales altérations que peuvent subir les corps gras	(BOUHADJRA, 2011)	15
09	mécanisme d'oxydation des lipides	(GRAILLE ,2003)	17
10	production mondiale des oléagineux et les principaux producteurs (en millions de tonnes)	(AGRITADE, 2013).	27
11	quelques huiles végétales et leurs caractéristiques	(LABOURET, 2005).	29
12	teneurs en huiles des principales graines oléagineuses	(ABOUTAYEB, 2011).	30
13	principaux constituants de la graine de tournesol	(GUERMOUCHE, 2007).	31
14	composition en acide gras de l'huile de tournesol	(BELHARET, 2012).	32
15	composition de l'huile de soja en acides gras	(NIA, 2008).	34
16	composition de l'huile Elio	/	42
17	composition de l'huile Fleurial.	/	43
18	matériel utilisé pour la détermination des différents indices chimiques	/	43
19	valeurs d'acidité des huiles Fleurial et Elio.	/	51
20	valeurs de l'indice d'acidité des huiles Fleurial et Elio.	/	52
21	indice de peroxyde des huiles Elio et Fleurial	/	54
22	valeurs de l'indice d'iode des huiles Elio et Fleurial	/	57
23	valeurs de l'indice de saponification des huiles Elio et Fleurial	/	60



Introduction générale

Les huiles végétales jouent un rôle important dans notre alimentation (CUVELLIER et MAILLARD, 2012). Nous les consommons directement sous forme d'huiles raffinées ou vierge, ou indirectement via de nombreux produits de l'industrie agroalimentaire.

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

Avec la forte consommation des huiles végétales, les conditions de commercialisation des produits alimentaires aussi bien chez les grossistes que les détaillants, sont laissées à l'appréciation de chaque commerçant sans aucune information ni contrôle. Aussi, des produits alimentaires sont souvent exposés au soleil, à la poussière et à l'humidité sans aucune protection possible ne soit prise ; c'est le cas des bouteilles d'huiles alimentaires exposées directement au soleil et à hautes températures.

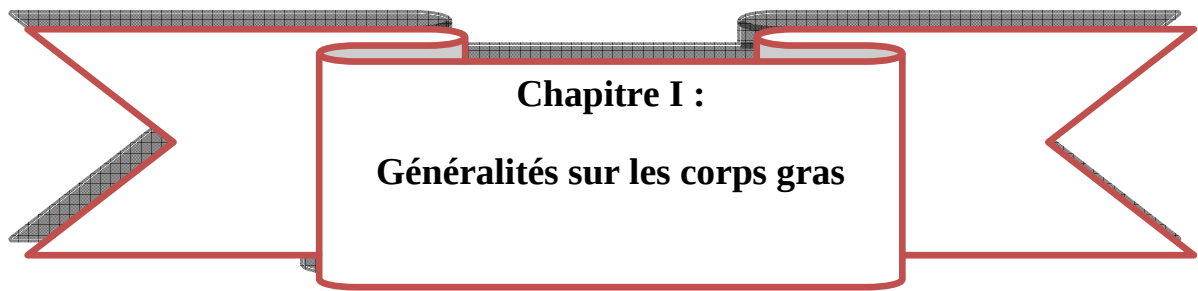
L'oxydation des lipides est la cause la plus majeure de dégradation des aliments lors de leurs fabrications et de leurs conservations. Elle affecte les acides gras insaturés présents dans les huiles, les graisses ou les lipides de structure. La conséquence la plus perceptible de l'oxydation des lipides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

Dans ce contexte, nous nous sommes fixés comme objectif l'évaluation du niveau d'altération de deux huiles largement consommées en Algérie : « Fleurial » et « Elio ». Deux échantillons de ces huiles seront entreposés à l'abri de la lumière, et deux autres échantillons seront placés chez le commerçant en respectant ses conditions de commercialisation habituelles.

De ce fait, notre travail sera divisé en deux grandes parties :

Premièrement, la partie bibliographique qui comprends trois chapitres, dont le premier, ou présentera des généralités sur les corps gras, le deuxième traitera les types d'altérations que peuvent subir ces corps gras, et enfin un dernier chapitre sera consacré à l'étude des huiles végétales.

Deuxièmement, la partie expérimentale, qui présentera les méthodes d'analyses chimiques permettant de suivre l'altération des deux huiles étudiées, puis la présentation des résultats et l'interprétation de la variance des paramètres analysés à savoir : l'acidité et l'indice d'acidité, l'indice de peroxyde, l'indice d'iode et l'indice de saponification.



I. Généralités sur les corps gras

I.1.Définition

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

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

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

I.2.Composition des corps gras

Un corps gras est constitué de 98 à 99 % de glycérides et de 1 à 2 % d'insaponifiable. Les acides gras contribuent à 95 % environ de la masse des triglycérides.

I.2.1. Les Composés majeurs

I.2.1.1.Glycérides

Les glycérides sont des lipides simples aussi appelés graisses. Ce sont des esters du glycérol et d'acides gras (un, deux ou trois acides gras).Les triglycérides sont les constituants principaux des graisses animales et des huiles végétales (plus de 95%). Les monoglycérides et les diglycérides sont beaucoup moins abondants que les triglycérides (EL ATYQY ,2010) (figure01)

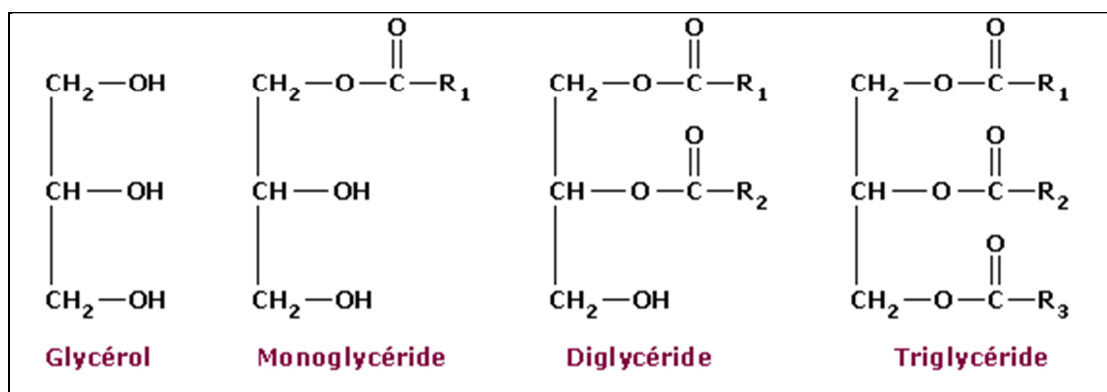


Figure 1: représentation du glycérol et des glycérides (GRAILLE, 2003)

I.2.1.2. Acide gras

Les acides gras sont des acides carboxyliques à chaînes aliphatiques hydrophobe (figure 02) Ils sont peu abondants à l'état libre. Chez les animaux et les végétaux, les AG à chaîne longue et à nombre pair, sont le plus souvent à 16 et 18 atomes de carbone (GEORGE, 2006).

Les AG peuvent être saturés (AGS) c'est-à-dire sans aucune double liaison, mono-insaturés (AGMI) ou polyinsaturés (AGPI) selon le nombre de doubles liaisons (CUVELIER et MAILLARD, 2012)



Figure2: représentation de la structure d'un acide gras (EL ATYQY, 2010)

I.2.1.2.1.Acides gras saturés :

Lorsque les atomes de carbone de la chaîne carbonée sont reliés entre eux par des Liaisons simples, on parle d'acides gras saturés. Ils comprennent notamment l'acide palmitique (figure3), l'acide stéarique, l'acide arachidique ou encore l'acide Leur formule générale est $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{-COOH}$ (LERAY, 2010).

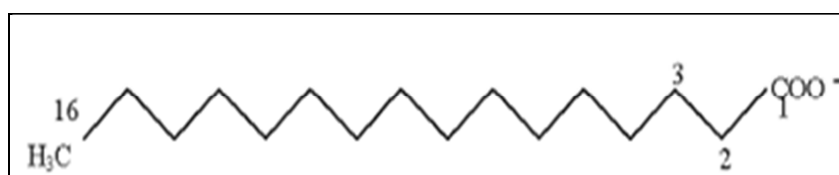


Figure3 : acide palmitique (LERAY, 2013)

I.2.1.2.2.Acides gras insaturés

Les acides gras insaturés quant à eux, possèdent une ou plusieurs doubles liaisons Dans leur chaîne carbonée.

La nomenclature la plus courante pour définir les acides gras consiste à compter les Atomes de carbone en commençant par le carbone du groupe méthyle terminal. On note alors n-x ou x est le carbone de la première double liaison que l'on trouve en partant du méthyle terminal (LERAY, 2010).des exemples d'acides gras insaturés sont présentés dans la figure (4) et (5).

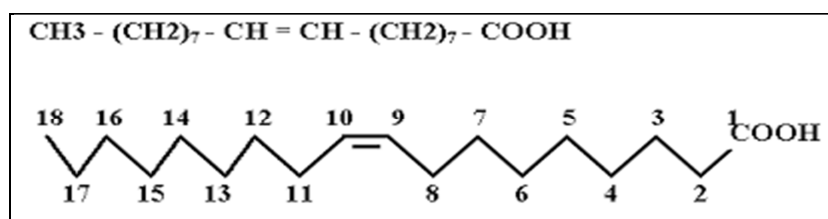


Figure4: acide oléique (LERAY, 2013)

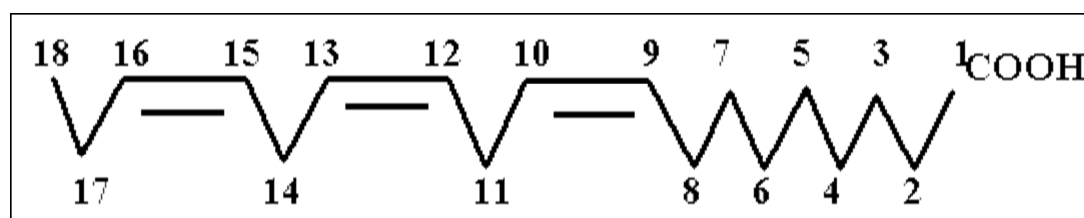


Figure5 : acide linolénique (18 :3) (LERAY, 2013)

I.2.2.Composés mineurs

I.2.2.1Phospholipides

Les phospholipides présents dans les CG bruts sont essentiellement des phosphoglycérides. Certains phospholipides sont de bons agents émulsifiants (WEILJ, 2001).

I.2.2.2.Insaponifiables : La fraction insaponifiable d'un CG correspond à l'ensemble de ses constituants autre que les esters, qui après une hydrolyse basique (saponification) sont très peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques, cette fraction est généralement de 0,2 à 2% (POISSON et NARCE, 2003).

- **Les stérols :** le stérol le plus important dans les graisses animales est le cholestérol (figure 6). Il est non seulement le précurseur des acides biliaires, des hormones stéroïdes et de la vitamine D, mais aussi un constituant important des membranes plasmiques. Les stérols sont également présents dans le monde végétal où ils sont appelés « phytostérols ». Les deux phytostérols les plus importants sont le β -sitostérol et le stigmastérol (CUVELIER et al, 2004).

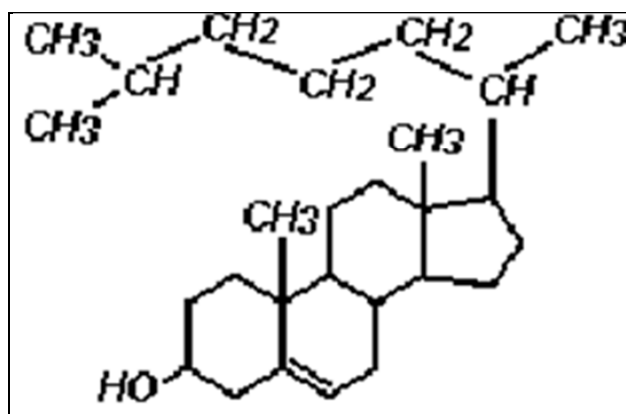


Figure 6 : structure du cholestérol (COSSUT, 2002)

- **Tocophérols et tocots** : ils sont regroupés sous le nom générique de vitamine E. Pour les tocophérols la forme alpha est la plus active (100 %), les formes beta et gamma présentent des activités plus faibles (respectivement 50 % et 10 %) et la forme delta ne possède qu'un très faible pouvoir vitaminique E. Ils jouent un rôle d'antioxydant biologique, protecteur des acides gras polyinsaturés au niveau des membranes cellulaires et des lipoprotéines (MORIN, 2012).
- **Pigments** : les carotènes, caroténoïdes (xanthophylles) et chlorophylles contribuent à la couleur des huiles ; ces pigments naturels sont éliminés en grande partie par le raffinage (CHIBANE et HIDEUR, 2015).
- **Vitamines liposolubles**: les corps gras peuvent renfermer une quantité plus ou moins importante de vitamines liposolubles : A, D et E, cette dernière étant présente dans tous les lipides naturels, alors que les deux autres ne sont pas rencontrés que dans des corps gras bien particuliers. La vitamine K qui est également liposoluble, n'est pas présente dans les corps gras (GRAILLE, 2003).

I.3.Classification des corps gras

Les CG peuvent être distingués selon leurs origines et leurs consistances (tableau I), leurs rôles physiologique (tableau II), leurs analyses élémentaires (tableau III) et leurs propriétés de saponification (tableau IV).

TABLEAU I: classification des CG selon leur origine et leur consistance (FREDOT, 2004)

Origine	Végétale		Animale	Mixte
provenance	Pulpes de fruits ou graines oléagineux		Tissus adipeux	Huiles végétales ou animales
classification	Huiles fluides	Huiles concrètes	Matières grasses concrètes	Matières grasses concrètes
Exemples	Arachide, colza, soja, pépins de raisins, noix, olives	Palme (fruit de palmier), coprah (noix de coco)	Saindoux (porc), beurre, graisse de rognon, graisse de canard	Margarine courantes (pour friture supérieure, diététique)

Tableau II : classification des CG selon leurs fonctions (MASSON, 2002)

Lipides de structure	Lipides de réserve	Lipides ayant une activité biologique
-phospholipides	-triglycérides	-hormones stéroïdiennes
-cholestérol		-vitamines liposolubles

Tableau III: classification des CG selon l'analyse élémentaire (FRENOT et, VIERLING, 2001).

Lipides simples (composés de C.H.O)	Lipides complexes (composés de C.H.O.P.N et S)	
-acides gras -acylglycérol -stérides -cérides	Glycérophospholipides : -acides phosphatidique -phosphatidylcholine -phosphatidyléthanolamine -phosphatidylsérine	Sphingolipides : -céramides -sphingophospholipides -glycosphingolipides

Tableau IV : classification des CG selon la propriété de saponification (JEANTET *et al* ; 2006)

Lipides saponifiables	Lipides non saponifiables
-acylglycérols -phospholipides - cires -stérides -cutine	-hydrocarbures -pigments -stérols -vitamines liposolubles

I.4. Propriétés des corps gras :

I.4.1. Propriétés physiques

I.4.1.1. Solubilité

Les lipides sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans les solvants organiques (éther éthylique, essence, tétrachlorure de carbone, chloroforme, hexane, etc.). Cette propriété est employée pour l'extraction totale des lipides dans la fabrication des huiles (GRAILLE, 2003).

I.4.1.2. Densité

Les AG et les lipides possèdent, en général, un grand nombre d'atomes légers : hydrogène et carbone. Les molécules sont volumineuses mais peu denses, de sorte que la masse volumique des

AG est inférieure à celle de l'eau, c'est ainsi que les lipides flottent dans l'eau (FRENOT.M et VIERLING.E ; 2001).

I.4.1.3.Point de fusion

Le point de fusion est la température à laquelle un corps gras passe de l'état solide à l'état liquide (MASSON, 2002).

La température de fusion des AG saturés est d'autant plus élevée que la chaîne aliphatique est longue (GERGE.H, 2006).Le tableau (V) donne la température de fusion de quelques AG.

Tableau V : points de fusion de quelques AG (ALAIS *et al*, 2003)

AG	Points de fusion
acide palmitique	63,1°C
acide stéarique	69,6°C
acide oléique	13,4°C
acide linoléique	-5,0°C

I.4.1.4.Point d'ébullition

Elle augmente avec la longueur de la chaîne, les doubles liaisons l'influencent peu.

Exemples :

- ✓ le point d'ébullition de l'acide palmitique est 148°C.
- ✓ le point d'ébullition de l'acide oléique est 165°C.

I.4.2.Propriétés chimique

I.4.2.1.Propriétés liées aux groupes carboxyliques

I.4.2.1.1.Formation d'ester

L'estérification est la condensation d'une fonction carboxylique avec une fonction alcool selon la réaction indiquée dans la figure (7).

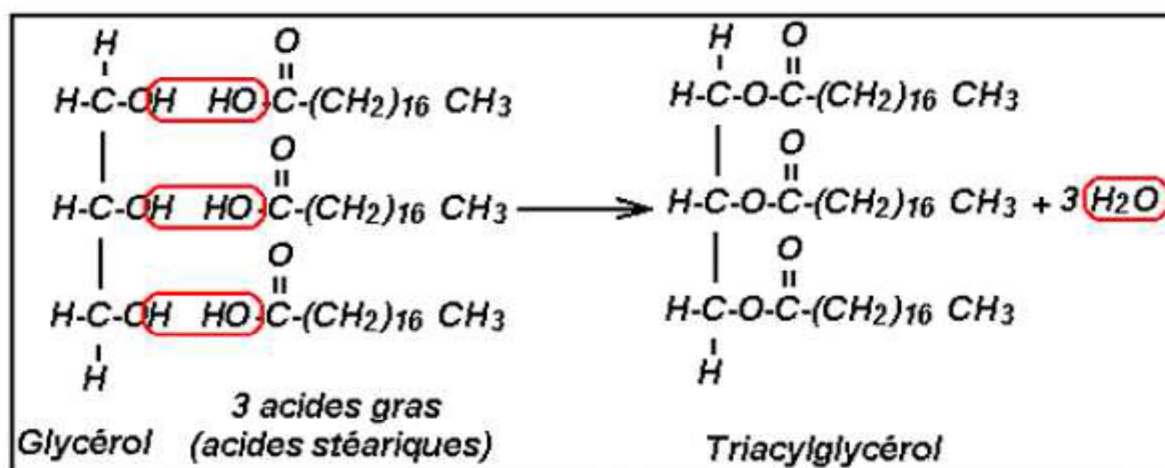


Figure 7: réaction d'estérification (COSSUT, 2002)

I.4.2.1.2. Hydrolyse et saponification

L'hydrolyse des triglycérides permet la formation des AGL. Les acides gras sont des acides faibles. Ils réagissent avec des bases minérales pour obtenir du savon. Les savons les plus connus sont les savons proprement dites de sodium (savons durs) ou de potassium (savons mous) (EL ATYQY, 2010).

En industries agroalimentaires, la réaction de saponification (figure8) est utilisée pour éliminer l'excès d'acidité des huiles alimentaires brutes (Opération de neutralisation) et pour la production du savon.

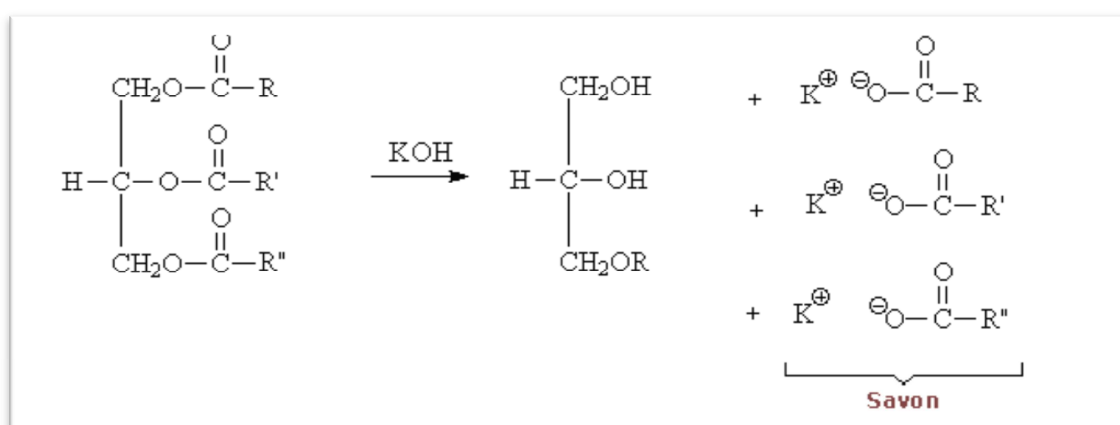


Figure 8 : réaction de saponification (EL ATYQY, 2010).

I.4.2.2. Propriétés liées à la chaîne carboxylique

I.4.2.2.1. Fixation d'hydrogène

L'hydrogénation permet la diminution de l'insaturation des CG par fixation d'hydrogène sur les doubles liaisons de la chaîne hydrocarbonée sous l'action de la chaleur, de la pression et en présence d'un catalyseur tel que le nickel (VIERLING, 2003). Cette réaction permet de durcir et de transformer les huiles en MG solides (GRAILLE, 2003).

I.4.2.2.2. fixation d'halogène

Les acides gras insaturés fixent les halogènes par une réaction d'addition (voir la figure 10), Cette réaction est surtout exploitée avec l'iode et le brome pour évaluer le degré d'insaturation des acides gras. Il s'agit en fait d'une évaluation de l'aptitude des acides gras à rancir : plus il y'a des insaturations sur l'acide gras, plus il serait sensible à l'O₂ (EL ATYQY, 2010).

I.5. Digestion, absorption et transport des lipides :

Après ingestion, les lipides alimentaires sont hydrolysés principalement dans le duodénum par la lipase pancréatique. La vitesse d'hydrolyse varie suivant la longueur de la chaîne des acides gras : les chaînes courtes le sont plus rapidement que les chaînes plus longue, l'ensemble des acides gras libérés sera absorbé par l'épithélium intestinal qui reformera, par des estérifications séquentielles, des triacylglycérols, des phospholipides et des esters de cholestérol. Ces produits seront transportés sous forme de structures complexes (chylomicrons) dans la lymphe puis, par le canal thoracique, dans la circulation générale, vers le foie (pour environ 30 %), les tissus adipeux (pour environ 30 %) et divers organes (pour environ 40%) (LERAY, 2013).

Les lipoprotéines circulantes les plus importantes sont :

- ❖ Les chylomicrons, très riches en TG alimentaires, fabriqué par l'intestin (ANDREELLI et JAQUIER, 2006). Les chylomicrons transportent les lipides du tube digestif vers les hépatocytes et les adipocytes (PICON, 2011).
- ❖ Les VLDL (very low density lipoprotéin), très riches également en TG et contenant un peu de cholestérol. au contraire des chylomicrons, les VLDL sont synthétisés par le foie et sont présentes dans le sang à jeun (ANDREELLI et JAQUIER, 2006). Le rôle des VLDL est de fournir aux tissus des TG en dehors des périodes alimentaires (PICONE, 2011).
- ❖ Les LDL (low density lipoprotéins), leurs rôles est de transporter le cholestérol du foie vers tous les tissus périphériques.

- ❖ Les HDL (high density lipoprotéins), dont le rôle est de ramener le cholestérol des cellules périphériques vers le foie.

I.6.Rôles des corps gras

I.6.1.Rôles alimentaires

Les corps gras sont présents dans tous les secteurs de l'agroalimentaire, ou ils jouent un rôle fondamental dans la texture, le goût et la conservation des aliments. Le tableau (VI) présente les différents rôles alimentaires des corps gras.

Tableau VI: rôles alimentaires des corps gras :

Rôles nutritionnels	Rôles organoleptiques	Rôles technologiques
-source d'énergie : 9 Kcal/g. -source d'AGPI, oméga 6 et 3. -vitamines A E et D. -Phytostérols et phénols.	-brillance, couleur, flaveur. -croustillant, fondant, craquant, moelleux, onctuosité.	-émulsification, crémage, graisse de cuisson, agent d'enrobage, vecteurs d'arômes, support des colorants lipophiles.

I.6.2.Rôles industriels :

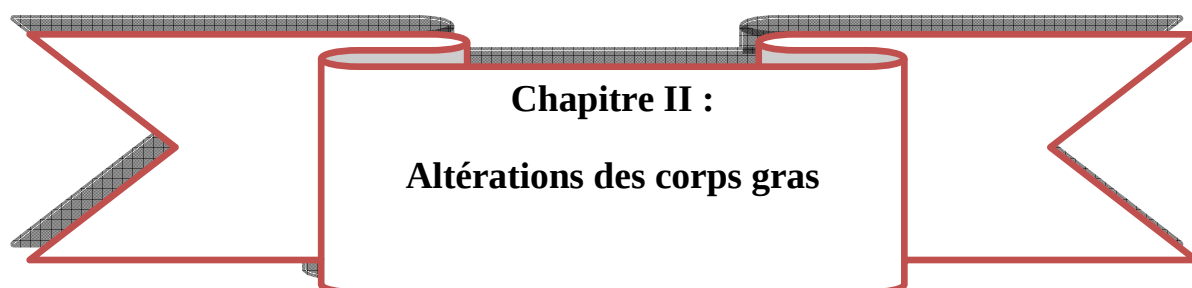
Les corps gras présentent des propriétés qui les rendent très intéressants pour les applications dans des secteurs tels que la cosmétique, la détergence ou la lipochimie. Les principales applications des corps gras dans le domaine industriel sont résumées dans le tableau (VII) :

Tableau VII : rôles industriels des corps gras

cosmétique	détergence	Lipochimie
-produits solaire. -crème de soin. -produits de maquillage.	-mousses. -savons et champoings.	-fabrication des dérivés : acides gras, alcool gras, matières grasses.

I.6.3.Rôle biologique

- ils contribuent à l'architecture membranaire (bicouche lipidique) ;
- le cholestérol est un élément constitutif important ;
- transporteurs membranaires et récepteurs hormonaux;
- les principaux AGPI des familles omega3 et omega6 sont présents dans le cerveau, et leur proportion dans les phospholipides cellulaires peut atteindre 60% des AG totaux.



Chapitre II :
Altérations des corps gras

II. Altérations des corps gras

Les matières grasses sont instables et peuvent être dégradées, leur altération est un phénomène complexe dépendant du type de corps gras, des traitements technologiques subis mais aussi des conditions de conservation (présence d'air, lumière, catalyseurs antioxydants), et de mise en œuvre (fusion, cuisson, friture) (tableau VIII).

L'altération des CG se produit par deux voies principales :

- ✓ La dégradation hydrolytique.
- ✓ La dégradation thermique et oxydative.

Tableau VIII : principales altérations que peuvent subir les corps gras (BOUHADJRA, 2011)

Altération	Facteur déclenchant	Composés produits
Hydrolytique	Eau Enzyme	Formation de : Acide gras libre, glycérides partiels, mono et di glycérides
Thermique	Chauffage	Réaction de polymérisation, cyclisation
Oxydative : La stabilité des corps gras à l'oxydation est influencée négativement par l'air, la lumière et plus précisément par l'énergie rayonnée par les radiations courtes (UV), les traces métalliques (Fe et surtout Cu) sont des catalyseurs d'oxydation.	Air	1. formation de composés volatils responsable du phénomène du rancissement 2. formation des produits non volatils : composés polaire d'oxydation polymérisés ou non polymérisés

II.1.hydrolyse

L'hydrolyse est une réaction qui conduit à la libération d'acides gras libres à partir de triglycérides (figure 9). Par eux même, il ne présente pas de risque élevé de toxicité.

La dégradation hydrolytique ou le rancissement lipolytique se fait sous l'action des lipases, les AG formés ont alors une odeur et un gout altérés, et sont plus sensibles à l'oxydation. Ces enzymes restent actives même à une température de stockage de -18°C (quoique la cinétique de formation des AG libres est ralentie). L'hydrolyse enzymatique des lipides constitue la réaction principale d'altération des aliments frais au cours de leur stockage à l'état congelé.

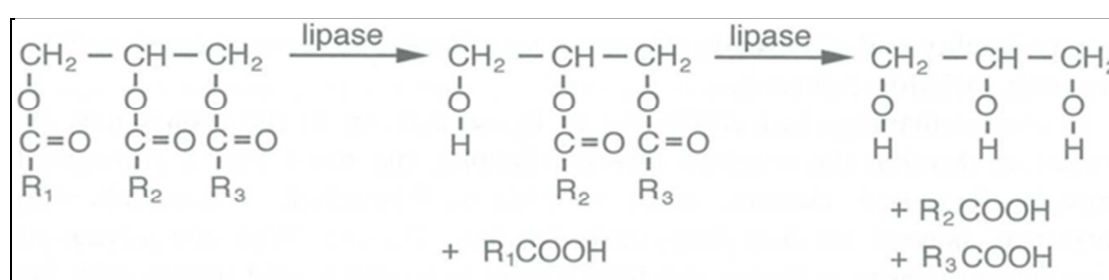


Figure9: la réaction d'hydrolyse (CLINQUART, 2014).

II.2.Altération thermique

Le chauffage des lipides à des températures supérieures à 100 voir 150 °C, conduit à la formation de polymères, de composés cycliques ou isomérisation (BENSEGHIR et KHAMED .2014).

La température est l'un des principaux facteurs impliqués dans l'oxydation des lipides au cours des procédés de transformation et de conservation des aliments. Elle influence à la fois la période d'induction et la teneur en hydroperoxydes. Ainsi lorsque la température est basse ou modérée, la formation des produits d'oxydation est lente, ce qui correspond à une phase d'induction lente (DRIDI ,2016).

Des études ont montré que l'élévation de la température de 100°C jusqu'à 125 °C permet de diminuer le temps d'induction d'environ 11 heures à moins de 2 heures pour l'huile de colza et de 7 heures à 1 heure pour l'huile de tournesol. Les composés d'oxydation qui apparaissent à ce stade sont principalement les hydroperoxydes et des composés volatils mineurs, en particulier les composés carbonylés (DRIDI ,2016).

Au dessus de 150°C, la formation des hydroperoxydes est pratiquement absente car leur décomposition en produits secondaires devient très rapide et les composés polymériques se forment.

II.3. Altération oxydative

Les principaux facteurs déterminant la durée de vie des lipides sont les réactions d'oxydation qui peuvent être classées, selon leur mécanisme, en : auto oxydation, photo oxydation et oxydation enzymatique. Les substrats des réactions d'oxydation sont principalement les acides gras insaturés. Ils s'oxydent en général plus vite lorsqu'ils sont libres et plus insaturés. Les acides gras saturés ne s'oxydent qu'à une température supérieure à 60°C, tandis que les acides polyinsaturés s'oxydent même lors de l'entreposage des aliments à l'état congelé. Le principal problème posé par ces réactions réside dans la formation de composés volatils d'odeur désagréable (rancissement) et la formation des peroxydes qui sont des molécules cancérigènes (EL ATYQY, 2010). L'oxydation des lipides peut s'effectuer suivant différents mécanismes qui sont résumés dans le tableau (IX).

Tableau IX : mécanisme d'oxydation des lipides (GRAILLE ,2003)

Type d'oxydation	Lipides oxydés	Catalyseurs	Agent oxydant	Prévention
Auto - oxydation	Tous les lipides insaturés	Métaux lourds, radicaux libres	Oxygène triplet	Antioxydant
Oxydation enzymatique	Lipides polyinsaturés	Lipoxygénases	Oxygène triplet	Inactivation des enzymes
Oxydation due à l'oxygène singulet	Tous les lipides insaturés	Molécules photosensibles	Oxygène singulet	Piégeurs d'oxygène singulet

II.3.1. Auto-oxydation

L'auto-oxydation dépend de plusieurs facteurs comme la composition initiale de l'huile, la présence et la teneur en composés mineurs à activité pro ou anti-oxydante (minéraux, tocophérols, carotène, chlorophylles), et les conditions de stockage. Elle est également liée à la structure chimique des corps gras, en effet les triesters peuvent s'hydrolyser et donner des glycérides partiels et des AG libres. Les chaînes saturées réagissent avec l'oxygène de l'air

pour former des produits d'oxydation responsables du rancissement des corps gras (ALMECK *et al* ; 2008).

L'auto-oxydation aboutit à la formation de nombreux composés allant de la formation des produits primaires de type hydroperoxydes jusqu'à celles des produits terminaux (aldéhydes, composés cyclique, composés polaires et polymères) (SADOUDI, 2014).

L'auto-oxydation est considérée comme une suite de réactions réparties en trois phases principales :

- **Initiation** : en présence d'un initiateur(I), les lipides insaturés(RH) perdent un atome d'hydrogène pour former un radical libre centré sur le carbone($R^\bullet$) (radical alkyle).la chaleur, la présence de traces de sels de métaux de transition et la lumière ultraviolette sont des agents d'initiation. Cette phase appelée aussi : « période d'induction ». (figure 10).
- **Propagation** : le radical alkyle, très réactif, fixe une molécule d'oxygène pour former un radical hydroperoxyde instable, centré sur l'oxygène ; celui-ci arrache à son tour un hydrogène labile d'un deuxième acide gras, formant un hydroperoxyde non radicalaire plus stable, mais générant une nouvelle espèce radicalaire sur le deuxième AG. (figure 10).

La phase de propagation peut elle-même être décomposée en deux étapes séquentielles (JUDDE, 2004) : la première étape correspond à l'apparition des peroxydes, puis l'évolution de ces derniers en composés secondaires d'oxydation.

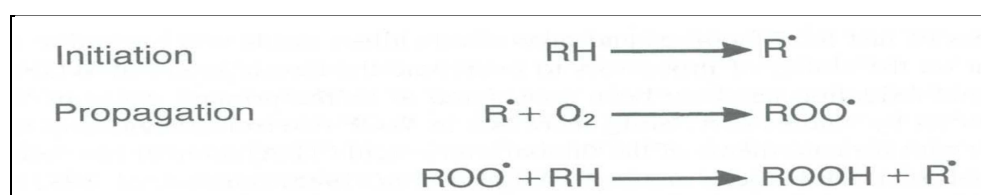


Figure10: présentation des étapes d'initiation et de propagation de l'auto-oxydation (CLINQUART, 2014).

- **Terminaison** : pendant cette phase, les espèces radicalaires réagissent entre elles pour donner des espèces non radicalaires, mettant ainsi fin aux cycles réactionnels. (figure 11).

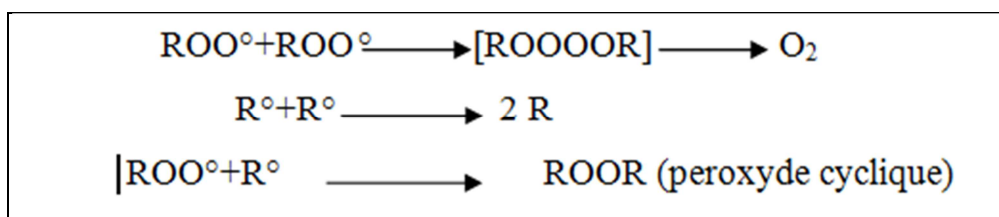


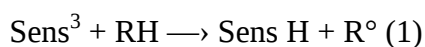
Figure11: phase de terminaison de la réaction d'auto-oxydation
(SADOUDI, 2014)

II.3.2.Photo-oxydation

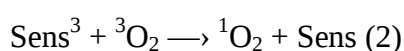
La photo-oxydation est une voie de peroxydation lipidique initiée par les substances photosensibilisatrices. la photo-oxydation correspond à la dégradation oxydative des lipides en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photosensibilisateurs (CHOE et MIN, 2006 ., CHOE et MIN ,2009., SHAHIDI et ZHONG, 2010) tels que les hémoprotéines, la chlorophylle ou la riboflavine.

Pour ce qui est du mécanisme, les photosensibilisateurs (Sens) absorberaient l'énergie lumineuse afin d'atteindre un état de triplet excité (Sens^3). Ces photosensibilisateurs interviennent dans l'oxydation des lipides selon deux types de mécanismes :

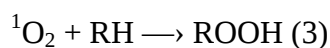
- Le premier type de mécanisme est induit par des photosensibilisateurs (type I), tels que la riboflavine, qui agissent comme des radicaux libres initiateurs. Dans leur état triplet, elles arrachent un atome d'hydrogène ou un électron aux molécules lipidiques pour former un radical capable de réagir avec l'oxygène (COULIBALY et al, 2010).



- le second mécanisme, les molécules photosensibles de type II, telles que la chlorophylle et l'érythrosine, réagissent dans leur état excité (Sens^3) avec l'oxygène triplet auquel elles transfèrent leur énergie pour donner de l'oxygène singulet ($^1\text{O}_2$) (COULIBALY et al, 2010).



L'oxygène singulet ainsi formé est très électrophile et peut réagir directement sur un acide gras insaturé (RH) formant ainsi un hydroperoxyde (ROOH) (COULIBALY et al, 2010).



Les hydroperoxydes ainsi formés sont différents de ceux formés par l'auto-oxydation (COULIBALY et al, 2010).

La vitesse de réaction de l'oxygène singulet est environ 1500 fois plus élevée que celle de l'oxydation radicalaire (OUCHIMA, 2003) ; cela signifie que les AGPI sont plus sensibles à l'oxygène singlet qu'à l'auto-oxydation.

II.3.3.oxydation enzymatique :

L'oxydation enzymatique est une réaction radicalaire en chaîne ; elle se déroule de façon similaire à l'auto-oxydation. Aussi les hydroperoxydes produits par cette action se décomposent de la même manière que ceux produits par l'auto-oxydation et photo-oxydation (PRIOR, 2003).

Les deux enzymes principalement impliquées sont la lipoxygénase et la cyclooxygénase (EL ATYQY, 2010) ; la lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé et aboutit à la formation d'hydroperoxydes (figure 12). Elle agit spécifiquement sur les acides gras non estérifiés. (EL ATYQY, 2010).

La cyclooxygénase est une lipoxygénase qui incorpore deux molécules d'oxygène au niveau d'un acide gras insaturé pour former des hydroperoxydes spécifiques (EL ATYQY, 2010).

L'oxydation enzymatique se produit même à basse température. Durant le stockage à l'état congelé l'activité enzymatique est ralentie. Cependant, une fois la décongélation amorcée et des températures de 0°C à 4°C atteintes, cette activité reprenne et s'accroît. A -40 °C, l'oxydation enzymatique des lipides est complètement arrêtée (EL ATYQY, 2010)

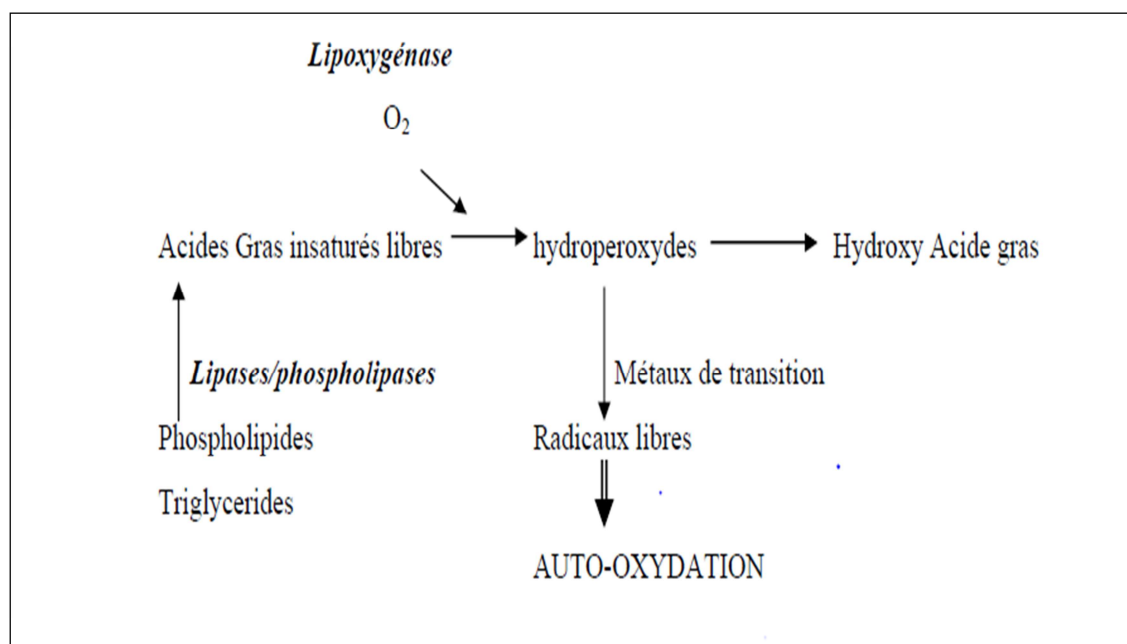


Figure12: Mécanisme d'initiation de la peroxydation des lipides par l'activité lipoxygénasique (EYMARD, 2003)..

II.4.Facteurs influençant l'oxydation

Les facteurs qui influencent l'oxydation des lipides sont nombreux : il s'agit d'une part des facteurs intrinsèques tels que la composition en AGI (concentration et nombre d'insaturation), l'activité de l'eau, la présence de pro-oxydants (ions métalliques, enzymes) ou d'antioxydants naturels (tocophérols, caroténoïdes) et d'autre part des facteurs environnementaux dont les principaux sont : la température, la lumière et la pression partielle en oxygène (ROMAN, 2012).

II.4.1.Facteurs intrinsèques :

II.4.1.1.nature des acides gras :

Les acides gras libres ou estérifiés sous forme de mono ou diglycérides vont s'oxyder à des vitesses différentes et toujours plus rapidement que les triglycérides (CHOE et MIN, 2006).

Dans les triglycérides l'oxydation des AGPI dépend également de leurs positions sur le glycérol et de la longueur de chaîne des acides gras voisins (ROMAN, 2012).

II.4.1.2. L'activité de l'eau (A_w)

L'activité de l'eau et l'état physique de l'eau influence fortement la stabilité oxydative des huiles (RAHMAN *et al*, 2009). Dans les huiles végétales et les graisses, l'eau présente en très faible quantité, les huiles parfaitement anhydrides sont plus stables à l'oxydation que les huiles contenant des quantités mineures d'eau en solution (GRAILLE, 2003).

L'eau peut augmenter la vitesse d'oxydation en augmentant la mobilité des réactants mais peut aussi ralentir cette vitesse en diluants les catalyseurs d'oxydations tels que les métaux, et donc en retardant la décomposition des hydroperoxydes. (figure 13).

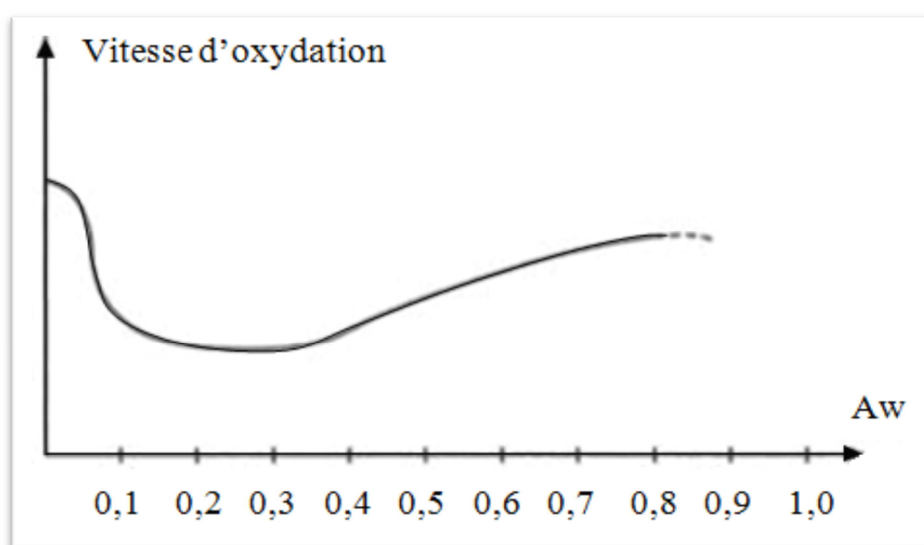


Figure 13: Évolution de la vitesse d'oxydation en fonction de l'activité de l'eau (FRENOT et VIERLING, 2001).

II.4.1.3. présence d'agents pro-oxydant (les métaux)

Les métaux qui peuvent catalyser l'oxydation lipidique sont ceux capables de transférer un électron comme le cobalt, le fer, le cuivre, le manganèse, le magnésium et le vanadium. Les métaux qui s'oxydent par le transfert de deux électrons, tels que l'étain Sn^{2+} , ne peuvent pas catalyser l'oxydation (SCHAICH, 2005).

D'un point de vue cinétique, le cuivre est plus pro-oxydant que le fer vis-à-vis des huiles c'est une des raisons pour lesquelles la dose maximale de fer tolérée dans les huiles est

supérieure à celle du cuivre (1,5 mg/kg de fer contre 0,1 mg/kg de cuivre, dans les huiles raffinés) (DRIDI, 2016).

II.4.1.4.teneurs en antioxydants

Les antioxydants sont des composés capables de retarder ou empêcher des processus oxydatifs ; ils peuvent être définis soit comme des substances capables d'interrompre la chaîne radicalaire (antioxydants primaires, soit comme des antioxydants préventifs (PRIOR, 2003).

II.4.2.Facteurs environnementaux

II.4.2.1.la température

La chaleur est connue comme le facteur influençant le plus la réaction d'auto-oxydation. GOMEZ-ALONSO *et al* (2004) ont montré que la constante de vitesse de cette réaction augmentait exponentiellement en fonction de la température lorsqu'une huile dépourvue de pro- et d'antioxydants est placée à l'obscurité.

L'effet de la chaleur est complexe car elle augmente la vitesse d'oxydation de l'huile tout en diminuant la solubilité de l'oxygène dans l'huile et en favorisant la décomposition des hydroperoxydes en divers produits secondaires (VELASCO *et al*, 2002). Mais la dépendance vis-à-vis de la chaleur est difficile à prévoir car un grand nombre de paramètres entrent en jeu.

II.4.2.2.La lumière

La lumière (les ultraviolets) joue le rôle d'accélérateur des cinétiques des réactions d'oxydation, les mécanismes chimiques restent les mêmes. Elle intervient dans la photo oxydation qui constitue une voie importante de production d'hydroperoxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photosensibilisateurs tels que les hémoprotéines ou la riboflavine (KAHOULI, 2010).

II.4.2.4.Oxygène

La concentration en oxygène (pression partielle en O_2) dans l'espace environnant le produit et dans le produit lui-même, influence la vitesse d'oxydation. Elle intervient également au niveau de la nature des produits secondaires formés par la décomposition des hydroperoxydes. Son incidence porte donc à la fois sur la durée de conservation du produit et sur la nature des odeurs perçues quand le produit est oxydé (CROGUENNEC, 2006).

L'emballage le plus efficace pour la conservation de l'huile se révèle être le verre teinté et l'acier inox car ils constituent une barrière à l'oxygène bien que le verre ne protège pas l'huile des radiations lumineuses lorsqu'il est incolore. Quant aux emballages plastiques, ils ne protègent l'huile que durant quelques mois (3-6 mois) du fait de leur perméabilité en oxygène (PRISTOURI *et al*, 2010).

II.5. Conséquences de l'oxydation

L'oxydation des lipides a des conséquences néfastes sur la fonctionnalité des matières premières, la qualité sensorielle et nutritionnelle des aliments, et engendre des pertes économiques. La conséquence la plus perceptible de l'oxydation des lipides est l'apparition d'une flaveur désagréable souvent qualifiée de rance, qui modifie les caractéristiques sensorielle des aliments, donc son appréciation par le consommateur. L'oxydation des lipides conduit également à une modification de la couleur et parfois de la texture, ainsi qu'à des pertes en nutriments et micronutriments essentielles (CHOE et MIN, 2009).

II.5.1. Produits formés au cours de l'oxydation des lipides : L'oxydation des lipides, en particulier des résidus d'acide gras polyinsaturés, conduit à la formation des produits primaires : peroxydes, radicaux libre (figure 14), diane conjugué, très instable et rapidement décomposés en produits secondaires (aldéhydes, alcools, cétones). Ainsi, lors du développement des réactions d'oxydation, vont successivement apparaître les produits primaires et secondaires de l'oxydation (COJOCARU, 2010)

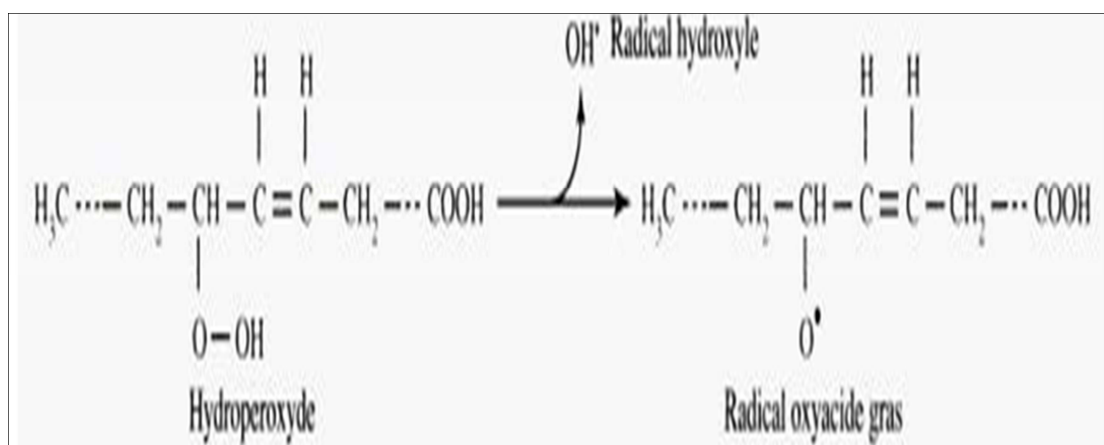


Figure14 : formation des radicaux libres oxyacides (FRENOT et VIERLING, 2001).

II.5.2. Effets biologiques des produits d'oxydation

Dans certaines conditions (friture, conservation à l'état congelé par exemple), les technologies industrielles ainsi que les préparations culinaires conduisent à une perte quantitative d'acides gras omega3 et diminuent ainsi la valeur nutritionnelle des produits.

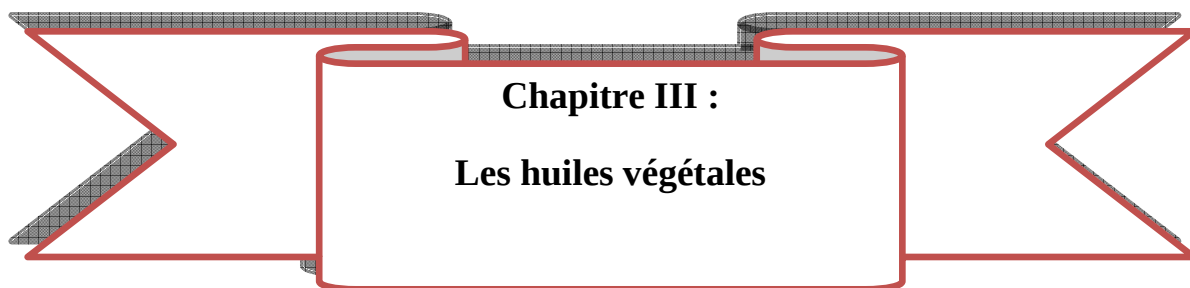
Elle s'accompagne aussi de la détérioration d'autres constituants, parmi lesquels : les vitamines liposolubles, les stérols (GENOT et al, 2004).

En plus de leurs effets sur la valeur nutritionnelle et le critère organoleptique des huiles, l'oxydation des lipides génèrent des produits toxiques susceptibles de développer des maladies (JUDDE, 2004). En effet, le stockage et le mode de préparation (friture, grillade, rôtisserie) de certains aliments (viandes et poissons génèrent et concentrent une multitude de radicaux libres, de lipo-péroxydes et divers métabolites issus de la lipo-péroxydation, particulièrement nocifs pour la santé (MORELLE et LAUZANNE, 2006).

Actuellement, il est admis que la lipo-péroxydation des lipides insaturés (AG et cholestérol) est à l'origine de nombreuses maladies chez l'homme. L'utilisation répétée des huiles de fritures peut augmenter la concentration des acides gras trans ; ces dernières sont à l'origine de l'apparition des MCV. Plusieurs études indiquent que les produits d'oxydation des huiles peuvent être cancérogènes : cancer des poumons apparait chez les femmes exposées à la vapeur libérée pendant la friture de poisson (SAGUY et DANA, 2003).

D'après (BONNEFIS, 2005), Les radicaux libres sont à l'origine de dommages in vivo importants

- ✓ créer des anomalies dans les structures des membranes cellulaires ;
- ✓ dénaturer les acides aminés et donc provoquer la déstabilisation de nombreuses protéines ;
- ✓ ils vont abimer les bases azotés, constituants essentiel de l'ADN et donc provoquer des aberrations génétiques.



III. Les huiles végétales

Les huiles végétales proviennent de la substance dure et ligneuse des graines ou du noyau et se trouvent renfermées dans les cellules oléifères sous forme de petites gouttes, retrouvées dans l'enveloppe charnue du fruit, ces huiles sont présentes dans plusieurs plantes notamment des fruits du palmier, de l'olivier, du coprah, de l'arachide, des fleurs de tournesol, de colza ou encore du coton et du soja (BENSALEM, 2015).

Chaque huile possède une saveur, un parfum et une qualité nutritive spécifique qui ne permet pas de la considérer comme de vulgaires corps gras. Les huiles alimentaires végétales sont donc des aliments importants qui apportent chacune des nutriments très utiles à la santé (LABOURET, 2005).

III.1. Production des oléagineux

III.1.1. Production mondiale

La consommation mondiale d'huile végétale est toujours en croissance. Les huiles les plus consommées sont l'huile de palme (33%), l'huile de soja (29%), l'huile de coprah (15%), et l'huile de tournesol (8,5%). La consommation des autres huiles se situe entre 3,5 et 5,5 million de ton (AGRITADE, 2013).

Le marché mondial des oléagineux a connu un développement spectaculaire au cours des 30 dernières années aussi bien au niveau de la production des graines (tableau I), des huiles et des tourteaux (MATALLAH, 2006).

Le commerce des oléagineux est dominé par les États-Unis, le Brésil, l'Argentine, le Canada comme exportateurs et la Chine comme principal importateur (AGRITADE, 2013). Le tableau (X) représente la production mondiale des oléagineux et les principaux producteurs entre les années 2009 et 2012 :

Tableau X : production mondiale des oléagineux et les principaux producteurs (en millions de tonnes (AGRITADE, 2013)).

production	2009-2010	2010-2011	2011-2012
soja	259,81	265,31	261,42
États-Unis	91,42	90,61	84,37
Brésil	68,39	75,31	73,30
Argentine	53,80	49,20	53,00
Chine	14,70	14,60	13,70
Inde	8,40	9,50	10,30
Tournesol	32,87	33,20	32,87
Ukraine	7,30	8	7,30
Russie	6,60	5,60	6,60
UE-27	7	6,99	7
Argentine	2,65	3,56	2,65
Colza	60,65	59,80	58,95
UE-27	21,73	20,50	18,93
Canada	12,42	12,38	13,20
Chine	13,10	12,20	11,60
Inde	6	7,10	7,20

III.1.2. Production en Algérie

L'Ukraine est le premier fournisseur d'huiles végétales brutes de l'Algérie (25% en 2012), suivie de l'Allemagne (17%), du Brésil (17%) et de l'Espagne (14%) (RASTOIN et BENABDERRAZIK, 2014).

L'industrie des oléagineux a pour objet de triturer des graines ou des fruits en vue d'en extraire de l'huile, avec en coproduits des tourteaux destinés à l'alimentation animale dans le cas des graines (première transformation), puis de raffiner les huiles brutes pour les rendre comestibles (deuxième transformation). L'Algérie ne dispose pas à ce jour d'unités industrielles de trituration de graines oléagineuses. On note une petite production, à caractère artisanal d'huile d'olive, d'arachide, de colza et de tournesol, pour un total de 70 000 ton d'huiles végétales brutes en moyenne 2008-12 (BELAID, 2015).

L'industrie du raffinage d'huile est solidement implantée en Algérie, avec 5 opérateurs :

- Cevital (Bejaia, marques Elio et Fleorial, (50 et 60% du marché algérien des huiles de table) ;
- Afia International Algeria (filiale du groupe saoudien Savola, une raffinerie dans la wilaya d'Oran, marques Afia et Oleor environ 20% de part du marché) ;
- Groupe La Belle (Alger, sociétés des corps gras de Bejaia et Annaba, ex-établissements de l'entreprise nationale des corps gras ENCG, marques Goutte d'or et Huilor, 15%) ;
- Prolipos (société de production des corps gras, Ain M'lila, filiale du groupe Bareche, 6%) ;
- Safia (division agroalimentaire du groupe Cogral, 4 unités de raffinerie d'huile, marque Safia) (BELAID, 2015)

III.2. les différentes huiles végétales

Les huiles végétales se définissent essentiellement par leur composition en AG (LECEREF, 2011) qui est très différente d'une huile à l'autre. Les huiles végétales n'ont cependant pas une composition fixe, car elles varient selon les arrivages, la génétique, la culture des plantes et les saisons. Elles se classent en trois groupes (BENSALEM, 2015) :

- Les huiles linoléiques : (AGPI, C18 : 2 ω6) telles que le tournesol. Les huiles de ce groupe ont des pourcentages relatifs en acides linoléique compris entre 55 et 75%.
- Les huiles oléiques : (AGMI C18 : 1 ω9 et AGPI C18 : 2 ω6) telles que l'huile d'argan, d'arachide,...

- Les huiles α -linoléniques (AGPI C18: 3 ω 3) telles que l'huile de colza et l'huile de soja. ces huiles ont des pourcentages relatifs en acide α -linolénique compris entre 7 et 13% environ selon les huiles.

Le tableau (XI) représente les caractéristiques de certaines huiles végétales :

Tableau XI: quelques huiles végétales et leurs caractéristiques (LABOURET, 2005).

Huile	Caractéristiques
-arachide	-huile fruitée et légère, anti gastrite et hypocholestérolémiant.
-carthame	-huile fluide et jaune antirhumatismale, adoucissant l'intestin,
-pépin de raisin	-fine, légère, excellente pour la régénérescence de la peau, antioxydant.
-olive	-peu acide si elle est vierge, elle a différentes saveurs selon les territoires, adoucissante, draineur hépatique, cholagogue, légèrement laxative, purgative, calmante et rafraichissante.
-soja	-adouçissante, anti eczémateuse, protège l'épiderme.
-tournesol	-régulatrice des systèmes endocriniens et nerveux, combat l'impuissance et la stérilité.

La teneur en huiles de certaines graines oléagineuse est présentée dans le tableau (XII):

Tableau XII: teneurs en huiles des principales graines oléagineuses (ABOUTAYEB, 2011).

Graine	Teneur en huile(%)
Olive	15-25
Arachide	45
Colza	35-40
Tournesol	35-50
Soja	15-20
Coton	35-40
Coprah	63

III.3.Tournesol et huile de tournesol

III.3.1.Définition et origine de tournesol

Le tournesol (figure 15) est connue sous le nom scientifique « *Helianthus annus* », appartient à la famille des composés astéracées et au genre *helianthus*, groupe capitules et l'ordre des astéracées. C'est une plante très rustique, sa culture est aujourd'hui répandue dans le monde entier et plus particulièrement en France, dans les pays d'Europe du sud-est et en Russie (MARKAL, 2012).

C'est une plante originaire d'Amérique, elle est Cultivée à l'origine par les Amérindiens et les Mexicains, elle fut importée en Europe par les Espagnols au XVIe siècle. Sa culture se développa particulièrement en Russie. Elle est aujourd'hui largement répandue par la culture dans tous les continents (SMASSEL, 2013).



Figure15: plante de tournesol.

III.3.2.Composition de graine de tournesol

Les principaux constituants de la graine de tournesol sont résumés dans le tableau (XIII) :

Tableau XIII: principaux constituants de la graine de tournesol (GUERMOUCHE, 2007).

Constituants	Teneurs en (%)
Eau	9
Protéines	18
Lipides	44
Cellulose	15
Autres matières	14

III.3.3.Huile de tournesol

L'huile de tournesol est obtenue à partir de 100% graines de tournesol biologiques sans additifs. Après avoir été pressée, une première fois à froid, les graines alors en partie déshuilées et écrasées (tourteaux), subissent une nouvelle trituration mécanique dont est issue une huile de seconde pression. Cette huile de seconde pression est ensuite désodorisée par un procédé qui n'altère en rien son caractère d'huile biologique. De la vapeur d'eau est injecté qui entraîne avec elle les molécules responsables de l'odeur et du goût (MARKAL, 2012).

L'huile de tournesol est riche en vitamine E (tocophérol, antioxydant) et en phospholipides (fibres solubles ou lécithine), elle est l'huile végétale la plus riche en oméga6. elle est utilisée pour la cuisson, friture, assaisonnement et mayonnaise, il est important de la marier avec une huile riche en oméga3 (type petit lin ou colza (SOLIBIO, 2014).

III.3.4.Composition de l'huile de tournesol

L'huile de tournesol est composée essentiellement de triglycérides (98% à 99%) et d'une faible proportion de fraction insaponifiable (0.5à1.5%) (BELHARET, 2012).

La composition en quelques acides gras de l'huile de tournesol est illustrée dans le tableau (XIV).

Tableau XIV: composition en acide gras de l'huile de tournesol. (BELHARET, 2012).

Acides gras	Nature	(% AG totaux)
Acide palmitique	C ₁₆ :0	5,7
Acide palmitoléique	C ₁₆ :1	≤0,4
Acide margarique	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 linolénique	C ₁₈ :3	≤0,2
Acide arachidique	C ₂₀ :0	<1
Acide gadoléique	C ₂₀ :1	≤0,5
Acide béhénique	C ₂₂ :0	<1

III.3.5. utilisations de l'huile de tournesol

Les graines oléagineuses (colza, tournesol, soja) sont classiquement valorisées au travers des technologies de la trituration et du raffinage sous forme d'huiles utilisées en alimentation humaine (consommation directe et industrie alimentaire) et de tourteaux, sources de protéines utilisés en alimentation animale (EVRARD, 2003).

III.3.5.1. Alimentation humaine

Les huiles de tournesol sont excellentes pour l'alimentation humaine. Leurs profils en acides gras, oléique et polyinsaturés essentiels, sont le garant d'un bon équilibre nutritionnel de notre alimentation. Elles sont conditionnées seules ou en mélange avec d'autres types d'huiles (SMASSEL, 2013).

Sa relative neutralité organoleptique une fois raffinée, l'absence d'acides gras très sensibles à l'oxydation comme l'acide α -linolénique ainsi que l'action antioxydante de ses tocophérols en font une huile « multi-usage » facile à utiliser à froid pour l'assaisonnement comme à chaud pour la cuisson (BORREDON M.E et al, 2011).

III.3.5.2. Alimentation animale

Les tourteaux de tournesol qui contiennent entre 32 et 36 % de protéines sont utilisés pour l'alimentation des animaux d'élevage : ruminants, porcs et volailles. Les quantités à apporter dans les aliments pour animaux sont adaptées à chaque conduite d'élevage. Ils peuvent se substituer en partie ou en totalité aux tourteaux de soja importés. A titre d'exemple, le tourteau

de colza associé au pois peut constituer l'unique source de protéines pour l'alimentation des porcs en croissance (SMASSEL, 2011).

III.3.5.3.Biocarburant

Les biocarburants ou biodiesels issus d'huile végétale sont exclusivement constitués d'esters produits par un procédé de transestérification de l'huile avec le méthanol pour fournir les esters méthyliques correspondants. Leurs fabrications est assurée majoritairement à partir d'huile de colza, tournesol et soja.ces esters sont utilisés pour additiver et compléter le gazole routier ou le fioul de chauffage (BORREDON M.E *et al*, 2011).

III.4.Soja et huile de soja

III.4.1.Définition et origine

Le soja (figure16), également appelé soya, est connu sous le nom scientifique : *glycine max*, appartient à la famille des légumineuses, cette plante contient des feuilles ovales ou en forme de lance, elle pousse à une longueur de 3 à 10 cm.

Le soja qui est un des éléments majeurs de la cuisine asiatique, en est un exemple caractéristique. Cette plante originaire de la Mandchourie, au nord-est de la chine. Le soja qui d'abord été cultivée comme engrais vert pour enrichir les sols, est considéré comme l'un des cinq grains qui ont été essentiels à l'essor de la civilisation chinoise avec le riz, le blé, l'orge et le mil (LABAT, 2013).



Figure16: plante de soja

III.4.2.Composition de la graine de soja

Le soja est une légumineuse dans les graines sont riches en protéines, d'après (JACQUES, 2010) elles contiennent en moyenne :

- 30-40 % de protéines;
- 20% de lipides;
- 35% de glucides dont 20% de fibres;
- 5% de minéraux et vitamines.

III.4.3.Huile de soja

L'huile de soja est une huile naturelle extraite des graines de soja entières. C'est l'huile la plus utilisée aux Etats-Unis, elle est vendue comme huile de soja pure ou en tant qu'ingrédient dans les huiles végétales.

L'huile de soja est fluide et d'une couleur jaune plus ou moins foncée suivant la nature des graines et les procédés d'extraction. Fraîche, elle a une saveur assez prononcée d'haricot qui s'atténue peu à peu. Elle est riche en acides gras polyinsaturés et notamment en acides gras essentiel α -linoléique, elle est recommandée pour les assaisonnements (NIA, 2008).

Sa richesse en lécithine la rend précieuse pour la reconstitution des cellules nerveuses et cérébrales, sa bonne digestibilité en fait une bonne remplaçante de l'huile d'olive pour ceux qui ne peuvent la tolérer (COSSUT et al, 2002).

La principale différence de l'huile de soja par rapport aux autres huiles végétales se situe au niveau de la forme d'insaturation et de la présence d'acide linoléique (C18:3) en quantité appréciable. Cet acide gras étant très sensible à l'oxydation, il conviendrait d'éviter au maximum le contact de l'huile avec l'oxygène de l'air (NIA, 2008).

III.4.4.Composition de l'huile de soja

La teneur en AG insaturés de l'huile de soja étant très élevée, les molécules de triglycérides contiennent au moins deux acides gras insaturés et les glycérides di et tri-saturés sont pratiquement absents ou en très faibles quantités.

Le tableau (XV) montre les différents acides gras présents dans l'huile de soja:

Tableau XV: composition de l'huile de soja en acides gras (NIA, 2008)

Types d'acide gras	Teneur en (%)
Acide palmitique (C _{16:0})	11,5
Acide stéarique (C _{18:0})	4
Acide oléique (C _{18:1})	25
Acide linoléique (C _{18:2})	51,5
Acide linoléique (C _{18:3})	7,5
Acide arachidique (C _{20:0})	0,5

III.5.Utilisations d’huile de soja

III.5.1.Alimentation humaine

Les graines de soja font parti des graines huileuses les plus riches en acides gras polyinsaturés totalisant 54 à 72 %des lipides totaux (LABAT, 2013). L’huile de soja est la plus consommée aux Etats-Unis, ou elle représente 75 % environ la consommation totale d’huile végétale alimentaire.

Cette huile est utilisée pour la fabrication d’un grand nombre de produits divers y compris les mayonnaises, les crèmes à café, la margarine, les pates à tartiner et les sauces à salade (BERHIM ET BENAMAR, 2013).

III.5.2.Alimentation animale

Les tourteaux de soja représentent les résidus solides de l’extraction de l’huile des graines de soja. Ils sont largement utilisés dans l’alimentation animale après cuisson afin d’inactiver les facteurs antinutritionnels et les éventuels toxiques fongiques.

En effet, ils constituent au niveau mondial, la première classe d’aliments concentrés et la première source en protéines pour l’alimentation animale (FERRIERES, 2009).

III.5.3.Utilisations industrielles

Le soja est aussi demandé dans les applications industrielles y compris l’encre d’imprimerie, le biodiésel, les cires, solvants, lubrifiants, plastiques, fibres, textile et adhésifs (NEWKIRK, 2010).

III.6.Technologie d’obtention des huiles végétales

Les huiles de graines ou de germes demandent généralement une technologie plus élaborée : nettoyage, triage, décorticage, trituration, extraction et enfin raffinage.

Certaines huiles de graines sont parfois commercialisées non raffinées (germes de blé, germe de maïs, colza, tournesol).

III.6.1.Trituration

La trituration est un procédé relativement ancien, très mature et performant pour extraire l’huile des graines oléagineuses (ROUS, 2015).

La trituration permet d’obtenir des huiles brutes, dites de pression, qui sont généralement raffinées pour être rendues propre à la consommation, exception faite des huiles commercialisées à l’état vierge.

Selon (DEVELLERS *et al*, 2010), la trituration industrielle est basée sur deux techniques majeures qui sont la pression mécanique et l’extraction à l’hexane, elle comporte classiquement les étapes suivantes :

- Les opérations de préparation des graines : nettoyage et séchage, décorticage ou dépelliculage, préparation mécanique (aplatissage et/ou broyage), conditionnement thermique ;
- La pression, pour extraire mécaniquement l'huile de la graine : on obtient une huile de pression et un résidu solide appelé écaille de presse (tourteau), contenant encore un pourcentage non négligeable d'huile (environ 20%) ;
- L'extraction de l'huile résiduelle des écailles par solvant (l'hexane) : on obtient alors une huile d'extraction et un tourteau déshuilé.

III.6.2.Extraction

III.6.2.1.Méthode chimique: extraction par solvant

En sortie de pression, les écailles de presse sont acheminées vers l'atelier d'extraction, où l'hexane est utilisé comme solvant d'extraction (DEVELLERS *et al*, 2010).

L'opération s'effectue à environ 60°C. Le tourteau déshuilé débarrassé du solvant contient des nutriments non solubles dans l'huile (protéines, fibres) et servira d'ingrédients pour l'alimentation du bétail.

L'activité d'extraction est constituée de plusieurs opérations unitaires :

- L'extraction de l'huile par dissolution dans l'hexane ;
- La désolvantation du tourteau par évaporation du solvant ;
- Le refroidissement du tourteau avant stockage ;
- La distillation de l'huile par évaporation de solvant ;
- La condensation des vapeurs de solvant avec séparation de l'eau et de l'hexane ;
- L'épuration de l'air, en sortie du dernier condenseur à mélange, par absorption des vapeurs d'hexane incondensées.

L'extraction de l'huile des écailles de presse s'effectue à l'aide d'un extracteur continu à percolation (à paniers, à bande perforée, à chaîne, ou à filtres sous vide). En ce qui concerne le tourteau sortant de l'extracteur, il contient environ 30% d'hexane qu'il convient de récupérer (BENSEGHIR ET KHAMED, 2014).

III.6.2.2.Méthode physique: extraction par pression

Fait uniquement intervenir des presses mécaniques. Par ce procédé, on obtient une huile très pure ne contenant aucune substance étrangère. Par contre, ce procédé ne retire pas l'entièreté de l'huile des graines. Il reste, selon le type des graines extraites, 9 à 20% d'huile dans le tourteau

d'extraction. Cette partie de l'huile ne pourra donc pas être valorisée comme huile de consommation. Ceci explique pourquoi les huiles « pression » sont plus onéreuses que les huiles « solvant » (BERRIM, 2013).

III.6.3.Raffinage

Le raffinage a pour but de maintenir ou d'améliorer les caractères organoleptiques (gout et odeur neutre, limpidité, couleur jaune claire), nutritionnelles et la stabilité des corps gras. Pour se faire il met en œuvre plusieurs étapes pour éliminer des composés indésirables (gommes, cires, acides gras libres, pigments, traces métalliques, composés odorants volatils) et les contaminants potentiellement présents dans les matières premières, tout en maîtrisant la formation de nouveaux composés indésirables par hydrolyse, oxydation ou isomérisation.

La conduite du procédé peut au besoin s'adapter aux usages ultérieures qui seront fait des huiles raffinées produites : ainsi, un usage alimentaire (ou cosmétique /pharmaceutique), conduira le raffineur à optimiser son procédé afin de conserver les constituants d'intérêt nutritionnel (acide gras polyinsaturés, vitamine E) (MORIN *et al*, 2012).

Selon (CHEKROUN, 2013), il existe deux types de raffinage : le raffinage chimique et le raffinage physique. Dans le raffinage chimique, les acides gras libres, la plupart des phospholipides et d'autres impuretés sont éliminés à l'étape de neutralisation avec des solutions de base ; le plus souvent de la soude.

Dans le raffinage physique, les acides gras libres sont éliminés par distillation à température élevée, le choix entre raffinage physique et chimique se fait en fonction de la nature de l'huile, de sa qualité et des objectifs visés.

III.6.3.1.Raffinage chimique

Il se compose classiquement des opérations de dégommage ou conditionnement acide, neutralisation chimique, décoloration, désodorisation et dans certains cas, frigélisation ou winterisation (figure 17).

III.6.3.1.1.Démucilagination

C'est une opération qui consiste à éliminer les phosphatides par action d'acide phosphorique en formant des mucilages qui sont éliminés par centrifugation (COSSUT, 2002).

III.6.3.1.2.Neutralisation

Cette étape permet essentiellement d'éliminer les acides gras libres, par transformation en savons et séparation, ainsi que divers composés résiduels (phospholipides, composés de nature protéique, ...) (DEVELLERS *et al*, 2010).

III.6.3.1.3.Décoloration

Le but principal de cette opération est d'éliminer les pigments colorés contenus dans l'huile. La décoloration fait intervenir un agent d'adsorption (terres décolorantes avec ou sans charbon actif) (DEVELLERS *et al*, 2010), elle permet aussi de débarrasser l'huile des différents composés indésirables et contaminants éventuels tels que : composés d'oxydation, traces de phospholipide, ... (XAVIER, 2012).

III.6.3.1.4.Désodorisation

Elle permet d'enlever les odeurs et les arômes indésirables causés par un nombre de composants relativement volatiles, ils peuvent être éliminés en dégageant de la vapeur ou de l'azote (XAVIER, 2012).

III.6.3.1.5.Frigélisation ou « winterisation »

Cette opération concerne certaines huiles riches en cires (tournesol, pépin de raisin). La winterisation ou décirage, consiste à provoquer la cristallisation de ces cires, l'étape suivante de séparation étant généralement réalisée par filtration (DEVELLERS *et al*, 2010).

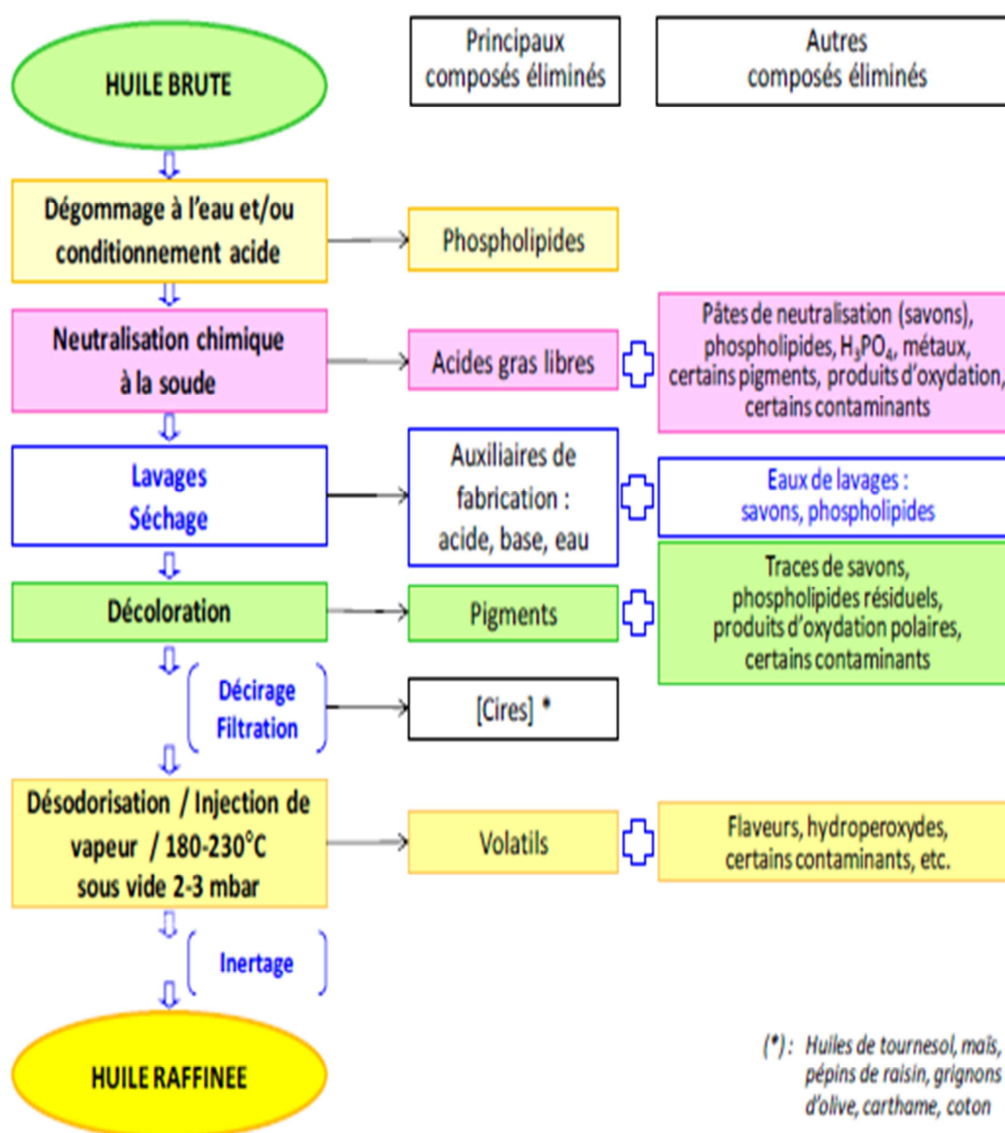


Figure17: les étapes du raffinage chimique des huiles (DEVELLERS *et al*, 2010).

III.6.3.2. Raffinage physique

Appelé aussi désacidification, consiste en un entrainement à la vapeur d'eau et une distillation sous vide des acides gras libres.

Le raffinage physique ne comporte pas l'étape de neutralisation chimique à la soude; ce procédé ne génère donc pas de pâtes de neutralisation (figure18). Seules les huiles saturées et acides (palme, coprah) sont adaptées à subir ce type de raffinage, les huiles polyinsaturées, sensibles à l'oxydation, ne peuvent par être raffinées de la sorte, sans risque de formation de réactions parasites du type polymérisation ou isomérisation (DEVELLERS *et al*, 2010)

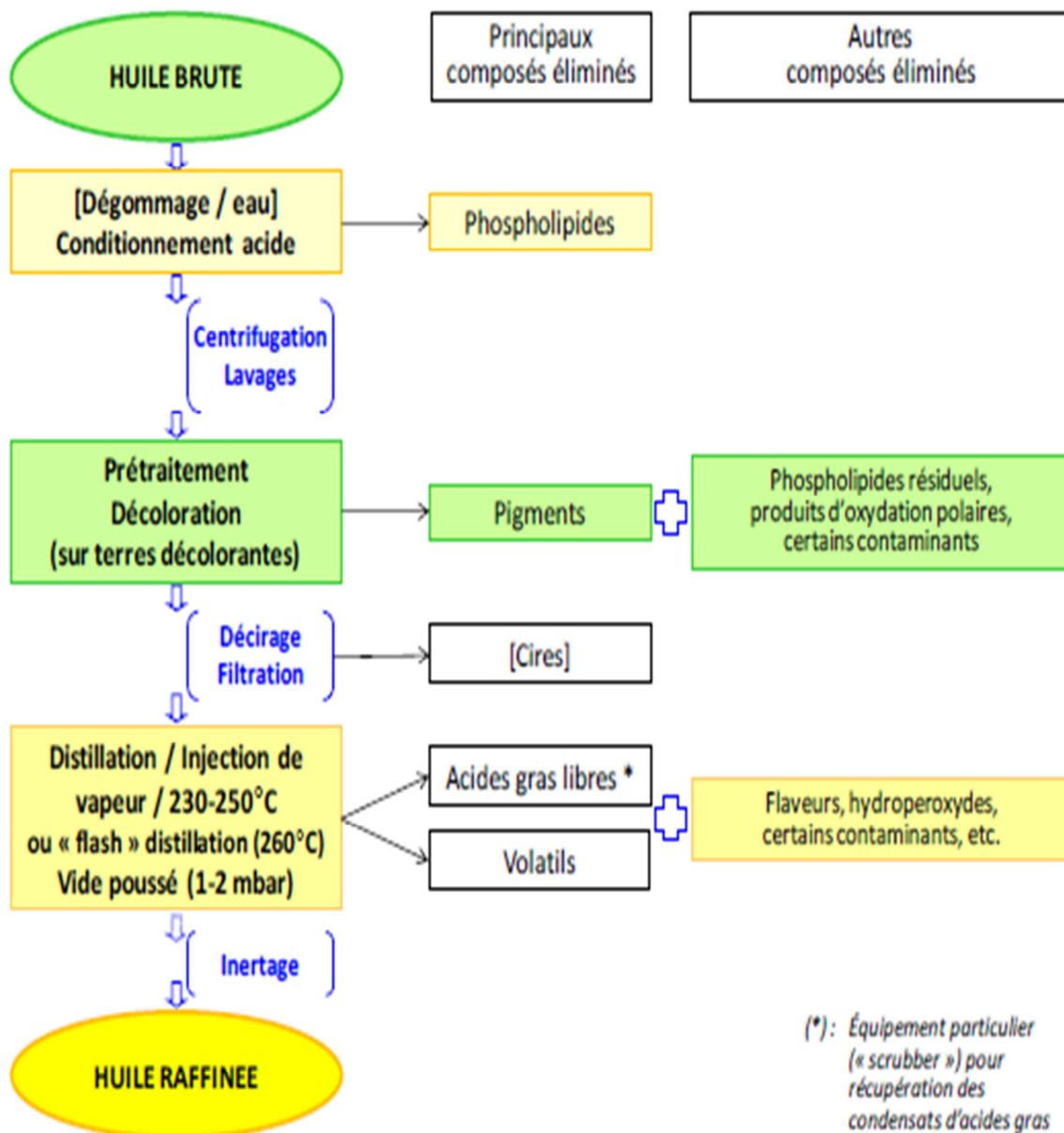


Figure18: les étapes du raffinage physique des huiles (DEVELLERS *et al*, 2010).



Matériel et méthode

I. objectifs de l'étude

Au cours de ce travail, nous avons contrôlé la qualité de deux huiles alimentaires commerciales disponibles sur le marché : Elio et Fleurial ; en déterminant leurs caractéristiques chimiques (indice d'acide, indice d'iode, indice de saponification, indice de peroxyde), ces deux huiles sont placées dans des conditions différentes.

La photo oxydation est un processus d'oxydation naturel et chimique des huiles alimentaires, cette réaction est traduite par leur rancissement ; les esters d'acides gras des huiles sont convertis en acides gras libres. De plus ceux-ci donnent aussi naissance à une odeur désagréable à l'huile au cours de sa conservation.

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

II. Echantillonnage

Les huiles sélectionnées pour cette étude sont les huiles commercialisées de marque « Elio » et « Fleurial » en raison de leur large consommation et différentes utilisations : friture, cuisson et assaisonnement.

Ces deux huiles ont été achetées le mois de Mars, dans un magasin d'alimentation générale comme l'aurait fait n'importe quel consommateur. Elles sont conservées dans des emballages en matière plastique ; deux bouteilles de 2L pour Elio, deux autres bouteilles de 1.8L pour Fleurial.

Les deux huiles sont produites dans la raffinerie « Cevital » SPA de Bejaïa, Algérie.

Afin de mesurer le degré d'altération de ces deux huiles sous l'effet de la lumière, nous avons stocké une bouteille de « Elio » et une bouteille de « Fleurial » à l'abri de la lumière. Les deux autres bouteilles des deux échantillons sont laissées chez le commerçant,

Les différentes analyses chimiques ont été réalisées directement après l'achat des deux huiles pour déterminer leurs indices chimiques initiales, puis une deuxième analyse a été effectuée sur les quatre échantillons d'huiles : entreposées à l'obscurité et celles laissées chez le commerçant après deux mois de conservation.

III. Caractéristiques des huiles utilisées

III.1. L'huile « Elio »

- Elle est élaborée à partir d'un mélange unique d'huiles 100% végétales (80% de soja et 20% de tournesol) ;
- Une huile recommandée pour les fritures, le badigeonnage, la cuisson des aliments, les pâtisseries et l'assaisonnement ;
- En plus de son côté multi-usage, Elio est riche en omega3, 6, 9 et en vitamines A, D, et E qui lutte contre le cholestérol, le diabète, l'hypertension et les troubles cardiovasculaires et cérébrales ;
- Température conseillée : max 180°C ;
- Conservation dans un endroit propre et tempéré ;
- Stockage à l'abri de la lumière et source de chaleur ;
- Le processus de fabrication est certifié ISO 22000 ;
- Formats disponibles : 1L, 2L, 5L.



Figure19 : l'huile Elio

- Selon l'étiquetage, la composition de cette huile est illustrée dans le tableau (XVI)

Tableau XVI : composition de l'huile Elio

Energie	900 Kcal
Acides gras saturés	15 g
Acides gras mono insaturés	25 g
Acides gras poly insaturés	60 g
Vitamine E	100 mg
Cholestérol	Néant

III.2. L'huile « Fleurial »

- Huile végétale 100% tournesol ;
- Elle est pure, légère, digeste et garantie sans cholestérol ;
- Elle est riche en Omega6, et en vitamines A, D et E ;
- Peut être utilisée pour assaisonner, cuir, frire et dorer les aliments ;
- En friture, Fleurial peut être utilisée jusqu'à 10 fois ;
- Température conseillée : max 180°C ;
- Conservation dans un endroit propre et tempéré ;
- Stockage à l'abri de la lumière et source de chaleur ;
- Le processus de fabrication est certifié ISO 22000 ;
- Fleurial est disponible en trois formats : 1L, 1,8L, 4L.

**Figure20** : l'huile Fleurial

- Selon l'étiquetage, la composition de cette huile est illustrée dans le tableau (XVII)

Tableau XVII: composition de l'huile Fleurial.

Valeurs énergétiques	3700 KJ
Acides gras saturés	10 g
Acides gras mono insaturés	30 g
Acides gras poly insaturés	60 g
Vitamine A	1200 µg
Vitamine D	7,5 µg
Vitamine E	80 mg
Cholestérol	Néant

Le matériel utilisé dans les différentes manipulations sont résumés dans le tableau (XVIII)

Tableau (XVIII) : matériel utilisé pour la détermination des différents indices chimiques

Verreries	Appareillages
Erlen Meyer (250 ml) fioule conique Ballon à col rodé bêchers (100 ml, 250 ml, 500 ml) pipettes (1 ml) Entonnoir Burette éprouvettes	Réfrigérant à reflux plaque chauffante balance de précision balance agitateur

La liste des réactifs utilisés est comme suit :

- ❖ Pour la détermination de l'acidité et l'indice d'acidité :
 - ✓ Ethanol à 96% ;
 - ✓ Solution d'hydroxyde de potassium dans l'éthanol à 0,1N;
 - ✓ Solution de phénolphtaléine.
- ❖ Pour la détermination de l'indice de peroxyde :
 - ✓ Chloroforme (CHCl_3) ;
 - ✓ Acide acétique (CH_3COOH) ;
 - ✓ Solution aqueuse saturé d'iodure de potassium (KI) à 10% ;
 - ✓ Solution aqueuse de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 0,01 N ;
 - ✓ Solution d'empois d'amidon à 1%.
- ❖ Pour la détermination de l'indice d'iode :
 - ✓ Solution de thiosulfate de sodium (0,1 N) ;
 - ✓ Empois d'amidon ;
 - ✓ Iode alcoolique (0,2 N) ;
 - ✓ Ethanol à 96%.
- ❖ Pour la détermination de l'indice de saponification :
 - ✓ Acide chlorhydrique (HCl) en solution 0,5N ;
 - ✓ Potasse en solution 0,5 N ;
 - ✓ Phénolphthaléine en solution à 1%.

IV. Méthodes d'analyses chimiques

IV.1. Acidité et indice d'acidité (AFNOR NF T60-204, 1988)

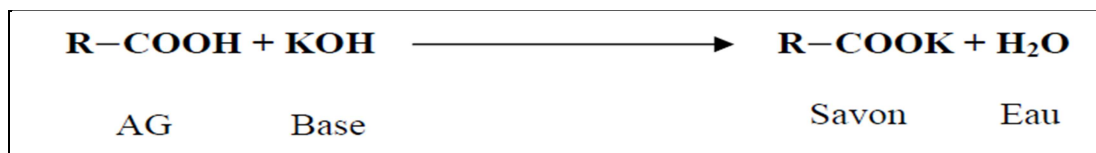
L'acidité libre exprimée en pourcentage d'acide oléique permet à la fois la classification des huiles, et le renseignement sur leur état d'oxydation (GHARBY.S *et al*, 2015).

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour la neutralisation des acides libres contenus dans un gramme de corps gras.

La mesure de la quantité des AGL d'un CG est l'un des meilleurs moyens de déterminer son altération par hydrolyse, Lorsque les corps gras deviennent rances, les triglycérides sont convertis en acides gras et en glycérol, ce qui provoque une augmentation de l'indice d'acide.

Principe

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



Expression des résultats

L'acidité est donnée par la formule suivante :

$$\text{Acidité (\%)} = \frac{V.c.M}{10.m}$$

Avec :

V : volume en ml de la solution de KOH utilisé pour le titrage.

c : concentration exacte en mole/L de la solution KOH.

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

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

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

$$I_A \text{ (mg de KOH/g de CG)} = N.V.E_g / m$$

Soit :

N : normalité de KOH.

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

E_g : équivalent gramme de KOH= 56,1g.

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

IV. 2. Indice de peroxyde (AFNOR NF T60-220, 1988)

C'est le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif de peroxyde contenu dans un kilogramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode, il est exprimé en meq d'O₂/Kg d'huile.

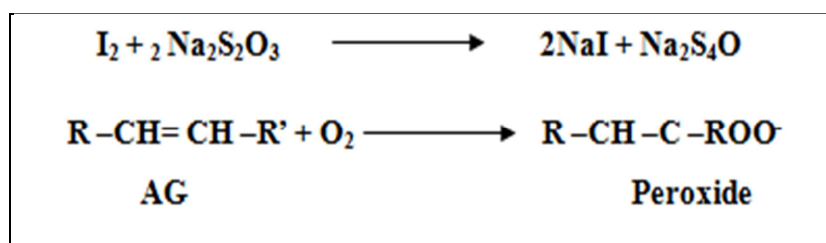
En présence de certains facteurs (lumière, eau, chaleur, traces de métaux...), les huiles peuvent s'oxyder. Cette oxydation conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) par fixation d'une mole d'oxygène sur le carbone situé en position α par rapport à une liaison éthylénique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

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

Principe

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

Les corps gras sont traités en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium (KI). Par la suite, l'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) à (0,01 N) en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré, selon la réaction suivante :



Expression des résultats

L'indice de peroxyde est donné par la formule qui suit :

$$Ip(meqd'O_2/Kg) = \frac{(V_1 - V_0) \times N}{P} \times 10^3$$

Soit :

IP : indice de peroxyde

V : volume de Na₂S₂O₃ utilisé pour la prise d'essai.

V₀ : volume de Na₂S₂O₃ utilisé pour l'essai à blanc.

N : normalité de Na₂S₂O₃ (0,01N).

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

IV. 3. Indice d'iode (AFNOR NF T60-203)

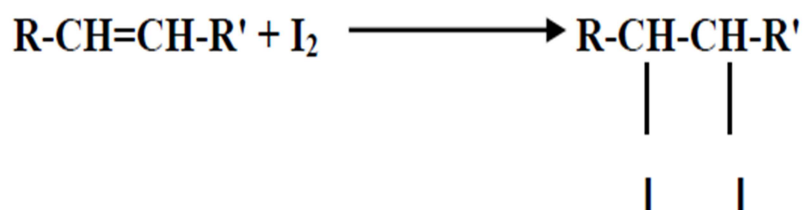
Le nombre d'insaturations peut se mesurer à l'aide de différents tests au laboratoire comme le test à l'indice d'iode.

L'indice d'iode est le nombre de gramme d'iode moléculaire absorbé par 100g de corps gras, il permet de déterminer le degré d'insaturation d'un corps gras (LAPIERRE et ST-GELAIS, 2013).

Les matières grasses animales très saturées, ont des indices d'iode de l'ordre de 45, dans les huiles végétales, cette valeur atteint 150.

Principe

Le principe consiste à ajouter à une prise d'essai une solution de monochlorure d'iode dans un mélange d'acide acétique et de tétrachlorure de carbone. Cette addition est utilisée pour déterminer qualitativement l'insaturation des corps gras, il consiste à une fixation des halogènes sur les liaisons éthyléniques des acides gras insaturés, selon la réaction suivante :



Expression des résultats

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

$$I_i(g I_2 / 100g) = \frac{(V_0 - V) \times N}{P} \times 12,69$$

Soit :

I_i : indice d'iode.

V_0 : volume du thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc en ml.

V : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour titrer l'excès d'iode en ml.

N : normalité de thiosulfate de sodium (0,1N).

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

12,69 : masse d'iode correspondant à 1 ml de thiosulfate de sodium pour 100g de corps gras.

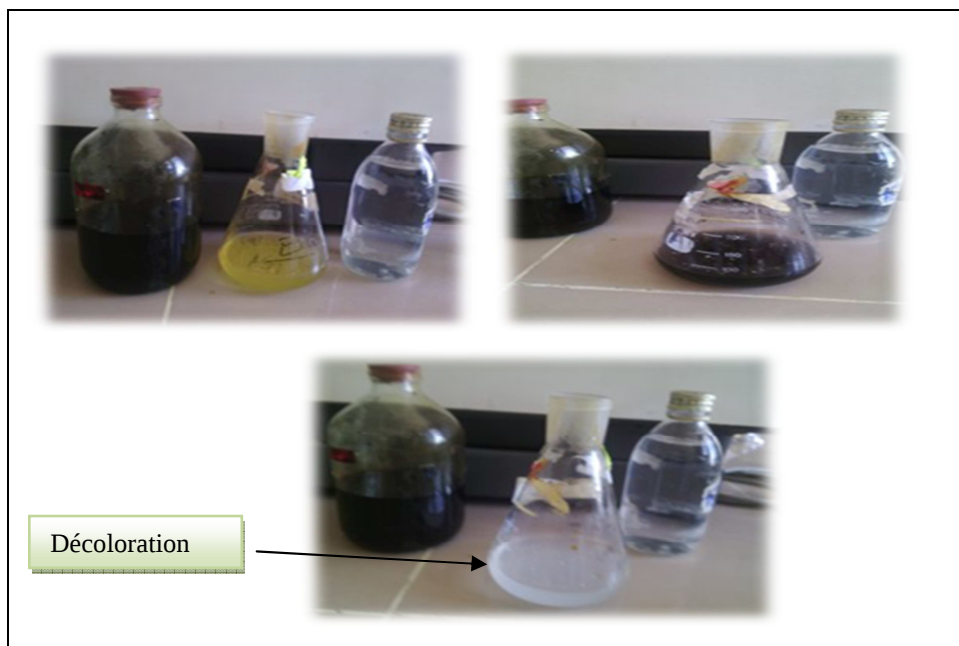


Figure21 : dosage de l'indice d'iode

IV.2.4. Indice de saponification (AFNOR NF T60-206)

L'indice de saponification (I_s) d'un corps gras est le nombre de milligramme d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier un gramme de corps gras ; autrement dit c'est le nombre de

mg de KOH nécessaire pour transformer en savon tous les AGL liés à la molécule de glycérol sous forme de TAG par gramme de CG.

Cet indice présent le grand intérêt de permettre l'utilisation d'une matière grasse sans en connaître précisément la composition, c'est le cas en savonnerie.

Contrairement à l'indice d'acide, l'indice de saponification est déterminé à chaud. Si le corps gras analysé est un triglycéride pur, l'indice de saponification permet de connaître sa masse molaire (donc sa composition moléculaire et éventuellement sa structure).

Principe

Le principe consiste à saponifier une prise d'essai par KOH alcoolique sous réfrigérant à reflux (figure 22) pendant une heure. Le titrage de l'excès de KOH se fait par une solution de HCL (0,5N) en présence de phénolphtaléine (indicateur coloré), comme l'indique les réactions suivantes :



Expression des résultats

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

$$I_s \text{ (mgKOH/g)} = \frac{N \times Eg \times (V_0 - V_1)}{p}$$

Soit :

Is : indice de saponification exprimée en milligramme par gramme.

V₀ : volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique (HCL) utilisé pour l'essai à blanc.

V₁ : volume en ml de HCL utilisé pour le titrage de prise d'essai.

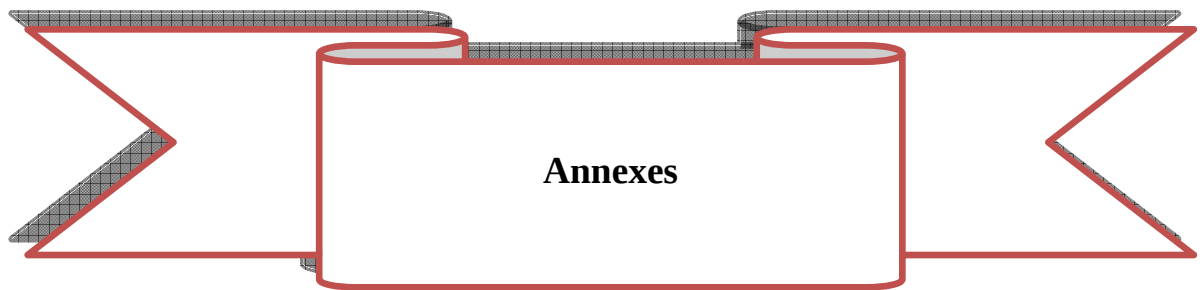
N : normalité de HCL (0,5).

Eg KOH : équivalent gramme de KOH (56,1 g/mol).

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



Figure22 : réfrigérant à reflux



VI. Acidité libre et indice d'acidité

L'acidité libre est un facteur qui renseigne sur l'altération d'une huile par hydrolyse de certains composants (TEKAY et HASSOUNA, 2005).

L'indice d'acide est un critère chimique de fraîcheur et de la pureté de l'huile, il nous renseigne sur son degré d'altération, l'augmentation de l'indice d'acide est principalement due à une activité enzymatique.

La valeur de cet indice, dépend beaucoup des conditions de stockage : l'humidité, l'oxygène et la température. Cette dernière a été l'objet de plusieurs études qui ont montrés son effet négatif sur la stabilité des huiles ; CHIBANE et HIDEUR (2015), ont travaillé sur l'effet de la température de friture sur la stabilité thermo-oxydative de l'huile « Elio », les valeurs de l'acidité et de l'indice d'acidité trouvés ont tendance à augmenter au fur et à mesure avec la température.

La lumière, qui est l'objet de notre étude, également influence sur l'acidité des huiles. L'huile Elio utilisée présente un indice d'acidité de 0,28 mg de KOH/g d'huile, et un taux d'acidité de 0,15%. Quant à l'huile Fleurial, on a trouvé une valeur de 0,31 mg de KOH/g pour l'indice d'acidité et présente une acidité de 0,16%.

Pour la mesure d'acidité, nos valeurs sont supérieures à celles trouvées par (HIDEURE et CHIBANE, 2015), qui ont enregistré une acidité de 0,11% pour l'huile Elio. Les résultats obtenues de la mesure de l'acidité et de l'indice d'acidité des huiles «Elio » et « Fleurial », sont portés dans les tableaux (XIX) et (XX), et la figure (23) :

Tableau XIX: valeurs d'acidité des huiles Fleurial et Elio.

L'huile	L'huile Elio fraîche	Elio à l'obscurité	Elio commercialisée	L'huile Fleurial fraîche	Fleurial à l'obscurité	Fleurial commercialisée
L'acidité	0,15 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,45 ± 0,00	0,16 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,45 ± 0,00
Norme : ≤0,20 %						

Tableau XX: valeurs de l'indice d'acidité des huiles Fleurial et Elio.

Huile	L'huile Elio fraiche	Elio à l'obscurité	Elio commercialisée	L'huile Fleurial fraiche	Fleurial à l'obscurité	Fleurial commercialisée
Indice d'acidité	0,28 ± 0,05	0,44 ± 0,1	0,89 ± 0,22	0,31 ± 0,05	0,44 ± 0,1	0,89 ± 0,22
Norme : $\leq 0,40$ mg de KOH/g d'huile						

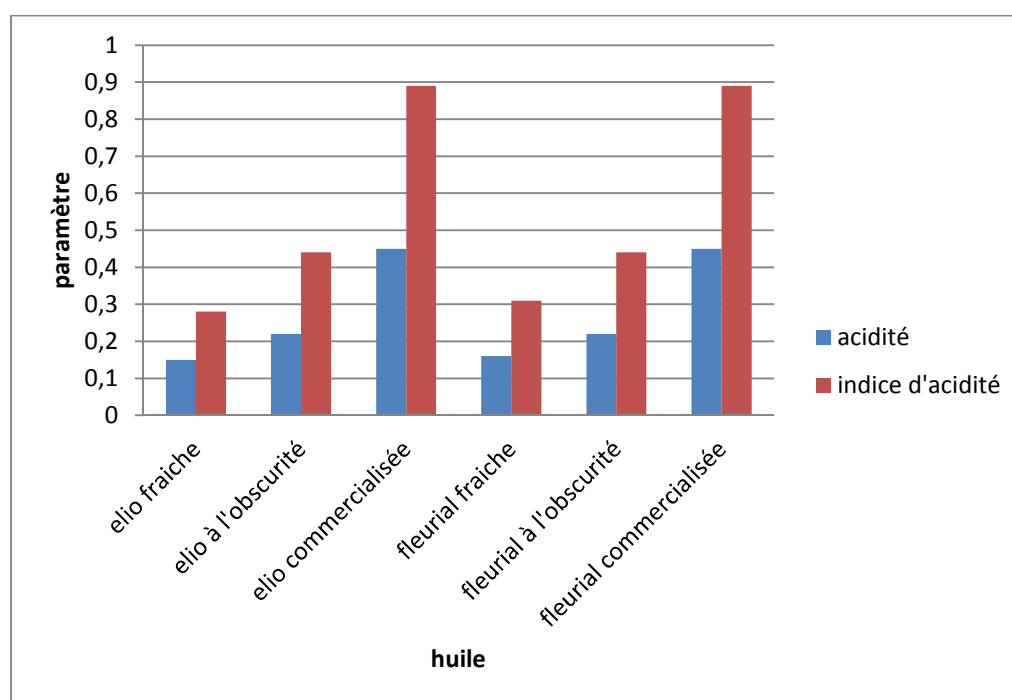


Figure23: évolution de l'indice d'acidité et de l'acidité des huiles Elio et Fleurial analysées.

D'après les résultats, on remarque que la valeur d'acidité et d'indice d'acidité augmentent légèrement durant le stockage des huiles à l'obscurité par rapport aux valeurs obtenues pour l'huile fraîche (avant le stockage). Les deux huiles possèdent une acidité de 0,22% et un indice d'acidité de 0,45 mg de KOH/g d'huile, ces valeurs sont proches des normes et proches de celles trouvés par OUARAB.S et OUARAB.Y(2013) après 60 jours de stockage à la lumière.

La valeur d'acidité et d'indice d'acidité augmentent pour les deux huiles laissées chez le commerçant pour atteindre respectivement 0,45% et 0.89 mg de KOH/g d'huile, ces valeurs ne sont pas conformes à la norme fixée pour les huiles végétales, contrairement aux résultats de BELHARET (2013), qui sont de 0,10% pour l'acidité et 0,21 mg de KOH/g d'huile.

La durée de stockage a aussi une influence sur l'acidité des deux huiles étudiées ; ce qui confirme l'augmentation des deux paramètres même pour les deux échantillons d'huiles entreposées à l'obscurité, mais c'est la lumière qui a accéléré plus fortement leur acidification.

L'élévation de l'acidité serait due à l'augmentation d'acides gras libres sous l'effet des conditions de commercialisation notamment la lumière. L'accumulation des AGL est due au déroulement de la réaction d'hydrolyse des glycérides (mono et diglycérides) (TANOUTI et al, 2011) ; dans le processus d'hydrolyse, la molécule de triacylglycérol réagit avec une molécule d'eau pour donner un AGL et un diacylglycérol.

VII. indice de peroxyde

L'oxydation des huiles commence après que les graines soient cueillies, et continue pendant le stockage des fruits et leur traitement. Les premiers produits formés sont des composés peroxydés instables, et des hydroperoxydes dont la structure va dépendre de la nature des acides gras oxydés (acide mono, di, ou polyinsaturés).

La peroxydation des lipides est un phénomène général qui se produit dès la présence de l'oxygène. Dans le cas d'une photo-oxydation, l'altération des huiles se fait par présence d'un photo sensibilisateur, l'énergie irradiante convertit l'oxygène triplet en oxygène à l'état singulet (CILLARD.J et CILLARD.P, 2006).

L'indice de peroxyde sert à évaluer l'état de conservation d'une MG au cours de son stockage, il sert à évaluer la quantité de peroxydes présents dans l'huile (JUDDE, 2004)

Notre huile fraîche Elio contient un indice de peroxyde de 1 meq d'O₂ actif /kg d'huile, et l'huile Fleurial a un indice de peroxyde qui est de 6 meq d'O₂ actif /kg d'huile. Cette valeur est identique à celle trouvée par OUARAB.S et OUARAB.Y, (2013) lors de l'analyse de l'huile fraîche Elio, toutes ces valeurs sont conformes aux normes des huiles végétales.

Les résultats obtenus pour l'indice de peroxydes des différentes huiles sont illustrées dans le tableau (XXI) et la figure (24) :

Tableau XXI : indice de peroxyde des huiles Elio et Fleurial.

L'huile	L'huile Elio fraîche	Elio à l'obscurité	Elio commercialisée	L'huile Fleurial fraîche	Fleurial à l'obscurité	Fleurial commercialisée
L'indice de peroxyde	1 ± 0,08	2,5 ± 0,06	4 ± 0,67	6 ± 0,15	7,5 ± 2,02	14,5 ± 2,12
Norme : ≤ 10 meq d'O ₂ actif /kg d'huile.						

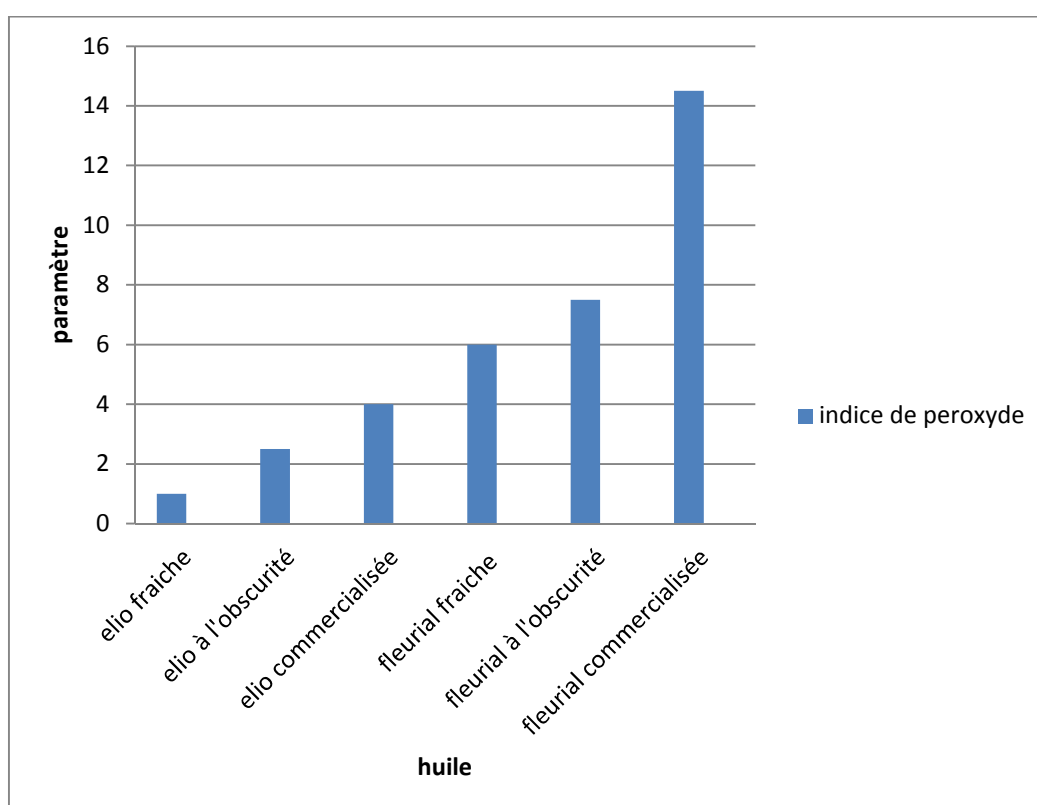


Figure24: évolution de l'indice de peroxyde des huiles Fleurial et Elio dans différentes conditions de stockage.

Les résultats portés ci-dessus, montrent que l'indice de peroxyde des huiles augmente légèrement durant leur entreposage à l'obscurité, pour atteindre une valeur de 2,5 meq d'O₂ actif /kg d'huile pour l'huile Elio, et 7,5 meq d'O₂ actif /kg d'huile pour Fleurial. Ces valeurs restent toujours conformes aux normes. BELHARET (2013), a trouvé une valeur de 6,85 meq d'O₂ actif /kg d'huile pour l'huile Fleurial stockée à l'ombre pendant 6 semaines.

OUARAB.S et OUARAB.Y, (2013), ont estimé une valeur de 4 meq d'O₂ actif /kg d'huile pour l'huile Elio après 60 jours de stockage à l'obscurité, ces valeurs sont proches de nos résultats.

Les huiles entreposées chez le commerçant présentent un indice de peroxyde plus élevé par rapport aux huiles fraîches, et celles stockées à l'obscurité, l'augmentation de cet indice est plus remarquable pour l'huile Fleurial qui présente un indice de 14,5 meq d'O₂ actif /kg d'huile, cette valeur est supérieur à la norme contrairement à l'huile Elio, et supérieur aux résultats de BELHARET (2013), qui a trouvé un indice de peroxyde de 5,27 meq d'O₂ actif /kg d'huile pour la même huile (Fleurial) exposée à la lumière.

L'augmentation de l'indice de peroxyde des huiles stockées à l'obscurité serait due au déroulement de la réaction d'auto oxydation, cette réaction est lente, est ainsi le nombre de peroxydes formé est faible ce qui explique la valeur de l'indice de peroxyde trouvée.

La formation de l'oxygène singulet est une autre voie de formation des hydroperoxydes ; le photo sensibilisateur qui est à l'état triplet, absorbe des photons et passe à l'état singulet, il transmet son excitation à l'oxygène moléculaire qui devient excité à son tour pour donner l'oxygène singulet qui est environ 1500 fois plus réactif que l'oxygène triplet, l'oxygène singulet s'additionne directement sur les doubles liaisons des acides gras pour donner des hydroperoxydes, ce qui explique l'accélération de l'oxydation des huiles en présence de la lumière.

La détermination de l'indice de peroxyde est un moyen sûr pour prévoir une détérioration ultérieure des qualités organoleptiques d'une huile. Cependant, et en aucun cas, l'indice de peroxyde ne peut rendre compte du passé oxydative de l'huile : un CG peut être rance ou présente une qualité organoleptique médiocre sans pour cela avoir un indice de peroxyde élevé, ce qui confirme les résultats obtenues par OUARAB.S et OUARAB.Y (2013), qui ont trouvé une valeur maximale de 8,03 meq d'O₂ actif/kg d'huile, cette valeur a été enregistrée après 15 jours de stockage à la lumière, puis elle a diminué jusqu'à 4,03 meq d'O₂ actif/kg d'huile après 60 jours. Une autre étude faite par CHIBANE et HIDEUR (2015), a prouvé que l'indice de peroxyde augmente durant les premières fritures pour atteindre une valeur de 12,83 meq d'O₂ actif/kg d'huile, puis diminue jusqu'à 8 meq pendant la dernière friture (vingtième friture).

Le mécanisme d'oxydation des corps gras est expliqué dans la figure (25).

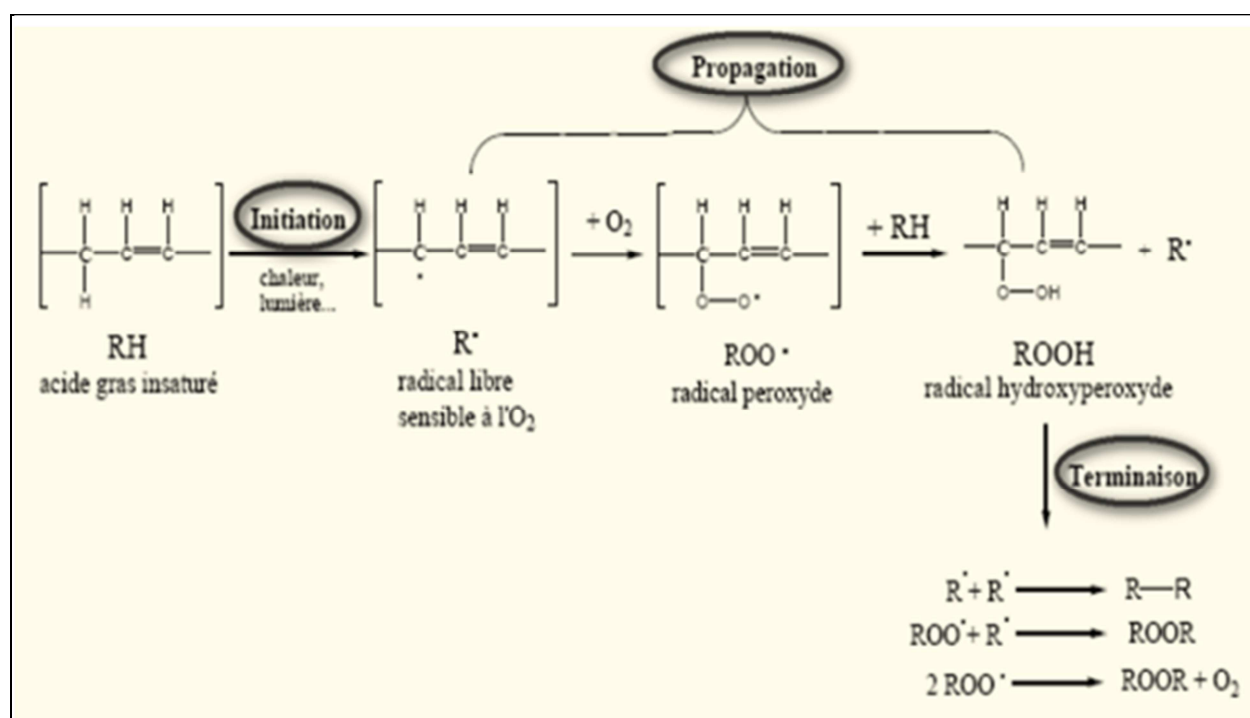


Figure25 : mécanisme d'oxydation d'un acide gras insaturé (JUDDE, 2004)

L'abaissement de l'indice de peroxyde se traduit par la transformation des hydroperoxydes en oxyacides et en divers composés secondaires d'oxydation, cela peut expliquer la valeur trouvée dans notre étude pour l'huile Elio stockée chez le commerçant (4 meq d'O₂ actif/kg d'huile). Ce mécanisme est illustré dans la figure (26).

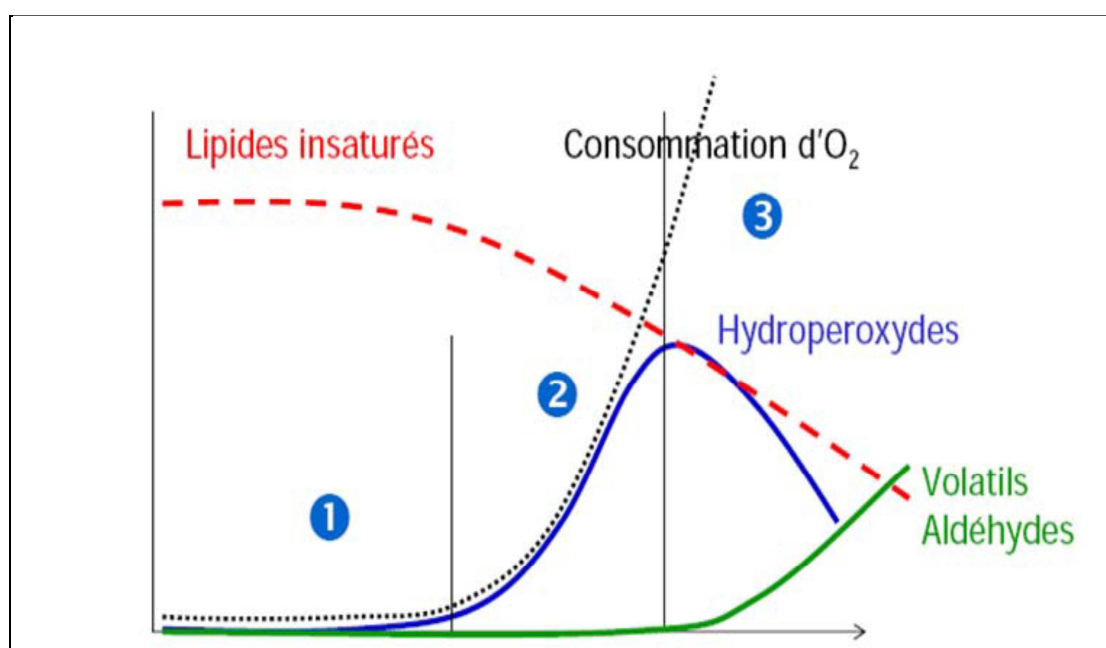


Figure26 : cinétique de la peroxydation des lipides (COJOCARU, 2010).

VIII. Indice d'iode

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

L'indice d'iode nous renseigne sur le degré d'insaturation des acides gras contenus dans une huile donnée. Il est en rapport direct avec le degré d'oxydation d'une huile : plus une huile est insaturée, plus son indice d'iode est élevé.

L'oxydation des doubles liaisons conduit à des produits nocifs, c'est pourquoi les huiles peu insaturées sont réservées à la cuisson et les huiles très insaturées comme l'huile d'olives, sont réservées à l'assaisonnement.

L'huile Fleurial utilisée dans cette étude a un indice d'iode de 118,02 g d'iode/100 g d'huile, quant à l'huile Elio, elle possède un indice d'iode de 120,28 g d'iode/100 g d'huile. Ces valeurs sont conformes à la norme qui est de 100-145 g d'iode/100 g d'huile. Ces résultats sont proches de celle obtenue par GUERMOUCHE et YACEF (2007) qui est de 122 g d'iode/100 g d'huile pour l'huile Fleurial, et sont inférieurs au résultat de SADOUDI (2014) qui est de 125,84 g d'iode/100 g d'huile. BARKA (2016) a enregistré une valeur de 95,17 g d'iode/100 g d'huile mesuré sur l'huile Elio. Ces différences seraient dues à la composition différente en acides gras des deux huiles, et ainsi aux nombre d'insaturations.

Les valeurs d'indice d'iode mesuré pour les deux huiles sont portées dans le tableau (XXII), et la figure (27) :

Tableau XXII: valeurs de l'indice d'iode des huiles Elio et Fleurial.

Huile	L'huile Elio fraîche	Elio à l'obscurité	Elio commercialisée	Fleurial fraîche	Fleurial à l'obscurité	Fleurial commercialisée
Indice d'iode	120,28 ± 4,64	102,78 ± 2,56	99,61 ± 3,40	118,02 ± 2,98	103,74 ± 1,67	97,07 ± 3.34
Norme : 100-145 g d'iode/100 g d'huile						

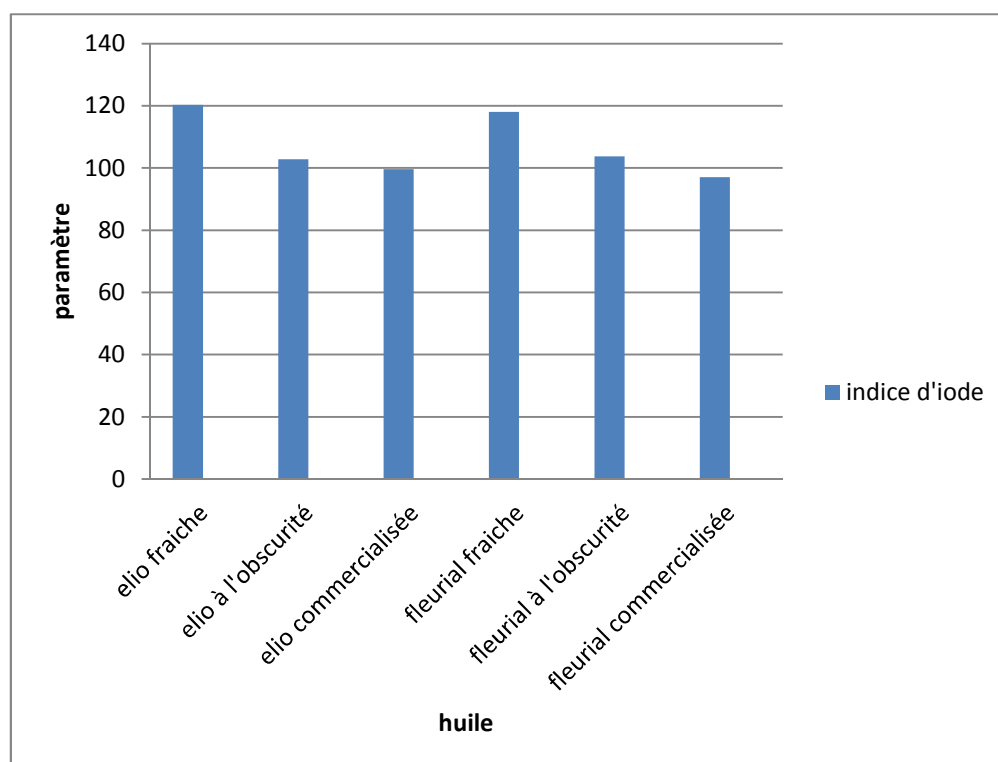


Figure 27 : évolution de l'indice d'iode des huiles Elio et Fleurial dans différentes conditions de stockage.

Les résultats ci-dessus montrent que la valeur d'indice d'iode la plus élevée est marquée pour les deux huiles fraîches. Cet indice a diminué durant le stockage de ces huiles soit à l'obscurité soit en présence de la lumière.

Pour les huiles placées à l'obscurité, l'indice d'iode a diminué par rapport aux huiles fraîches, mais ces valeurs sont conformes aux normes fixées pour les huiles végétales, OULD ABDESSELAM et OUCHENE (2013), ont obtenus une valeur de 104,20 g d'iode/100g d'huile pour l'huile de soja (100%), ce qui est proche de celle trouvée dans nos résultats qui est de 103,74g d'iode/100g d'huile pour l'huile Fleurial entreposée à l'obscurité, et sont inférieures aux résultats de YOUNCFI (2002) qui est de 124,23g d'iode/100g d'huile pour l'huile fleurial pendant 27 jours de stockage à l'obscurité.

Les échantillons d'huiles commercialisées dans les conditions habituelles de commerçant, possèdent des indices d'iodes plus faibles par rapport aux autres huiles ; 99,61 g d'iode/100g d'huile pour l'huile Elio, et 97,07 g d'iode/100g d'huile pour Fleurial, ces valeurs dépassent la norme préconisée pour les huiles végétales. Elles sont inférieurs à celle trouvée par YOUNCFI (2002) qui est de 121,40g d'iode/100 g d'huile sur l'huile Fleurial, et supérieur à la valeur

enregistrée par OUARAB.S et OUARAB.Y (2013), ayant travaillé sur l'huile Elio qui est de 74,98 g d'iode/100 g d'huile.

L'abaissement de l'indice d'iode au cours du stockage à l'obscurité serait dû au phénomène d'auto-oxydation, sa diminution sous l'effet de la lumière est à l'origine d'une réaction de photo-oxydation. Ces différentes réactions ciblent les doubles liaisons des AG, diminuant ainsi le degré d'insaturation globale des huiles. Néanmoins, cette diminution est plus grande lors d'une photo-oxydation.

Les produits chimiques qui résultent de la cyclisation et de la polymérisation des acides gras restent dans l'huile et deviennent toxiques aux consommateurs (DANSOU *et al*, 2008).

IX. Indice de saponification

L'indice de saponification d'un corps gras est le poids en milligramme de potasse (KOH) nécessaire pour saponifier les esters d'acides gras non estérifiés dans un gramme de matière grasse.

La quantité de potasse utilisée dans la mesure de l'indice de saponification, varie avec la masse molaire des acides gras ; plus la masse molaire (PM) est élevée, plus l'indice de saponification est faible. En effet, plus le (PM) est élevé, plus la chaîne carbonée des acides gras est longue et moins labile (hydrolysables). L'indice de saponification est inversement proportionnel au poids moléculaire des lipides.

Ainsi, cet indice est une mesure indirecte de la masse moléculaire des acides gras, il permet de classer les huiles en fonction de la longueur des chaînes d'acides gras qui les composent.

L'huile de tournesol fraîche Fleurial utilisée dans notre étude a un indice de saponification de 188.6 g de KOH/ g d'huile. Quant à l'huile Elio, elle a un indice de saponification de 189.25 mg de KOH/ g d'huile. Ces valeurs se situent dans la norme : 188-194 mg de KOH/ g d'huile.

CHELBI (2007) a trouvé une valeur de 190 mg de KOH/ g d'huile mesuré sur l'huile Fleurial qui est proche de nos résultats, et inférieur à celle noté par SADOUDI (2014) estimé à 192.60 mg de KOH/ g d'huile pour la même huile, mais sont supérieurs à celles trouvés par BARKA (2016) qui est de 186,37 mg de KOH/ g d'huile mesuré sur l'huile Fleurial, dans la même étude, on a estimé un indice de saponification de 193,57 mg de KOH/ g d'huile pour l'huile Elio.

Les mesures de l'indice de saponification sur les deux huiles sont illustrées dans le tableau (XXIII), et la figure (28) :

Tableau XXIII: valeurs de l'indice de saponification des huiles Elio et Fleurial.

Huile	Elio fraiche	Elio à l'obscurité	Elio commerc- ialisée	Fleurial fraiche	Fleurial à l'obscurité	Fleurial commerc- ialisée
Indice de saponification	189,25 ± 6,91	192,14 ± 3,54	196,35 ± 4,75	187,6 ± 1,40	194,94 ± 4,04	203,96 ± 3,66
Norme : 188-194						

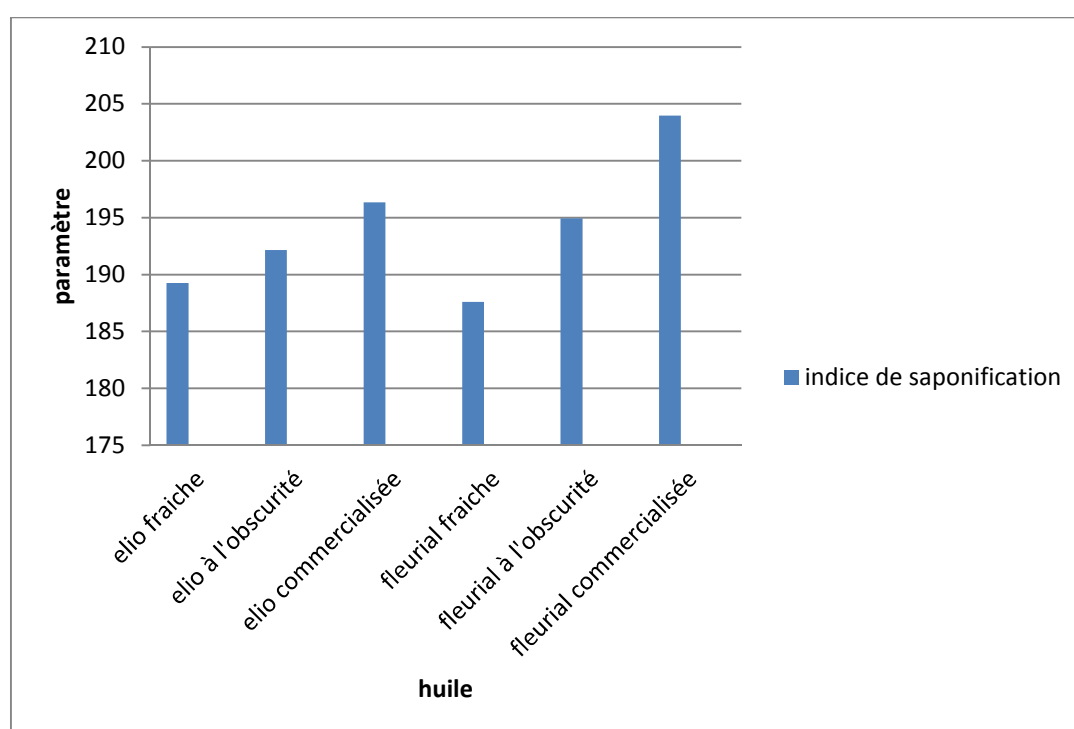


Figure 28 : évolution de l'indice de saponification des huiles Elio et Fleurial stockées dans différentes conditions.

Ces résultats montrent une augmentation des indices de saponifications quelque soit le mode de stockage des huiles, avec des valeurs plus élevées remarquées pour l'huile Fleurial. Les huiles fraîches présentent les valeurs les plus faibles.

Pour les huiles stockées à l'ombre, on remarque que l'indice de saponification est moins élevé; l'huile Elio possède une valeur de 192,14 mg de KOH/g d'huile, donc elle est conforme à la norme, soit 188-194 mg de KOH/g d'huile. Pour l'huile commercialisée, l'indice de saponification atteint une valeur de 196.35 mg de KOH/g d'huile. OUARAB.S et OUARAB.Y

(2013) ont trouvé une valeur de 238,42 mg de KOH/g d'huile qui est largement loin de la norme, cette valeur est mesurée sur l'huile Elio exposée à la lumière, contre une valeur de 210,37 mg de KOH/g d'huile pour la même huile stockée à l'abri de la lumière.

Quant à l'huile Fleurial, les indices de saponifications dans les deux conditions de stockage dépassent la norme, une valeur de 203,96 mg de KOH/ g d'huile est enregistrée durant le stockage chez le commerçant. Cette valeur est supérieure à celle enregistrée par BELHARET (2013) sur l'huile Fleurial qui est de 185,98 mg de KOH/ g d'huile, ainsi qu'aux résultats de OULD ABDESSALEM et OUCHENE (2013), qui ont trouvé une valeur de 188,8 mg de KOH/ g pour l'huile 100% soja.

L'augmentation de l'indice de saponification serait due à la rupture des chaînes d'acides gras sous les conditions expérimentales telles que la température, la lumière et la durée de stockage.

Les conditions de commercialisation (lumière) auraient induit une forte action sur les doubles liaisons des AG que lorsque les huiles sont stockées à l'ombre, ce qui confirme que la longueur des AG est inversement proportionnelle à l'indice de saponification (MASSON, 2002).

Les différents paramètres chimiques mesurés pour les deux huiles placées dans des conditions de stockage différentes sont illustrées dans la figure (29) :

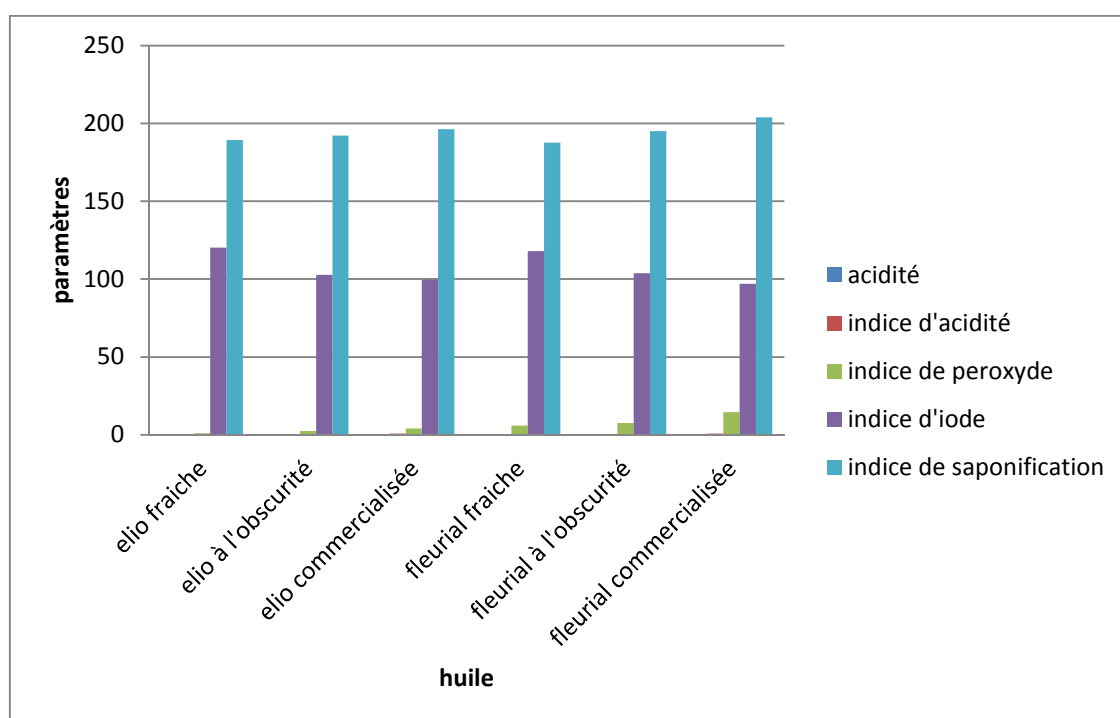


Figure 29: évolution des paramètres chimiques des huiles Elio et Fleurial.

Cette figure présente l'interaction qui existe entre les cinq indices de qualité des huiles végétales qu'on a étudiées : l'acidité et l'indice d'acidité, l'indice de peroxyde, l'indice d'iode et l'indice de saponification.

L'indice d'iode augmente dans le sens inverse de l'indice de peroxyde, ceci est expliqué par la diminution de taux d'insaturation des acides gras par altération oxydative des huiles : la photo-oxydation (conditions de commercialisation), et l'auto-oxydation (entreposage à l'obscurité).

Les résultats de mesures des paramètres chimiques des deux huiles, montrent que l'huile « Fleurial » est la plus altérée; ceci aurait due à la différence entre la composition des deux huiles.



Conclusion générale

L'objectif de cette étude est d'évaluer le degré d'altération des huiles « Fleurial » et « Elio », les deux huiles les plus consommées en Algérie.

A cet effet, deux échantillons de ces huiles ont été stockés à l'abri de la lumière, et deux autres ont été laissées chez le commerçant.

L'évolution comparative du mécanisme d'oxydation de ces deux huiles est suivie par la mesure de certains nombre d'indices chimiques : l'acidité et l'indice d'acidité, l'indice de peroxyde, l'indice d'iode et l'indice de saponification. Il ressort des résultats de cette étude :

Une augmentation du taux d'acidité et d'indice d'acidité des échantillons d'huiles laissées chez le commerçant. Cette analyse ne reflète pas l'état d'altération oxydative, mais estime le degré d'altération hydrolytique des huiles.

La mesure du degré d'oxydation des huiles est réalisée par la détermination de l'indice de peroxyde, cet indice augmente durant le stockage des échantillons d'huiles à la lumière (conditions de commercialisation). Les produits d'oxydation sont jugés nocifs pour la santé, ils s'accumulent avec le prolongement de la durée d'exposition des huiles à la lumière. La formation de ces produits provoque la diminution du degré d'insaturation des huiles, ceci est confirmé par la détermination de l'indice d'iode et l'indice de saponification.

A la lumière de ces résultats, nous pouvons conclure que la commercialisation des huiles dans des mauvaises conditions accélère leur vitesse d'oxydation. Ainsi, il est impératif de sensibiliser les producteurs, les vendeurs et les consommateurs pour conserver ces huiles à l'abri de la lumière, afin de réduire leur oxydation.

Les bonnes conditions de conservation des huiles permettent donc de maintenir leurs qualités nutritionnelles ; en garantissant une teneur en acides gras insaturés et la préservation des vitamines, ainsi que leurs qualités sensorielle ; en retardant l'apparition des composés volatils responsables du rancissement et de dégradation des huiles, qui peuvent parfois être dangereux et nocifs pour la santé de consommateur.

Ce travail mérite d'être approfondi par d'autres méthodes d'analyses telles que l'analyse spectrophotométrique sensible à la détection des produits primaires et secondaires de l'oxydation.

Les matières grasses sont indispensables à notre organisme, encore faut-il savoir bien les utiliser :

- Choisir la bonne huile ; utiliser les huiles les plus stables possibles (arachide, tournesol,...), et éviter les huiles polyinsaturées (huile d'olive...), à la cuisson et à la friture.
- Pour la cuisson, il faut faire attention aux points de fumé des huiles ; à ce stade, les corps gras dégagent des molécules comme l'acroléine (molécule également présente dans le fumé du tabac), qui provoque une odeur d'âcre.
- Pour la cuisson, surtout des viandes et des poissons, la margarine d'origine végétale semble être une alternative intéressante, car il supporte bien les hautes températures.
- Eviter l'exposition des huiles à la lumière et leur stockage à long terme.
- Utiliser les matériaux d'emballage opaque qui empêchent la pénétration de la lumière.



Références bibliographiques

A

- AFNOR.** Association Française de Normalisation. Recueil de normes françaises des corps D'origines animales et végétales de 1982 à 1989 (En concordance avec l'EN et l'A.O.C.S). Ed. AFNOR.
- AGRITARDE. (2013).** Secteurs des oléagineux. <http://agritade.cta.int/>.
- AKACHA.N ; GARGOURI.M.(2009).** enzymatic synthesis of green notes with hydroperoxyde lyase from olive leaves and alcohol dehydrogenase from yeast in liquid/gas reactor process biochemistry 44(10): 1122-27.
- ALAIS C ; LINDENG, MICLO L ; (2003).** Biochimie alimentaire. 5^{ème} édition de l'abrégé. Ed : Dunod, Paris. pp : 56-60.
- ALMECK K ; ABOUBAKAR DANDJOUMA ;CLERGE TCHIEGANG ; MICHEL PARMENTIER. (2008).** Evolution de quelques paramètres de qualité physico- chimique de l'huile de la pulpe des fruits de *canarium schweinfurthi*.Engl. au cours de stockage. International journal of biological and chemical sciences ;
- ANDREELLI F. et JACQUIER D., 2006.** Place du foie dans le métabolisme des lipoprotéines Hépatogastro. vol .13.n°3, p : 283-287 ;

B

- BELAID DJAMEL. (2015) :** la production d'oléagineux en Algérie.
- BELHARET CHAFAA. (2012).** Suivi de la photo oxydation et de l'auto -oxydation de l'huile de tournesol « Fleurial » au cours de stockage. Mémoire technologie alimentaire, Université UMMTO ;
- BELITZ H.D; GROCH W;SCHIEBERLE P. (2009).** Lipids in: food chemistry. Ed Gringer. Berlin, Heidelberg: pp 158-254;
- BENSALEM GHADA. (2015).** L'huile de lentisque (*pistacia lentiscus L*) dans l'est Algérien : caractéristiques physico -chimiques et composition en acide gras. m&moire technologie alimentaire université Constantine I ;
- BENSEGHIER et KHAMED. (2014).** Huiles alimentaires de graines *pinus pinea* extraction et caractérisation physique -chimique. Mémoire technologie alimentaire. Université Kasdi Merbah, Ouargla ;
- BERRIM HAMZA et BEN AMAR RIAD. (2013)** .mise en valeur des huiles de soja, Génie des Procédés, Analyse et Contrôle de la Qualité. Université Kasdi Merbah, Ouargla ;
- BONNEFIS SOPHIE, CECILE. (2005).** Effets biologique des peroxydes et approche de la participation des aliments composés à leur apport chez le chien et le chat. Thèse de doctorat. Université Paul-Sabatier de Toulouse ;
- BORREDON.M.E ;BERGER.M ;DAUGUET.S ;LABALETTE.F ;MERRIEN.A ;MOULO UNGUI Z ; ROOUL. (2011).** Débouchés actuels et futurs du tournesol produit en France – critères de qualité .innovations agronomiques 19-38 ;
- BOUHADJIRA KAHINA.(2011).**étude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge. Mémoire de magister. Chimie de l'environnement. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou ;

C

- CALLIGARIS S ; SOVRANO S ; MANZOCCO L ; ET NICOLLI M.C. (2005).** Influence of crystallisation on the oxidative stability of extra virgin olive oil .Journal of agricultural and food chemistry., 54(2). P .529-535.
- CALLIGARIS.S;MANZOCCO.L;NICOLI.M.C.(2007).**modelling the temperature dependence of oxidation rate in water-in-oil emulsions stored at sub zero temperatures. food chemistry .101 [3] , p.1019-1024 ;
- CHEKROUNE NABILA.(2013).** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales : Huile d'olive .Mémoire de master. chimie. université ABOU BEKR BELKAID. Tlemcen ;
- CHELBI.(2007).** suivi de contrôle de la matière première des huiles végétales ; thèse d'ingénieur en science alimentaires, université de Bejaia. pp 43 ;
- CHIBANE ET HIDEUR.(2015).** Effet de la température de friture sur la stabilité thermo-oxidative de l'huile « Elio ».mémoire de fin d'étude. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. UMMTO.
- CHOE E et MIN D.B.(2006).** Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. comprehensive reviews in food science and food safety. , 5(4) p.169-186 ;
- CHOE.E et MIN.D.B.(2009).** mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. comprehensive reviews in food science and food safety. ; 8(4) p. 345-358 ;
- CLODOVEO.M;HACHICHA HBAIB;KOTTLF;MUGNOZZAG;GARGOURI.M.(2014).** Mechanical strategies to increase nutritional and sensory quality of virgin olive oil by modulating the endogenous enzyme activities. Comprehensive reviews in food science and food safety 13(2): 135-54;
- COJUCARO.T.(2010).** Peroxydation des lipides émulsionnés et transfert d'ions fer à l'interface huile/eau stabilisée par des protéines de lait : influence des résidus phosphate et de la stabilité de chélate de fer-domaine autre-.université de Bourgogne, Moldavie ;
- COSSUT.J. (2002).**les corps gras entre tradition et modernité. Thèse, institut agro-alimentaire de Lille ;
- COULIBALY.H ;ROBIN DUBOIS ;SABINE DANTHINE ;LAMIA MAJAD ;THAMI MEJOUR. ;JAQUELINE DESTAIN ;FRANCOIS BERA ;JEAN-PAUL ;PHILIPPE THONART.(2009).** Technique de séchage des starters et mécanismes effectuant la viabilité cellulaire suite à la lyophilisation.
- CROGUENNEC.T ;JEANTET.R ;HOGUENEC.T ;SCHUCK.P ;BRULE.G.(2006).** Oxydation des lipides in science des aliments. ed tec et doc. pp .95-120 ;
- CUVELIER.C ;CABARAUX.J.F ;DUFRASNE.I ;HORNICK.J.L ;ISTASSE.L.(2004).** Acide gras : nomenclature et sources alimentaires. Université de Liège B43.Belgique ;
- CUVELIER.M.E. et MAILLARD. M.N.(2012).**Qualité, sécurité alimentaire : stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage, OCL, vol 19, N°2 ;

D

- DANDOU.P ;HOUNOU.F ;AISOUS.H ;TOUSSOU.A.(2008).**les indices de nature de la sauce frite et la santé du consommateur. Sciences et médecine. Rev. cames –série A, vol .06 ;

DEVELLERS.H.P;THEBAULT.J;MATHELLIER.B;JADEAU.L;LABAU.P.M;JOLYX ; BOSQUE.F;BADEY L;GOLIBERT.F.(2010) . Huiles végétales. Guide d'aide à l'application des meilleures technologies disponibles (MTD) ;
DRIDI W. (2016). Influence de la formulation sur l'oxydation des huiles végétales en émulsion eau dans huile. Thèse. Chimie-physique. Université de bordeaux .<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01376766> ;

E

EL ATYQY.(2010). Réactions chimiques des aliments. Science et techniques des aliments ;
EL ATYQY.M.(2010).lipides : acides gras, lipides simples et complexes, chimie alimentaire ;
EL OUASSINI.(2014). L'hydrolyse enzymatique des lipides ;
EVARD JAQUES.(2003). Oléagineux cops gras, lipides. Volume 10, Numéro 1, 57 -60 ;
EYMARD.S.(2003). mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*trachurus trachurus*). Choix des procédés, thèse doctorat, Université de Nantes, France ;

F

FREDOT.E.(2004). Connaissance des aliments : base alimentaire et nutritionnelle de la détritique, Ed Tec & Doc Lavoisier ;
FRENOT.M et VIERLING.E.(2001). Les lipides in : biochimie des aliments diététiques du sujet bien portant 79-105. Ed Doin. Bordeaux. ISBN : 2-7040-0856-6p.83-84, p88-91, 96, 102-104-190p ;

G

GENOT CLAUDE ;SYLVIE EYMARD ;MICHELE VIAN.(2004). Comment protéger les acides gras polyinsaturés à longues chaînes oméga3. Vis-à-vis de l'oxydation ? Oléagineux, in : corps gras, lipides. Volume 11, numéro 02, 133-41 ;
GEORGE.(2006).les matériaux biologiques de base in biochimie ,4^{ème} édition dunod.9p ;
GOMEZ ALONSO;FREGAPANE.G;SALVADOR.M.D;GORDON.M.H.(2003). Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin olive oil during frying. Journal of agricultural and food chemistry, 51(3);
GRAILLE.(2003). Lipides et corps gras alimentaires, Ed tech et doc (collection des sciences et techniques agroalimentaires), 469p ;
GUERMOUCHE.G. et YACEF.F.(2007). le contrôle de deux huiles végétales (soja et tournesol) au complexe « cevital ». thèse d'ingénieur, université de Bejaia ;

H

HERRISET ROGER.(2011).acides gras et alimentation humaine. Les nouveaux ANC. Chambre d'agriculture de Bretagne, cap élevage N°51 ;

I

ITERG.(2015).Institut des corps gras. Accompagnement ITERG au développement de nouveaux sourcings. Journée d'information ITERG ;

ITRG.(2016).institut des corps gras, 26 avril 2016 ;

J

JACQUES BOISLEVE.(2010). Le soja [www.santé –vivante .Fr](http://www.santé-vivante.fr) ;

JAMMES.C.(2007). Co- valorisation d'effluents graisseux et de résidus lignocellulosique : déshydratation mécanique et compostage, thèse -doctorat, université de Limoge, France ;

JEANTET. R ;CROGUENNEC. T ;SCHUCK. P.et BRULE. G.(2006) . science des aliments – biochimie –microbiologie – procédés – produits. Vol .1. stabilisation biologique et physico – chimique .Ed .Tec & Doc, ISBN 2- 7430-0833-4.Paris, Lavoisier. p : 197-223 ;

JUDE.A.(2004). Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydant pour quelle application ? OCL.VOL 11. N°:6 ;

K

KAHOULI.I.(2010). Effet antioxydant d'extraits de plantes (laurus nobilis l., rosmarinus officinalis , origanum majorana , oléa europea 1.) dans l'huile de canola chauffée thèse doctorat .Université de Laval ;

KOTTI.F ;JZIRI.K ;ARAB.F ;MATERY.Y ;SIFL.S ;FARES.N.,HAMONAMI.M., GARGOURI.M.(2010). Lipoxxygenase: optimization of extraction and evaluation of its contribution to virgin olive oil aroma. Food biotechnology 24(1);

L

LABAT ELODIE.(2013). Le soja : influence de sa consommation sur la santé humaine et conséquences de l'expansion de sa culture au niveau mondiale. Thèse. faculté des sciences pharmaceutiques. Université Toulouse III Paul Sabatier ;

LABOURET PASCAL.(2005). Les huiles alimentaires. The different advantages of different oils on health.

LECREF.J.M.(2011). Les huiles végétales particularités et utilités. Medcine des maladies métaboliques (5) 3, 257, 262 ;

LERAY.C.(2010). Les lipides dans le monde vivant introduction .introduction à la lipidomique .Ed Tech et doc ISBN 978-2-7430-1231-1 ;

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

M

MARKAL.(2012) . Fiche technique. Huile de tournesol désodorisé gout neutre biologique ;

MASSON.O.(2002). Biochimie : les bases biochimiques de la diététique. Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris ;

MENDEZ. A.I.F;ALQUE E.(2007). Effect of storage time and container type of the quality of extra-virgin olive oil. Food control.18-521-529.

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

MURAT. M.(2009). Nutrition et sécurité alimentaire .Ed Lavoisier .677p. ISBN 978-2-7430-1072-0 ;

N

NEWKIRK.(2010). Soja. Guide de l'industrie de l'alimentation animale 1ère édition .instituts international du canada pour la graine ;

O

OKUDA. S;MCCLEMENTS.D.J;DECKER.E.A.(2005). impact of lipid physical state on the oxidation of menthyl linolenate in oil- in- water emulsions. journal of agricultural and food chemistry. 53(24) p .9624-9628;

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

OUSHIMA.T.(2003). « Quel avenir pour les antioxydants naturels ».in lipides et corps gras alimentaires. Ed tec et doc, Lavoisier ;

P

PICON.O.(2011). Influence de l'alimentation hyper lipidique hyper cholestérolémique sur l'expression génique embryonnaire et le développement des maladies à long terme. Études sur le modèle lapin. Thèse docteur, EMPS, université Paris ;

POISSON.J.P et NARCE. M. (2003) . Corps gras alimentaires : aspects chimique, biochimique et nutritionnels. In : lipides et corps gras alimentaires Ed : Tec & Doc, Lavoisier, paris ;

PRIOR. E.(2003).In lipide et corps gras alimentaires. Ed tec et doc, Lavoisier ;

PRISTOURI.G;BADEKA.A;KONTOMINAS.M.G.(2010). Effect of packaging Material headspace oxygen and light transmission. Temperature and storage time or quality characteristics of extra virgin olive oil. Food control, 21,412-418;

R

RAHMAN.M.S.BELUSHI.R.M ;GUIZANI.N;SAIDI.G.S;SOUSSI.B.(2009). Fat oxidation in freeze - dried grouper during storage at different temperatures and moisture contents. food chemistry. , 114 [4.) p 1257-1264 ;

RASTON.J.L ;BENABDERAZIK.E.(2014). Céréales et oléopotéagineux au Maghreb. Pour un Co –développement de filière territorialisée. IPEMED. Institut de prospective économique du monde méditerranéen : p 34 ;

ROMAN.O.(2012) . mesure et prédiction de réactivité des lipides au cours du chauffage d'huiles végétales à haute température. Thèse. l'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech) ;

Rous.J.F.(2015). de l'oléochimie à la bioraffinerie : continuité de développement pour le secteur des corps gras ? les nouvelles perspectives de l'oléochimie Européenne. OCL 2015 ;

S

SADOUDI RABAH. (2014). Conséquences métaboliques de la consommation de l'huile de tournesol thermo oxydé chez le rat blanc. Thèse de doctorat. Technologie alimentaire et nutrition humaine. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou ;

SCHAICH K.M.(2005). « lipid oxidation : theoretical aspects ». in bailey 's industrial oil and fat products , edited by shahidi f .,john wiley et sons , INC , new jersey : 269-345 ;

SMASSEL AHMED.(2013). Mise en valeur des huiles de tournesol. Mémoire .génie des procédés. Analyse et contrôle de la qualité. Université Kasdi Marbah Ouargla ;

SOLIBIO SARL.(2014). Huile de tournesol. Fiche technique. Version n°1. 98 avenue saint Eloi .87110 Solignac ;

T

TANOUTI.K ;SERGHINI.H.,CHAIB.E ;BENALI.A ;HARKOUS.M ;ELAMRANI.A.

(2011). Amélioration qualitative d'huiles d'olives produites dans le Maroc oriental. les technologie de laboratoire, volume 6 , N °22 ;

TEKAY et HASSOUNA.(2005). Etude de la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge extra tunisienne au cours de son stockage .OCL .vol .12 .N°5 .6 ;

V

VELASCO.J;DOBARGANES.C.(2002). Oxidative stability of virgin olive oil. European journal of lipid science and technology, 104, 161-676;

VIERLING.E.(2003). Aliments et boisson : filières et produits 2ème édition, doin éditeur ;

W

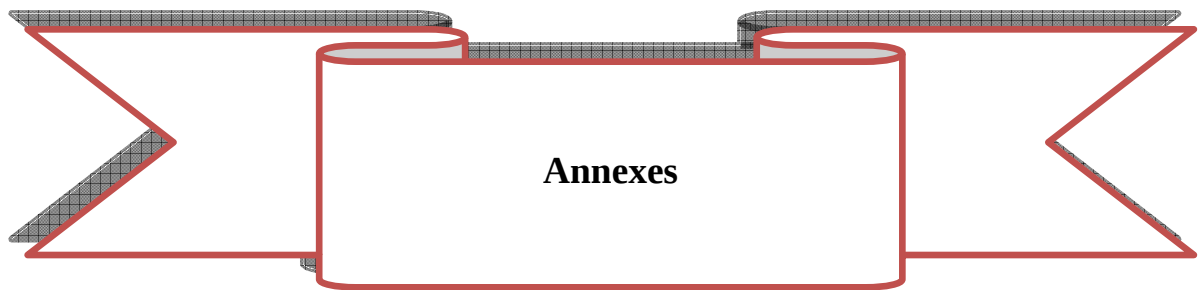
WEIL. J.H.(2001). Biochimie générale 9ème édition Masson, paris .pp : 274 ;

WERNER.J ;BAWER ;RAPHAEL.BADOUD ;JURG.OLIGER ;ALAIN.TOURNAUD.

(2010).Science et technologie des aliments. Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. Première édition, presse polytechnique et universitaire romande. ISBN 978-2-88074-754-1 ;

X

Xavier.P.(2012). Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales). Techniques de l'Ingenie. F 6070 – 10 ;



Annexe 01 : détermination de l'indice d'acidité

Préparation des solutions

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

Mode opératoire

- dans une Erlen Meyer peser 2.5 g d'huile.
- ajouter 25 ml d'éthanol.
- après agitation, ajouter quelques gouttes de phénolphthaléine.
- titrer avec une solution d'hydroxyde de potassium en agitant jusqu'à l'apparition de la couleur rose persistante pendant 10 secondes.

Annexe 02 : détermination de l'indice de peroxyde

Préparation des solutions

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

Mode Opératoire

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

Annexes 03 : détermination de l'indice d'iode

Préparation des solutions

- ❖ Solution de thiosulfate de sodium (0.1 N) : Peser 12.40 g de thiosulfate de sodium dans 500 ml d'eau distillé.
- ❖ Solution d'iode alcoolique : Peser 6.35 g d'iode + 12.5 g de KI dans 500 ml d'eau distillé.

Mode opératoire

- peser 0.2 g d'huile introduire dans un ballon.
- ajouter 10 ml d'éthanol, puis 10 ml d'iode alcoolique ; et 30 ml d'eau distillée.
- agiter énergiquement pendant 5 min ; puis la laisser à l'abri de la lumière 30 mn environ.
- titrer l'iode libéré par la solution de thiosulfate de sodium ($\text{N}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 0.1 N jusqu'à l'apparition de la couleur jaune ;
- ajouter 1 ml de solution d'amidon à 1 % pour avoir une coloration bleu foncée ;
- poursuivre la titration avec la solution de thiosulfate de sodium jusqu'à la disparition de la couleur bleu.
- noter le volume de titration.
- effectuer un essai à blanc, au même temps et dans les mêmes conditions (sans matière grasse).

Annexes 04 : détermination de l'indice de saponification

Préparation des solutions

- ❖ Solution de KOH : peser 14.02 g de KOH dans 500 ml d'éthanol
- ❖ Solution de phénolphthaléine : Peser 0.5 g de phénolphthaléine dans 50 ml d'eau distillé.
- ❖ Solution HCL à 35 % : verser 100 ml d'eau distillé, ajouter 20.66 ml d'HCL, puis ajuster avec de l'eau distillée jusqu'à 500 ml.

Mode opératoire

- peser 2 g d'huile et les introduire dans un ballon à col rodé.
- ajouter 25 ml de KOH alcoolique à 0.5 N.
- placer sous réfrigérant à reflux pendant une heure. En agitant temps en temps.
- titrer à chaud l'excès de KOH avec l'acide chlorhydrique (0.5 N) en présence de phénolphthaléine jusqu'à décoloration.
- effectuer un essai à blanc dans les mêmes conditions.

Annexe 05 : les principaux acides gras saturés.

désignation	STRUCTURE	Nom systématique	Nom commun
4 :0	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_2 \text{COOH}$	Acide butanoïque	Acide butyrique
14 :0	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{12} \text{COOH}$	Acide tétradécanoïque	Acide myristique
16 :0	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{14} \text{COOH}$	Acide hexadécanoïque	Acide palmitique
17 :0	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{15} \text{COOH}$	Acide heptadécanoïque	Acide margarique
18 :0	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{16} \text{COOH}$	Acide octadécanoïque	Acide stéarique
20 :0	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{18} \text{COOH}$	Acide eicosanoïque	Acide arachidique

Annexe 06 : les principaux acides gras insaturés.

Désignation	Structure	Nom systématique	Nom commun
16 :1 n-3	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	9,hexadécénoïque	Acide palmitoléique
18:1 n-9	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	9, octadécénoïque	Acide oléique
18:2 n-6	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	9,12octadécadiénoïque	Acide linoléique
18:3 n-6	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	6,9,12,octadécatriénoïque	Acide γ -linoléique

Annexe 07 : le matériel utilisé au laboratoire.



Résumé

De nombreux efforts sont observés ces dernières années dans le domaine agroalimentaires, afin de présenter au consommateur des produits de qualité. Notre étude traite la stabilité des deux huiles alimentaires commercialisées en Algérie : « Elio » et « Fleurial », en présence et en absence de la lumière.

Notre étude, montre que l'exposition à la lumière du jour influence sur la qualité des huiles, entraînant ainsi, des variations de leurs paramètres chimiques ; une valeur de 14,5 meq d'O₂ / Kg d'huile d'indice de peroxyde a été estimé durant l'exposition de l'huile Fleurial à la lumière, avec une acidité de 0,45% a été constaté pour les deux huiles.

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

Mots clés : huiles végétales, oxydation, lumière, indices chimiques, indice de peroxyde.

Summary

Numerous efforts have been made in the agri-food sector in recent years to present quality products to the consumer. Our study deals with the stability of the two edible oils marketed in Algeria: "Elio" and "Fleurial", in the presence and absence of light.

Our study shows that exposure to daylight influences the quality of oils, resulting in variations in their chemical parameters; A value of 14.5 meq O₂ / Kg of peroxide oil was estimated during the exposure of Fleurial oil to light, with an acidity of 0.45% for both oils.

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

Key words: vegetable oils, oxidation, light, chemical indices, peroxide index.