



Licence Sciences et Techniques (LST)

# Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité

## TACQ

### PROJET DE FIN D'ETUDES

Suivie de l'influence de quelques facteurs et de  
la friture sur l'oxydation de l'huile de soja au sein  
de la SIOF

Présenté par :

◆ SADDIQI Soukaina

Encadré par :

- ◆ Melle EL FARROUDI Fatima (SIOF)
- ◆ Pr IDRISSI KANDRI Nouredine (FST)

**Soutenu Le 16 Juin 2015 devant le jury composé de:**

- Pr K. MOUGHAMIR
- Pr A. EL GHAZOUALI
- Pr N. IDRISSI KANDRI

**Stage effectué à la SIOF**

**Année Universitaire 2014 / 2015**

# *Introduction*

---

Un plat de qualité signifie ingrédients de qualité, c'est pour cela qu'il faudrait veiller à ce que tous ses éléments répondent aux critères et aux normes de qualité exigés par l'OMS et appréciés par le consommateur. Parmi ces ingrédients, l'huile trouve une place essentielle dans la qualité finale du plat

L'huile de soja est l'huile végétale alimentaire la plus consommée à travers le monde. Elle est extraite de la fève de soja, une plante légumineuse. Les zones au climat subtropical humide se prêtent bien à sa culture aussi s'est développée essentiellement sur les continents nord et sud-américains. Cette huile est très riche en acides gras polyinsaturés, acides linoléique et  $\alpha$ -linoléiques qui sont indispensables à l'organisme humain. Par ailleurs, elle contient aussi des acides gras saturés, mono-insaturés, vitamine E, minéraux.....etc.

Dans le cadre du contrôle de la qualité de l'huile de soja produite par la société SIOF, notamment l'indice d'acidité (FFA) et le degré d'oxydation. Ce travail présente les différentes étapes de raffinage effectuées dans l'usine et quelques méthodes de suivi de la stabilité de l'oxydation adoptées.

Ce rapport comprend 2 parties :

La première partie présente ; des données bibliographiques concernant les huiles végétales et leurs compositions, l'huile de soja et son procédé de raffinage d'une part et l'oxydation et les méthodes de détermination de sa stabilité d'autre part. La deuxième partie, décrit les différents essais et analyses expérimentales sur une huile raffinée et une huile de friture à différents teneurs de huile de Soja, les constatations et les discussions réalisées.

Une dernière partie présente une conclusion générale résumant ce manuscrit synthétisant l'essentiel des résultats obtenus et offrant quelques recommandations afin de contribuer à l'amélioration de suivi du contrôle de l'huile au niveau de SIOF.

## *Présentation de la société SIOF*

La Société Industriel Oléicole de Fès SIOF , est une société anonyme à vocation agroalimentaire créée en 1961 sous forme d'une société à responsabilité limitée (S.A.R.L), la SIOF est une réalisation familiale qui n'a pas cessé de développer ses moyens de diversifier et d'améliorer la qualité de ses produits au départ l'activité initiale de la société était tout simplement la pression des olives, l'extraction de l'huile de grignon et conserve des olive.

En 1966, SIOF a opté pour l'installation d'une raffinerie d'huile de table, avec une capacité de 12000 tonne /an .et ce n'est qu'en 1972, que la fabrication d'emballage en plastique et le conditionnement a commencé d'être une profession au sein de l'usine.

En 1978, le produit de la SIOF s'est étendu dans tout le royaume, avec l'ouverture de dépôts au différentes régions du royaume, le recrutement des représentants et surtout l'installation d'un nouveau système de décirage .Tout cela a permis à la société de devenir plus proche au consommateur surtout avec ses différent produits de haute qualité.

A partir de 1985, elle s'est transformée en une société anonyme S.A.

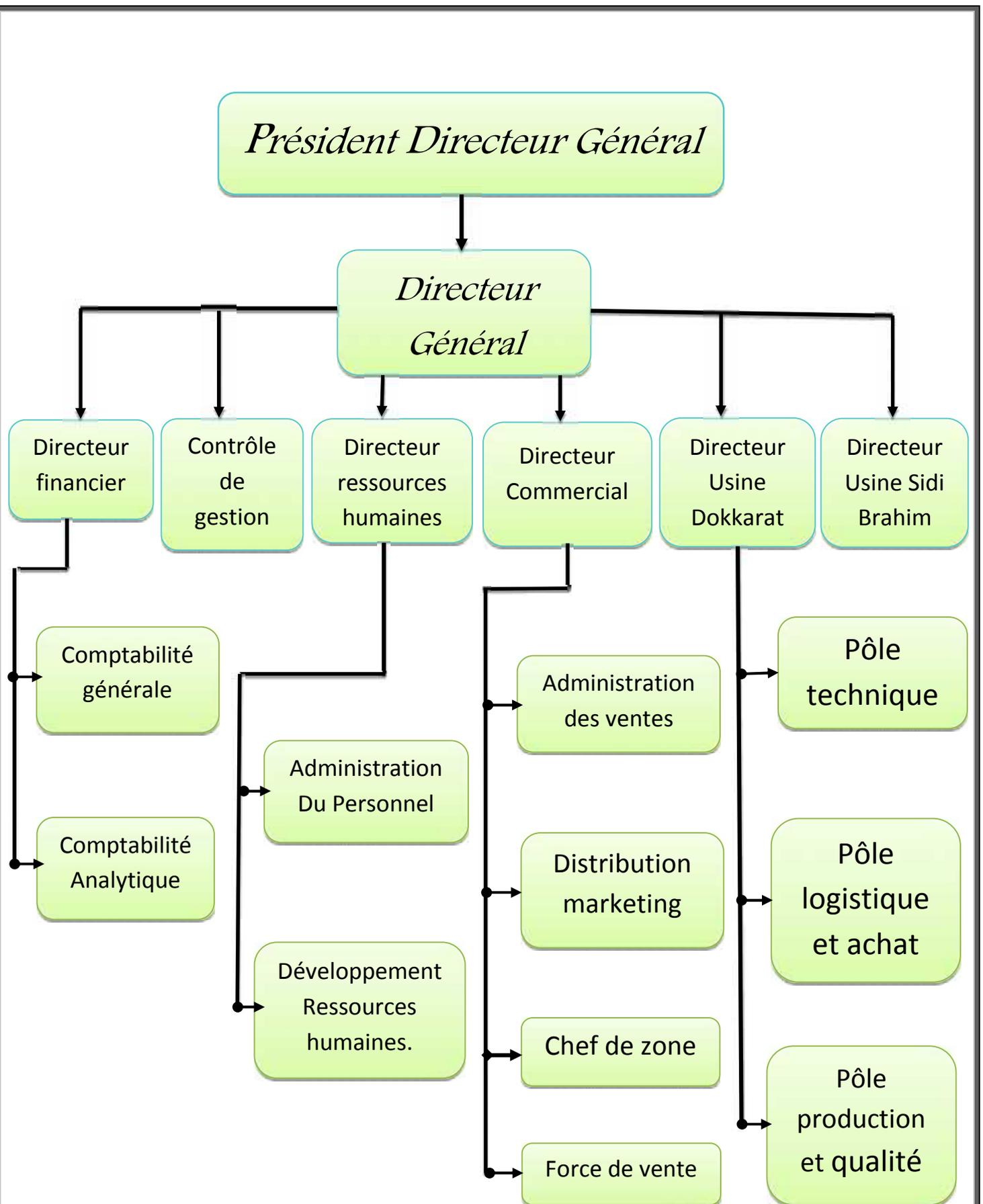
En 1993, L'entreprise a mis en place une raffinerie d'huiles brute à base de soja.

En 1994, recrutement des cadres pour améliorer la gestion de l'entreprise.

En 2003-2004 : la société installe deux chaines de production pour la fabrication des bouteilles de PET (poly-éthylène-téréphtalate—type de plastique--) pour le conditionnement des huiles en forme 1/2L, 1L, 2L.

Actuellement La SIOF met sur le marché une large gamme d'huiles, elle assure le raffinage de quatre produits :

- ✓ SIOF : huile de table raffinée à base de Soja.
- ✓ Moulay Idriss : huile d'olive vierge courante.
- ✓ Andaloussia : huile de grignon raffinée.
- ✓ Frior : huile de friture, 100% Tournesol.



Organigramme de l'entreprise

# Chapitre 1 : les huiles végétales alimentaires

## 1- Description

L'huile alimentaire est un liquide comestible obtenue à température ambiante, par extraction de graines ou fruits oléagineuses telles que tournesol, soja, arachide, olive..., elle est constituée à **99 % de lipides**, elle ne contient pas d'eau et est très calorique. Elle peut être définie en un mélange de triglycérides différents dont la teneur est élevée en acides gras mono-insaturés ou polyinsaturés est bénéfique pour la santé.

L'huile alimentaire est essentiellement utilisée en cuisine, pour assaisonner les salades (propriétés organoleptiques), comme les huiles de cuisson ou pour les fritures (Caloporteur de la chaleur).

## 2- Composition des huiles végétales alimentaires

Les corps gras, provenant du règne végétal, correspondent à la partie « Graisse neutre » de la fraction lipidique totale. Ces graisses neutres s'accumulent sous forme de microgouttelettes dans certains tissus dans les graines oléagineuses et constituent ainsi des réserves énergétiques très importantes.

Les triglycérides, triesters d'acides aliphatiques supérieurs ou acides gras, sont les constituants essentiels de ces graisses neutres. Ils doivent leurs propriétés physiques principales comme la polarité et l'hydrophobie aux longues chaînes hydrocarbonées des acides gras.

Les stéroles, tocophérole, les pigments... sont des composés insaponifiable et des antyoxydants presentent dans les huiles végétale alimentaires .

On peut ainsi parler de deux fractions dans les corps gras(tableau1) :

- une fraction saponifiable représentant un pourcentage massique de 98 à 99%.
- une fraction insaponifiable représentant un pourcentage massique de 1 à 2%.

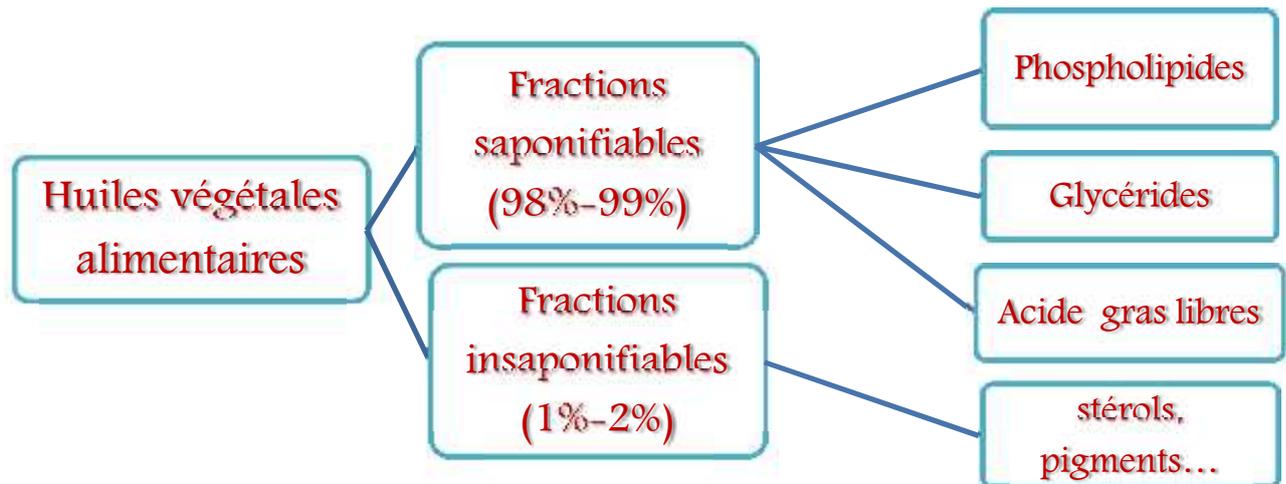


Figure 1 : Composition d'une huile végétale alimentaire.

### 2.1- Composition de la fraction saponifiable :

- Les triglycérides : sont composés de 3 acides gras fixés sur une molécule de glycérol, les acides gras sont composés d'une chaîne d'atomes de carbone reliés entre eux par des liaisons simples ou doubles. Sur ces atomes de carbone sont fixés des atomes d'hydrogène et d'oxygène selon la formule générale des lipides simples :  $C_nH_{2n}O_2$  (avec  $4N26$ ) .



- Les acides gras : sont les composants pondéralement majoritaires des triglycérides. Ils représentent 90 à 96% de la masse molaire du corps gras. La chaîne hydrocarbonée d'un acide gras peut être saturée, mono-insaturée ou polyinsaturée.

⇒ Les acides gras saturés : Ce sont des dérivés d'hydrocarbures saturés linéaires de formule générale :  $CH_3 \text{ — } (CH_2)_n \text{ — } CO_2H$

⇒ Les acides gras mono insaturés : Ce sont des monoacides aliphatiques dérivant des hydrocarbures mono-éthyléniques. L'existence d'une double liaison dans la chaîne hydrocarbonée donne lieu à deux types d'isomères : l'isomère cis et l'isomère trans.

L'acide oléique est le plus fréquent, il se trouve dans tous les corps gras selon les proportions variables.

⇒ Les acides gras polyinsaturés : Ce sont des acides gras à 2, 3 ou 4 doubles liaisons qui se trouvent dans les huiles végétales avec des proportions variables.

L'acide linoléique (C18 :2, 6) et l'acides alpha linoléique (C18 :2, 3) se trouvent en quantité importante dans les huiles polyinsaturées, vu que l'organisme humain ne peut pas les produire et ils sont très importants et essentiels dans notre santé alors il faudrait les apporter quotidiennement dans l'alimentation.

- Les acides gras libres : ne sont pas fixés à une molécule de glycérol et sont des lipides peut assimilables par l'homme.

## 2.2- Composition de la fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable d'une huile végétale comprend les constituants qui, sont recueillis après saponification du corps gras par un hydroxyde alcalin et extraction à l'aide d'un solvant spécifique (tableau 1).

Origine d'huile	Acides Gras saturés	Acides Gras mono-insaturés	Acides Gras polyinsaturés	%ω6	%ω3
<b>Colza</b>	7	61	29	20	9
<b>Carthame</b>	8	13	79	78,5	0,5
<b>Noix</b>	8,5	22,5	69	55,1	12,9
<b>Lin</b>	10	20	70	15	55
<b>Tournesol</b>	12,5	20	67,5	67	0,5
<b>Soja</b>	15	23	57	50	7
<b>Olive</b>	15	76	9	8,3	0,7
<b>Palme</b>	51,5	38	10,5	10	0,5

Tableau 1 : la composition de différents types des huiles.

## 3- Rôle et intérêt nutritionnel des huiles végétales

### 3.1 Rôles physiologiques

Les huiles végétales alimentaires jouent un rôle primordial dans l'organisme. Ils participent au renouvellement des membranes cellulaires et interviennent dans le fonctionnement de plusieurs systèmes physiologiques (cardiovasculaire, immunitaire, agrégation plaquettaire, rénal...).

Les huiles végétales sont également conductrices de plusieurs vitamines dans le corps humain, notamment de vitamine E qui est recommandée pour ses vertus anti-oxydantes. Elle

neutralise les radicaux libres et prévient de ce fait le vieillissement des cellules (derme, globules rouges, vaisseaux sanguins, ...).

### 3.2- Rôle nutritionnel

Les huiles végétales alimentaires, quelle que soit leur provenance, ont une valeur énergétique de 9 kcal/gr soit 37,6 kj. Elles ont un réel intérêt pour le corps humain. Les graisses présentes dans les huiles, notamment les mono insaturées et les polyinsaturées, apportent les oméga (3,6,9) et les vitamines (A, D, E) utiles au bon fonctionnement de l'organisme.

Les huiles végétales ne sont surtout pas à proscrire dans les régimes alimentaires. Elles permettent en effet, de contrebalancer les graisses dites saturées, cachées dans notre alimentation (lait, beurre, viande, fromage...). Consommées en excès, celles-ci engendrent en effet, des déséquilibres physiologiques (mauvais cholestérol, artères bouchées, vieillissement prématuré des cellules...).

#### 4- La température critique des huiles

Pour chaque huile, il existe un point de fumée (ou température critique) qu'il ne faut pas atteindre ou dépasser. Quand l'huile atteint le point de fumée, ses composants se dégradent, forment des composés toxiques et l'huile fume( tableau 2). Il est préférable de jeter une huile qui a fumé, ou même moussé.

Origine	Température critique en °C
<b>Arachide</b>	232 (raffiné), 160 (non-raffiné)
<b>Avocat</b>	271
<b>Carthame</b>	200
<b>Colza</b>	204 (raffiné), 177 (semi-raffiné), 107 (vierge)
<b>Olive</b>	242 (raffiné), 216 (vierge), 191 (vierge-extra)
<b>Tournesol</b>	232 (raffiné ou semi-raffiné), 107 (non-raffiné)
<b>Sésame</b>	232 (semi-raffiné), 177 (non-raffiné)
<b>Soja</b>	232 (raffiné), 177 (semi-raffiné), 160 (non-raffiné)
<b>Palme</b>	240 à 260

Tableau 1 : Température critique de quelques huiles

### 5- Huile de SOJA

#### 5.1- Définition

L'huile de soja est extraite des graines de soja, utilisés dans l'alimentation, elle est jaunâtre, légère et onctueuse. Cette huile est facilement absorbée par nos téguments et digérable.

#### 5.2- SOJA

Le soja est une plante grimpante originaire d'Asie, cultivée pour ses graines oléagineuses, elle renferme une grande quantité de protéine et constitue l'un des aliments naturels riches en glucides, calcium, potassium, magnésium et vitamines.

La plante est annuelle, herbacée, dressée, et peut atteindre une hauteur de 1,5 m. la gousse est droite ou légèrement courbée, d'une longueur de deux à sept cm. Elle est formée par les deux moitiés du carpelle, soudées le long de leurs bords dorsal et ventral

Les graines de soja sont riches en lipides, et sont orientées vers la production d'huile de soja.

### 5.3- Composition et valeur nutritionnel de l'huile de soja

L'huile de soja contient de l'acide oléique (23 %), de l'acide linoléique (51 %), et de l'acide alpha-linoléique (8 %) (tableau 3). C'est une source naturelle importante d'acides gras insaturés des familles des oméga-6 et des oméga-3. L'huile de soja est riche en vitamines A, D et E. elle aide à lutter contre l'artériosclérose, le cholestérol et le diabète, contre l'hypertension et les troubles cardiovasculaires et cérébraux. Elle peut être aussi utilisée en cosmétique pour ses vertus hydratantes et adoucissantes.

Composés	Famille d'acide gras	Teneur pour 100 g
Vitamine K		183,9 µg
Vitamine E		8,18 mg
Total AG saturés		15,65 g
Total AG polyinsaturés		57,47 g
Total AG mono-insaturés		22,783 g
AG Trans		1,8 g
AG érucastique (saturé)	(ω-9)	0,233 g
Acide stéarique (saturé)	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	4,435 g
Acides palmitique (MI)	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	10,455 g
Acide oléique (MI)	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> (ω-9)	22,55 g
Acide linoléique (PI)	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> (ω-6)	50,952 g
Acide alpha-linoléique(PI)	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> (ω-3)	6,789 g

Tableau 3 : Composition d'huile de soja

### 5.4-Altération de l'huile de soja

L'huile de soja est affectée par deux types d'altération: L'oxydation et la dénaturation thermique.

⇒ L'oxydation : due essentiellement au:

- les Catalyseurs (Atmosphère, lumière, chaleur; Métaux Pigments; Eau; Enzymes).
- Degré d'instauration (Plus la teneur en doubles liaisons est élevée, plus la vitesse de dégradation des acides gras est importante).

⇒ La dénaturation par chaleur : La résistance des corps gras à la chaleur est variable: Il existe pour chacun d'eux une température critique ("point de fumée") à ne pas dépasser, au-delà de laquelle, les corps gras produisent des composés toxiques, irritants pour les muqueuses digestives et qui oxydent les caroténoïdes et les vitamines A et E.

## Chapitre 2 : Raffinage de l'huile de soja

Après extraction, l'huile de Soja brute obtenue renferme un certain nombre d'impuretés indésirables, responsables du mauvais goût, de l'odeur désagréables et de leur mauvaise conservation.

Le raffinage a pour but, d'éliminer ces impuretés indésirables, tel que les acides gras libres, les produits d'oxydation, les arômes désagréables, les colorants, les produits toxiques (tels que pesticides, glycosides), les phospholipides ainsi que les métaux (tels que fer et cuivre) présents à l'état de traces.

Le raffinage consiste donc à éliminer au mieux, ces composés nocifs afin d'assurer une conservation maximal quantitatives (évités les pertes des nutriments) et qualitatives (évités les destructions d'une huile).

### 1- Procédé de raffinage de l'huile de Soja

Le procédé de raffinage se fait suivant un ensemble d'opération bien définies depuis l'extraction jusqu'au emballage (figure2).

Ce procédé contient huit étapes :

#### 1.1 La déémucilagination

Le déémucilagination consiste à hydrater les phospholipides et les matières mucilagineuses à une certaine température dans le but de réduire leur solubilité dans l'huile et ainsi faciliter leur élimination. Un acide du type phosphorique est avantageusement ajouté car il améliore la cinétique et permet la transformation des phospholipides non hydratables en hydratables.

La déémucilagination sert à éliminer aussi les **Sucres libres et glycolipides**, les pigments et notamment les chlorophylles, les composés protidiques. Les matériaux hydratés précipitent dans l'huile après le refroidissement et sont éliminés par centrifugation.

#### 1.2 La neutralisation alcaline

L'étape de neutralisation qui se fait à l'aide de soude caustique sert à éliminer ces composés sous forme de savons appelés communément «pâtes de neutralisation » .



Après la réaction de la neutralisation, l'huile neutralisée passe par une centrifugeuse qui assure la séparation de l'huile (phase légère) et des savons (phase lourde).

La quantité de soude et la concentration de sa solution sont calculées en léger excès par rapport à l'acidité(FFA) afin d'atteindre une acidité après neutralisation inférieure à 0,1 % exprimée en

acidité oléique, tout en minimisant les pertes liées à la saponification parasitée des triglycérides eux-mêmes.

### 1.3 Lavage

Cette opération permet d'éliminer les substances alcalines (savon et soude) présentes dans l'huile sortante du séparateur de neutralisation, ainsi que les dernières traces de métaux, de phospholipides et autres impuretés.

### 1.4 Séchage

C'est une étape qui consiste à éliminer l'humidité présente dans l'huile lavée, avant l'opération de décoloration, car l'humidité peut provoquer un colmatage des filtres, surtout en présence de savon.

### 1.5 Décoloration

Le processus de décoloration ou blanchiment principalement a pour but de réduire la teneur en pigments, tels que caroténoïdes et chlorophylle, mais il sert aussi à éliminer les résidus de phospholipides, les traces de savon, les traces de métal, les produits de l'oxydation, les composés sulfurés et les protéines.

La décoloration est le plus souvent obtenue par adsorption de ces substances sur un matériau spécifique. Le matériau adsorbant le plus largement utilisé est la terre ou l'argile décolorante activée par un acide principalement constituée de silicate d'aluminium hydraté.

### 1.6 Filtration

La séparation de l'huile et de la terre usée s'effectue par filtration .cette dernière se fait à travers un milieu poreux constitué par de la toile filtrante, dont le diamètre des pores est inférieur au diamètre des particules de la terre, ce qui permet le passage de l'huile seule à travers le filtre.

### 1.7 Désodorisation

Dans le raffinage des huiles et des graisses, la désodorisation est l'étape du procédé décisive pour la qualité du produit et c'est pourquoi elle revêt une importance particulière.

La désodorisation ou bien « Raffinage physique » ou « distillation neutralisante » a pour but d'éliminer les substances volatiles comme les aldéhydes et les cétones, qui donnent une odeur et une saveur désagréables à l'huile, ainsi que les acides gras libres.

La désodorisation se fait par distillation, un processus consiste à injecter de la vapeur sèche dans l'huile à contre-courant, tout en maintenue sous vide à haute température (~ 250°C)

Variables \ Huile	Brute	Neutralisée	lavée	séchée	décolorée	désodorisée
<b>Humidité</b>	0,3 %	0,7 %	0,9 %	0,08 %	0,08 %	0,04 %
<b>Phosphatides</b>	200 ppm	6 ppm	5 ppm	5 ppm	3 ppm	3 ppm
<b>Matière insaponifiable</b>	15 000 ppm	12 000 ppm	50 ppm	50 ppm	Non détecté	Non détecté
<b>Acidité oléique</b>	0,5 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,07 %
<b>Chlorophylles</b>	24 ppm	0,05 ppm	0,04 ppm	0,04 ppm	0,01 ppm	0,01 ppm
<b>Fer</b>	3 ppm	3 ppm	0,01 ppm	0,01 ppm	0,01 ppm	0,01 ppm
<b>Tocophérols</b>	0,21 %	0,21 %	0,20 %	0,20 %	0,11 %	0,11 %

Tableau 4 : spécification d'une huile de SOJA

### I.8 Fortification

Après la désodorisation, et à l'aide d'une pompe doseuse on injecte à l'huile de la vitamine A et D3. Ces vitamines (une quantité bien définie et précise par la réglementation) sont d'abord mélangées dans de petits bacs avec de l'huile désodorisée avant d'être injectées. A la fin l'huile raffinée est pesée puis stockée dans des citernes sous une atmosphère azoté pour éviter l'oxydation.

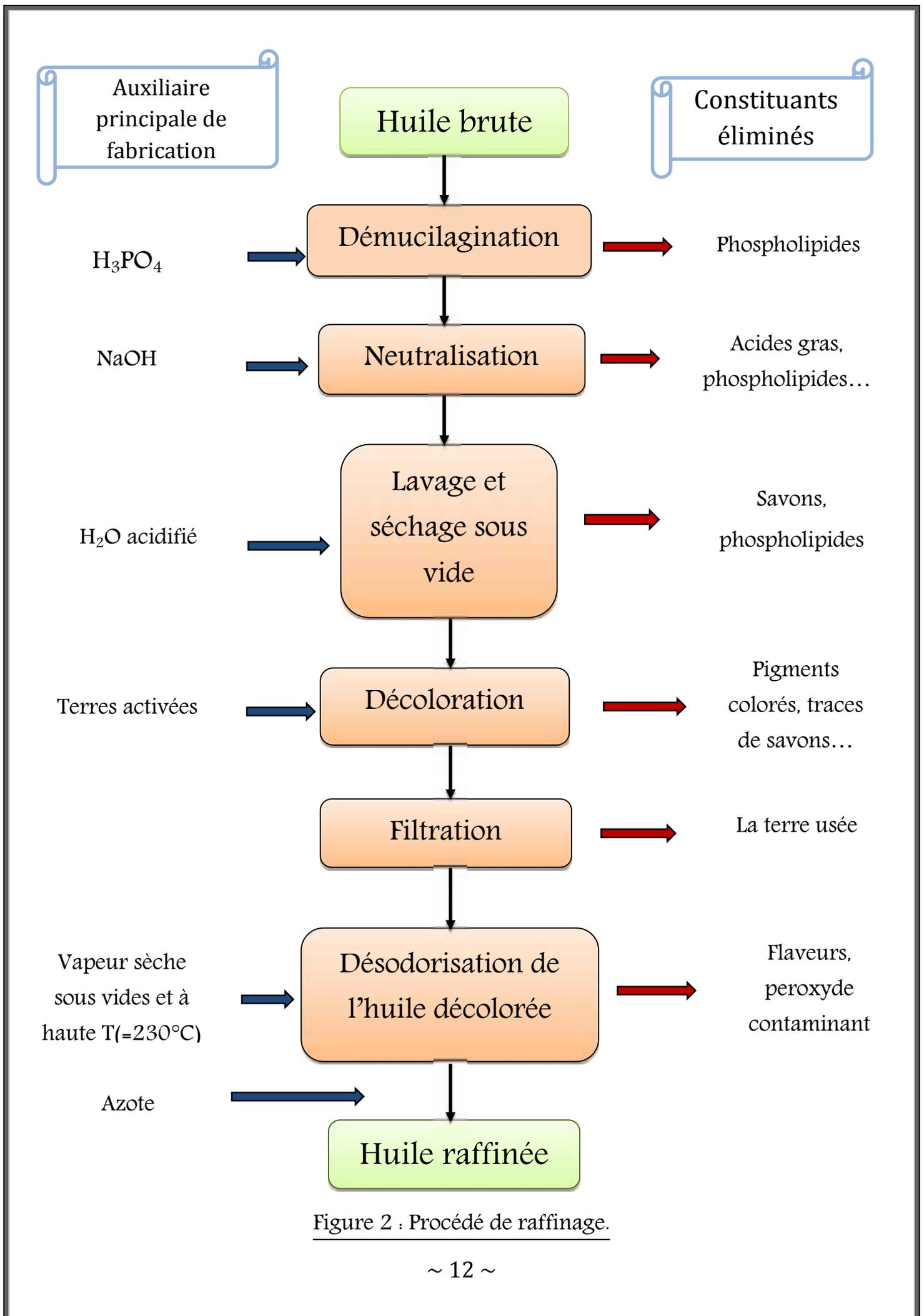


Figure 2 : Procédé de raffinage.

## 2- Le conditionnement et ces étapes

La conservation des aliments comprend un ensemble de procédés de traitement des denrées alimentaires dont le but est d'en conserver les propriétés gustatives et nutritives les caractéristiques de texture, de couleur, et d'éviter d'éventuelles intoxications alimentaires.

L'emballage assure la protection des aliments contre les différents facteurs de l'environnement (lumière , air...)

Le conditionnement de l'huile est soumis à des règles très strictes par application des contrôles relatifs aux produits chimiques dans l'alimentation humaine, aux matériaux et objets au contact des huiles ainsi qu'aux procédés et produits utilisés pour le nettoyage de ces matériaux.

Le conditionnement est destiné à contenir et à protéger les marchandises, permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, ainsi qu'assurer leur présentation.

C'est la dernière étape du processus de la production qui consiste à fabriquer des bouteilles et des bidons en plastique, à les remplir avec de l'huile raffinée et les emballer dans des palettes pour les déposer dans le stock.

Parmi les étapes de conditionnement on trouve :

- Remplissage et capsulage : cette étape consiste à remplir les bouteilles par l'huile à l'aide de la remplisseuse, qui seront par la suite fermées dans la boucheuse. Les bouteilles ainsi remplies et fermées sont amenées vers l'élément de transport (le convoyeur).
- L'étiquetage et codage : Après vient le rôle de l'étiqueteuse pour étiqueter les bouteilles en utilisant une colle spécifique chauffée à plus de 120°C. Une fois étiquetées, elles seront datées et dirigées vers l'encaisseuse.
- L'encaissage : Finalement, les bouteilles sont dirigées vers une encaisseuse où ils seront remplis dans des cartons qui sont remis par la Formeuse, Les cartons sont par la suite fermés puis encaissés manuellement et transportés par des manutentions vers les magasins de stockage.

## Chapitre 3 : L'oxydation des huiles végétales alimentaires.

### **1- Définition**

L'oxydation des lipides est une altération chimique entraînant la formation de peroxydes et d'hydro-péroxydes puis la libération de petites molécules de type aldéhyde et cétone. Elle provient de l'effet de l'oxygène de l'air sur les doubles liaisons des acides gras insaturés. Il s'agit d'une réaction en chaîne complexe, évolutive et irréversible.

Le phénomène est incontournable dès que le corps gras est isolé de son milieu naturel.

Ces altérations se traduisent sur le plan organoleptique par l'odeur, du goût et même de la couleur : apparition d'une odeur de rance, d'un goût métallique, d'un goût de suiffage, blanchiment de l'huile

### **2- Les types d'oxydation**

On classe l'oxydation des lipides en 3 types :

#### **2.1- L'auto oxydation :**

L'auto-oxydation est une réaction auto-catalytique qui peut être présente la première cause d'altération des lipides. Il s'agit d'un enchaînement de réactions radicalaires se déroulant en trois étapes :

⇒ Initiation : En présence d'un initiateur (I), les lipides insaturés (RH) perdent un proton ( $H^\circ$ ) pour former un radical libre de lipide ( $R^\circ$ ) par rupture homolytique d'une liaison Carbone-Hydrogène. L'arrachement du proton est facilité tant par la chaleur (agitation moléculaire) que par les rayonnements ou les catalyseurs (métaux tels que Cu, Fe, Ni...).



⇒ Propagation : Les radicaux libres formés ( $R^\circ$ ) fixent l'oxygène moléculaire et forment des radicaux libres peroxydes instables ( $ROO^\circ$ ) qui peuvent réagir avec une nouvelle molécule d'acide gras (RH) pour former des hydro-péroxydes (ROOH). La phase de propagation peut elle-même être décomposée en deux étapes séquentielles :

- 1- Apparition des peroxydes, composé primaires d'oxydation, à partir des radicaux libres instables : la quantité de peroxydes formés peut être évalué analytiquement grâce à la détermination de l'indice de peroxyde.
- 2- Evolution des hydro-péroxydes (produits primaires) catalysée par les ions de métaux lourds en produits secondaires d'oxydation, essentiellement des aldéhydes, des cétones, des alcools, des acides carboxyliques et des alcanes responsables d'un spectre très large d'odeurs et, dans certains cas, d'une coloration jaunâtre.



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



## 2.2- Photo-oxydation

La photo-oxydation est une voie importante de production d'hydro-péroxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photo-sensibilisateurs tels que les chlorophylles. Les photo-sensibilisateurs (Sens) absorbent l'énergie lumineuse et passent à l'état triplet excité (Sens<sup>3</sup>). Ils interviennent dans l'oxydation des lipides selon deux types de mécanismes :

- ✓ Les photo-sensibilisateurs de type I, telle que la riboflavine, 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.
- ✓ Les photo-sensibilisateurs de type II, telles que les chlorophylles réagissent dans leur état excité avec l'oxygène triplet auquel elles transfèrent leur énergie pour donner de l'oxygène singulet. L'oxygène singulet ainsi formé est très électrophile et peut réagir directement sur un acide gras insaturé (RH) formant ainsi un (ROOH). Les hydro-péroxydes ainsi formés sont différents de ceux formés par auto-oxydation.

## 2.3- Oxydation enzymatique :

Le phénomène d'oxydation des acides gras insaturés peut être d'origine enzymatique. Les enzymes principalement impliquées sont la lipoxy-génase.

La lipoxy-génase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydro peroxydes.

Elle agit spécifiquement sur les acides gras non estérifiés (acides gras libres). Son activité est donc souvent couplée avec celle des lipases et des phospholipases

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.

### 3- Les facteurs influençant sur l'oxydation des lipides

Les facteurs qui influencent l'oxydation des lipides sont nombreux ; Il s'agit de :

- Degré d'insaturation des Acides Gras.

• L'oxygène : La concentration d'oxygène (pression partielle en oxygène) dans l'espace environnant le produit et dans le produit lui-même influence la vitesse d'oxydation des lipides. Elle intervient également au niveau de la nature des produits secondaires formés par décomposition des hydro-péroxydes. Quand la concentration en oxygène est suffisamment élevée, la vitesse d'oxydation est indépendante de cette concentration, et inversement.

• Température : Une élévation de température favorise l'oxydation des lipides. L'oxydation des lipides est d'autant plus rapide que la température est importante. Au contraire, la congélation est un bon moyen pour augmenter la durée de conservation des aliments, car la vitesse d'oxydation des lipides est notablement réduite à faible température .

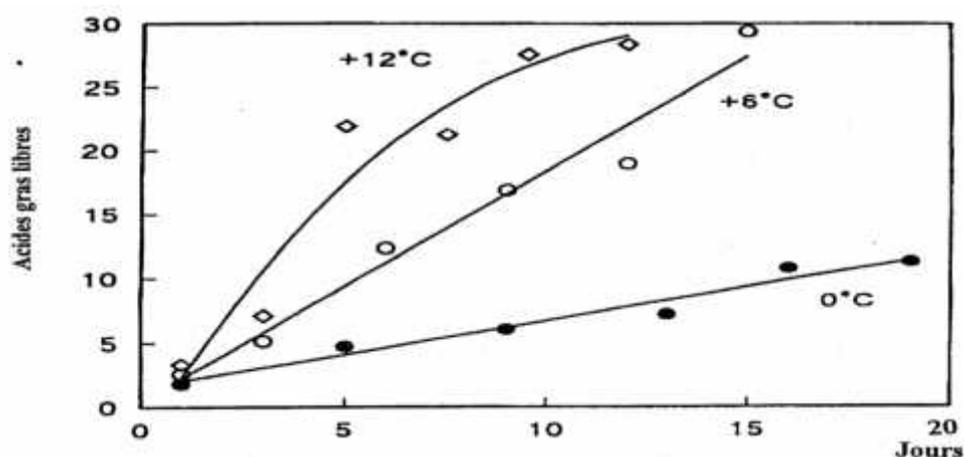


Figure 3 : L'influence de la température sur la dégradation des triglycérides.

• Catalyseurs: Les ions métalliques jouent un rôle très important durant la première étape de l'auto-oxydation des lipides en catalysant la synthèse de formes très réactives d'oxygène comme par exemple le radical hydroxyle (OH•) . Ce radical réagit immédiatement avec les lipides ou autres molécules sur le site où il est généré. La forte réactivité peut expliquer le fait que les acides gras libres sont plus sensibles à l'oxydation que ceux qui étaient liés, parce que la quantité de fer dans la phase aqueuse est probablement plus importante que celle liée à la surface des membranes cellulaires et aux gouttelettes de lipides.

• Humidité : ainsi que l'activité de l'eau qui influencé proportionnel sur la vitesse d'oxydation des lipides, En effet, l'eau permet la mobilisation des substances pro-oxydantes ou anti-oxydantes. En général, un aw comprise entre 0,2 et 0,3 correspond aux vitesses d'oxydation

les plus faibles. Un aw comprise entre 0,6 et 0,8 correspond aux vitesses d'oxydation les plus grandes.

- Action de la lumière [hv] : Est un pro-oxydant qui favorisé la création des radicaux libres (phase initiation) .

- Les antioxydants : Les antioxydants sont des substances chimiques destinées à combattre les altérations (oxydations) des matières grasses.

Les antioxydants sont efficaces si utilisés à temps c-à-dire avant le développement de quantités significatives de R-O-O-H et si utilisés en concentration adéquate (généralement 0,01 - 0,02 %, soit 100 – 200 mg d'antioxydants /1kg de lipides). Les antioxydants soit :

- ✓ Artificiels : SO<sub>2</sub> et ses dérivés (E 220 - E 224), esters de l'acide gallique: propyle (E 310) octyle (E311) et dodécyle (E 312), BHA (E 320), probablement le plus utilisé.
- ✓ Naturels : Acide ascorbique (vitamine C), caroténoïdes, tout particulièrement: tocophérols (vitamine E,E 306, E 309) .

#### **4- L'oxydation lors du stockage et de l'utilisation**

Les lipides peuvent être stockés et utilisés sous forme :

- Libre, en tant que graisse ou huile (huile de table, huile ou graisse de friture )
- De structure dispersée (le beurre, la margarine, la mayonnaise, les sauces...)
- De structures tissulaires telles que les tissus végétaux et animaux

Les processus de cuisson et de rôtissage requièrent des températures extérieures élevées. Celles-ci ne sont atteintes que dans les couches superficielles des aliments. Le temps de chauffage est, globalement, limité. L'impact sur l'oxydation est réduit. Toutefois, des processus d'oxydation sont initiés de sorte que, lors de la conservation ultérieure des aliments préparés à basse température ou sous forme congelée, l'oxydation se poursuit comme dans le cas des plats préparés. Lors du réchauffement, des composants antioxydants se forment comme pour les réactions de brunissement.

Pendant tout le processus de fabrication et de conservation, l'oxydation peut se produire jusqu'à l'utilisation finale des aliments.

Des températures plus élevées sont nécessaires pour la friture, procédé pendant lequel l'huile ou la graisse est chauffée également plus longtemps. Il s'agit d'un processus complexe lors duquel plusieurs réactions se produisent simultanément.

## 5- Les tests de détermination de l'oxydation des huiles

Parmi les tests d'oxydation, une distinction est faite entre ceux qui mesurent le degré d'oxydation d'une part et la résistance à celle-ci d'autre part.

**Le degré d'oxydation** : peut être déterminé par un large éventail de tests analytiques, tels que l'indice de peroxyde, la teneur en diènes conjugués, l'indice d'anisidine, l'indice d'acide thiobarbiturique, la teneur en composés carbonylés, la valeur Totox (2x Indice de peroxyde + Indice d'anisidine), la quantité de composés volatils, à l'aide de méthodes de chromatographie gazeuse, de mesures de fluorescence et autres.

Le degré d'oxydation atteint dans un système est ainsi évalué. Ainsi la valeur d'un indice de peroxyde, mesuré en fonction du temps, peut augmenter mais également diminuer en fonction de l'état d'avancement du processus oxydatif. Une diminution est la conséquence de la décomposition des hydro-péroxydes entraînant la formation de produits de réaction secondaires. Les graisses chauffées en sont un exemple typique.

**La résistance à l'oxydation** : (tests de stabilité à l'oxydation) est mesurée dans des systèmes où un paramètre d'oxydation est augmenté : la température, l'accessibilité pour l'oxygène, l'ajout d'ions Cu et autres. Des exemples de tests sont le test du four de Schaal, le test accéléré à l'étuve, le test de Swift, le test d'oxydation à la bombe. Ces tests sont actuellement remplacés par la méthode RANCIMAT. Il s'agit de tests d'oxydation accélérés, effectués dans des conditions opératoires bien précises. Des relations peuvent être établies entre ces tests accélérés et la résistance à l'oxydation d'un aliment donné mais il est impossible de prévoir à long terme la stabilité d'un lipide. Seuls les tests de shelf-life en conditions contrôlées permettent d'accéder à cette information. De nombreux facteurs présents dans les denrées alimentaires pouvant influencer l'oxydation, la relation entre la stabilité dans des conditions pratiques et un test de stabilité accéléré ne peut être généralisée et transposée d'un aliment à l'autre.

## Chapitre 1 : Suivi du contrôle de la qualité des huiles

Pour garantir la qualité des huiles produites, il faut veiller à la qualité des produits via plusieurs contrôles faisant intervenir les techniques de la chimie analytique instrumentale et non instrumentale.

Ces contrôles ont pour mission première de garantir la production et la commercialisation selon des normes précises afin d'apporter des garanties en terme de qualité pour la santé humaine, en particulier pour les huiles à usage alimentaire.

### **1- Taux de savon**

C'est la détermination de la quantité de savon contenu dans les huiles raffinées, pour savoir si on a une perte d'huile ou non. Il est effectué sur l'huile neutralisé, séchée, désodorisée.

#### 1.1- Mode opératoire

Dans un ballon, on met de l'acétone à 3% avec quelques gouttes de bleu de bromophénol et 10 g de l'huile à analyser, et par la suite on fait le dosage avec la solution d'acide Chloridrique à 0,1N.

#### 1.2- Calcul :

$$\text{Taux de savon} = \frac{V_m \cdot N \cdot 304}{PE}$$

$V_m$  : Volume moyen versé de la burette

304 : poids moléculaire de l'oléate de sodium en g/mol.

$N$  : Normalité de HCL = 0,1N.

$PE$  : prise d'essai.

### **2- Analyse de la pâte de neutralisation**

Cette analyse a pour but de déterminer l'acidité de la pâte et la quantité de la matière grasse éliminée.

#### 2.1- mode opératoire

On chauffe un ballon contenant 10 g de la pâte à analyser avec le dioxane, l'acide sulfurique, l'eau distillée et quelques gouttes d'orange de méthyle. Après l'apparition d'une couleur marron, on passe à la décantation pour séparer les 2 phases et par la suite on effectue un lavage avec l'hexane et puis avec l'eau chaude, on procède à une filtration sur papier filtre avec le sulfate de sodium, à la fin on sèche l'huile obtenue à l'étuve après passage au rotavapore, pour effectuer un dosage avec la solution d'hydroxyde de potassium à 1N.

2.2- calcul :

$$\begin{aligned} \% \text{ matière grasse} &= ((m-m_0)/PE) * 100 \\ \% \text{ acidité} &= Vm * N * 28,2 / PE \end{aligned}$$

m : la masse de ballon remplie de la matière grasse.

m<sub>0</sub> : la masse du ballon vide.

PE : Prise d'Essai.

N : Normalité de KOH (1N).

Vm : Volume moyen.

### 3- Dosage des impuretés

La teneur en matière insolubles : poussière et autres matières étrangères non solubles dans l'Hexane dans des conditions spécifiées, est exprimé en pourcentage massique.

Ces impuretés comprennent les matières minérales, les hydrates de carbone, les matières azotées, diverses résines, les savons de calcium, les acides gras oxydés...etc.

#### 3.1- Mode opératoire

On procède à une filtration d'un mélange contenant de l'huile à analyser et de l'hexane, sur un papier filtre lavé avec la même solution mené dans un cristalliseur tarer et on le place à l'étuve pour se sécher et on le pèse par la suite

#### 3.2- Calcul

$$\% \text{ d'impuretés} = (M - T) / PE * 100$$

PE : Prise d'essai.

T : Masse de papier filtre.

M : Masse de papier filtre contenant les impuretés.

### 4- Humidité de l'huile

L'humidité est déterminée par perte en poids pour un échantillon ayant séjourné un temps suffisant et à une température suffisante dans une étuve pour éliminer l'eau et les matières volatiles par vaporisation.

#### 4.1- Mode opératoire

Dans un cristalliseur on met 10 g de l'huile et le placer dans l'étuve endant 1 Heur et on le pèse par la suite.

#### 4.2- Calcul :

$$\% \text{ humidité} = (PE - (M - T) / PE) * 100$$

PE : Prise d'essai.

T : Cristalliseur vide.

M : Masse de cristalliseur + échantillon à analyser après étuvage.

## 5- Excès de soude

Le but de cette manipulation est d'évaluer l'efficacité de l'opération de neutralisation, l'excès de soude doit être contrôlé pour qu'il n'y soit pas de perte dans l'huile neutralisée (saponification parasite).

### 5.1- Mode opératoire

On effectue l'agitation d'un mélange contenant l'huile de mixeur avant séparation, avec 2 ml de la solution alcoolique thymophtaléine, alors si on a changement de couleur on ajoute plusieurs volume de l'huile brute de même échantillon jusqu'au virage.

## 6- Transmittance

C'est un test qui est effectué sur les huiles désodorisées et qui définit le pourcentage de la coloration par rapport à l'eau distillée.

Ce test vise à mesurer la transmittance à une longueur d'onde de 420 nm en prenant l'eau comme référence.

### 6.1- Mode opératoire

Après étalonnage de l'appareil, on remplit la cuve avec de l'huile à analyser et on la met dans spectrophotomètre et on lit la valeur.

## 7- Contrôle de l'acidité

C'est la quantité d'acides gras exprimée conventionnellement en acide oléique (en gramme) présente dans 100 g de matière grasse.

### 7.1- Mode opératoire

On prend un ballon contenant un mélange d'alcool (titré par KOH), 10 g de l'huile à analyser et quelques gouttes de phénophtaléine, et on effectue un dosage avec la solution d'hydroxyde de potassium (0,1N) jusqu'au virage.

### 7.2- Calcul :

$$\%AC = (282 * V) / PE$$

V : Volume versé de burette

PE : Prise d'Essaie

## 8 -Indice de peroxyde

Le principe de cette méthode repose sur le traitement d'une prise d'essai, en solution dans l'acide acétique et chloroforme, par une solution d'iodure de potassium, puis le titrage de l'iode par une solution titrée de thiosulfate de sodium.

### 8.1- Mode Opérateur

Dans un ballon on met 1G de l'huile à analyser avec le chloroforme, de l'acide acétique, et une solution saturé d'iodure de potassium et on le place à l'abrie pendant 5 minutes et après on procède à un titrage par le thiosulfate après l'ajout de l'eau distillée et quelques gouttes de la solution d'amidon.

Prendre une prise d'essai de 1 g d'huile dans un flacon.

### 8.2- calcul

$$\text{Indice de peroxyde} = (V_1 - V_0) * N * 100 / PE$$

$V_0$  : le volume de thiosulfate de sodium pour le blanc.

$V_1$  : le volume de thiosulfate de sodium pour l'échantillon.

N : Normalité de thiosulfate.

PE : Prise d'Essai.

## Chapitre 2 : suivie de l'oxydation de l'huile de SOJA

Dans un premier temps on va étudier l'influence de quelques facteurs sur l'oxydation de l'huile de Soja et par la suite on va étudier l'évolution de degré d'oxydation de plusieurs mélanges proposés pour l'huile de friture chez SIOF. Et pour réaliser ce travail on va utiliser deux indices qui sont FFA (indice de l'acidité) et PV (Indice de peroxyde).

### 1- Etude de quelques facteurs influençant l'oxydation

#### 1.1) L'influence sur l'acidité de l'huile de Soja

L'acidité est parmi les indicateurs de détermination de l'oxydation des huiles végétales alimentaires, en effet l'augmentation de l'acidité entraîne une diminution en teneur de l'acide oléique qui est un antioxydant ce qui va donner une élévation de l'oxydation.

##### a- La durée de stockage

Les échantillons analysés ont été fabriqués à différentes dates allant de 1 à 780 jours (figure4) :

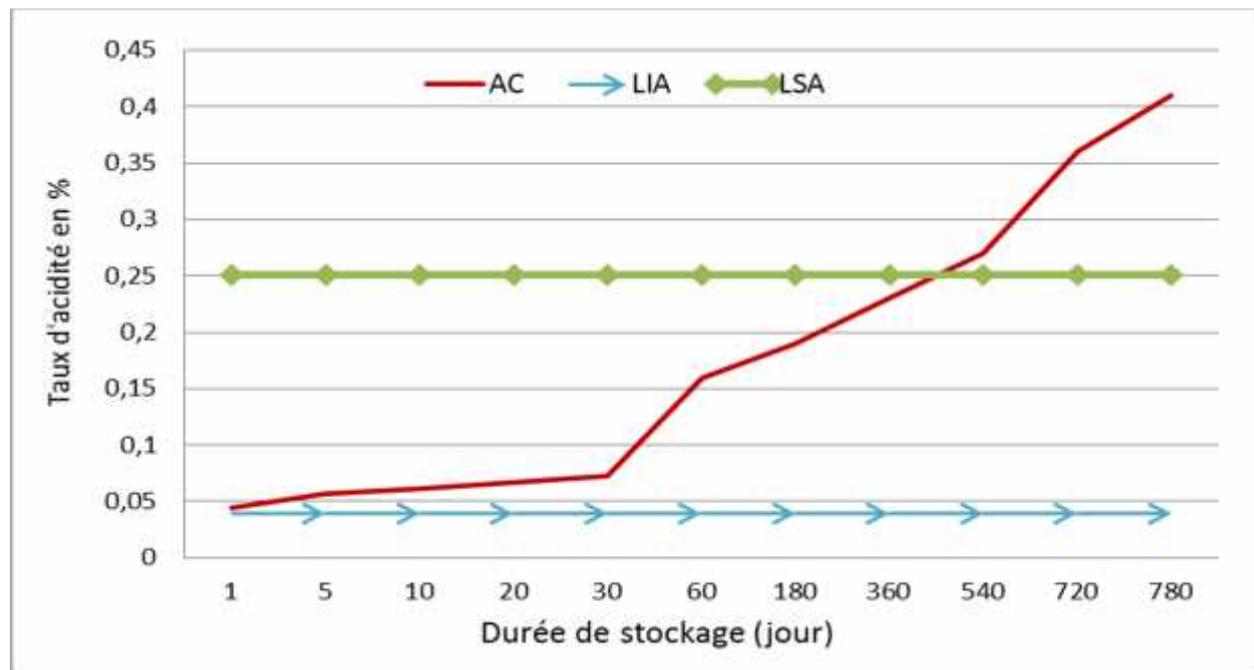


Figure 4 : influence de la durée de stockage sur l'acidité  
(LI = Limite inférieure d'acidité, LS= Limite supérieur d'acidité)

On constate que l'acidité de l'huile de Soja augmente progressivement avec la durée de vieillissement de l'huile et dépasse la limite supérieure (0,25%) en 540 jours, alors l'huile peut s'oxyder facilement au longue durée de stockage, dès le 1<sup>er</sup> jour jusqu'au 370<sup>ème</sup> jour l'acidité augmente de la limite inférieure (0,04%) jusqu'au (0,23%) l'huile peut être consommée.

### b- La Température

L'analyse faite sur plusieurs échantillons de l'huile de Soja, qui sont placés dans des flacons fermés à l'abri de la lumière, et chauffés à des températures constantes allant de 25°C jusqu'à 180°C pendant 4 heures (figure 5), est la suivante :

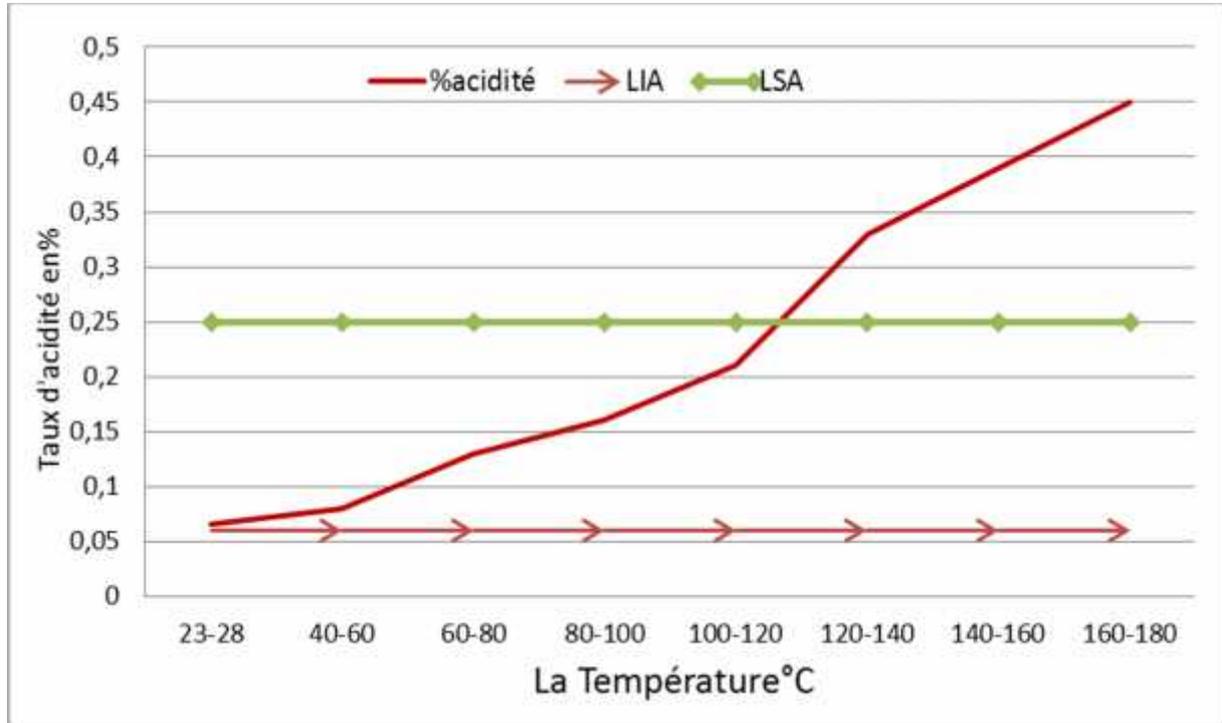


Figure 5 : Influence de la température sur l'acidité  
(LIA = limite inférieure d'acidité, LSA = limite supérieure d'acidité)

- ⇒ On observe que la température influence sur la variation de l'acidité ce qui explique une évolution de l'oxydation, au-delà de 110°C le taux d'acidité dépasse la limite supérieure d'acidité (0,25%) et l'huile peut s'oxyder rapidement, et pour les températures allant de 23°C jusqu'à 100 °C l'huile est consommable.

### c- La lumière

Les 2 échantillons de l'huile de SOJA placés l'un à la lumière et à l'obscurité pendant 30 jours (figure 6), analysés pour avoir la différence entre l'évolution des deux taux d'acidité.

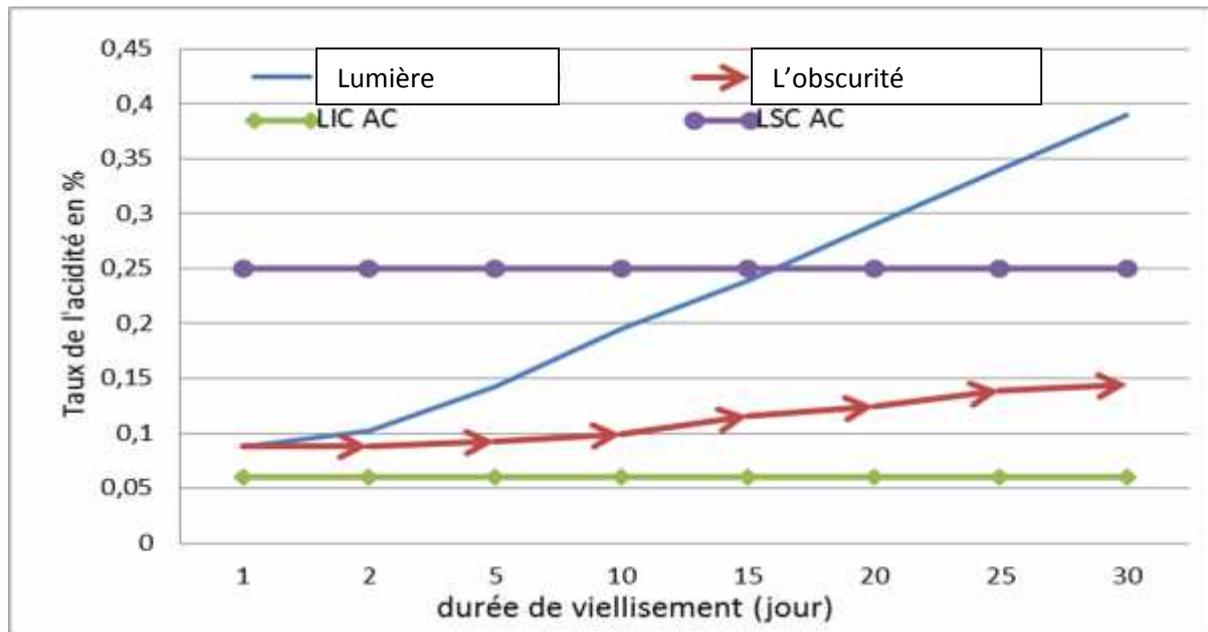


Figure 6 : l'influence de la lumière sur l'acidité  
(LIC AC=limite inférieure d'acidité, LSC AC=limite supérieure d'acidité)

⇒ Le taux de l'acidité de l'huile placée à la lumière augmente progressivement en fonction de la durée de vieillissement et dépasse la limite supérieure d'acidité (0,25%) alors que le taux d'acidité de l'huile placée à l'abri reste dans l'intervalle tout en commençant de la limite inférieure d'acidité (0,04%).

## 1.2) L'influence sur l'indice de peroxyde de l'huile de Soja :

L'indice de peroxyde détermine le degré d'oxydation d'une huile, si l'indice de peroxyde augmente le degré d'oxydation augmente aussi alors l'huile peut perdre sa qualité organoleptique. Et dans cette partie on va étudier l'évolution de l'indice de peroxyde en fonction de 3 facteurs influençant l'oxydation de l'huile de Soja.

### a- La durée de stockage

Plusieurs analyses effectuées sur l'indice de peroxyde de différents échantillons raffinés à différentes dates allant de 1 à 780 j (figure 7) :

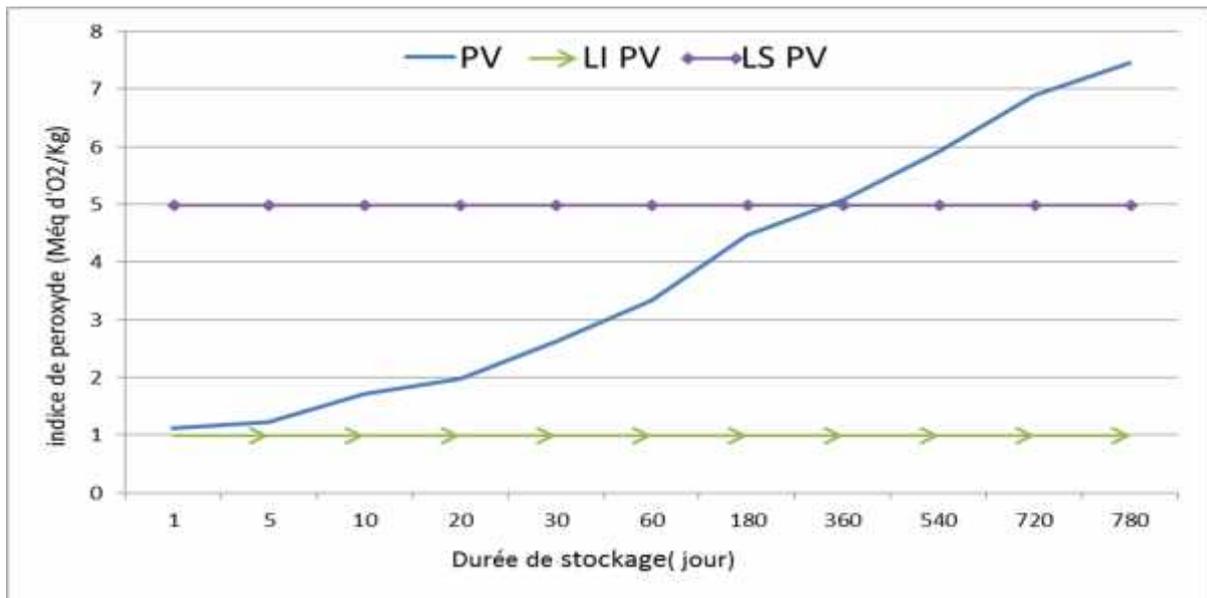


Figure 7: augmentation de PC en fonction de durée de stockage

(LI PV=limite inferieur de l'indice de peroxyde, LS PV=limite inferieur de l'indice de peroxyde)

⇒ La durée de stockage influence sur l'indice de peroxyde ce qui entraine une évolution très importante de degré d'oxydation et il dépasse la limite supérieur (5Még d'O<sub>2</sub>/Kg) Les résultats obtenues montrent que l'indice de peroxyde (figure5) augmente au cours de temps, et on observe que cet indices dépassent les limites supérieurs après la durée de 540 jour, alors au-delà de cette période l'huile commence à s'oxyder.

b- la température :

le chauffage de plusieurs échantillon sur des plaques à différentes température et la mesure de leur indice de peroxyde (figure8) donnent les résultats suivantes :

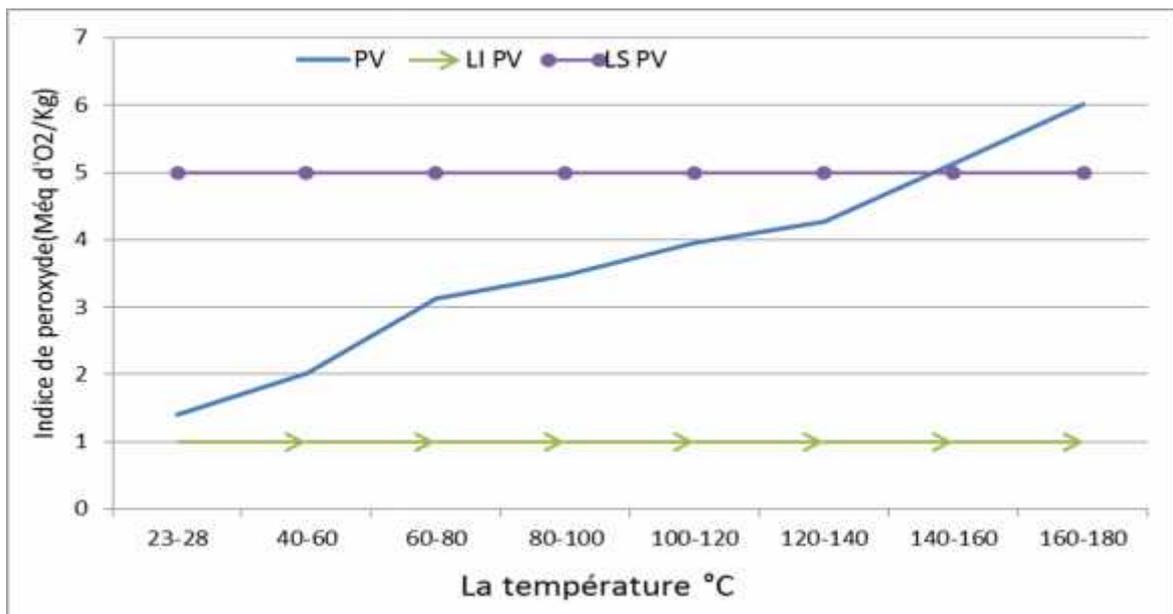


Figure 8 : Influence de T° sur l'indice de peroxyde

(LI=limite inferieur de l'indice de peroxyde, LS limite supérieure de l'indice de peroxyde)

L'augmentation de l'indice de peroxyde se traduit par l'influence de la température élevée, cette évolution progressive dépasse la limite supérieure de cet indice (5Még d'O<sub>2</sub>/Kg). Ce qui traduit l'influence de la température sur l'oxydation de l'huile de Soja.

*c- La lumière sur l'oxydation*

La différence entre l'huile placée à la lumière et l'huile placée à l'obscurité se traduit par la différence entre l'évolution de l'indice de peroxyde de chacune (figure9) :

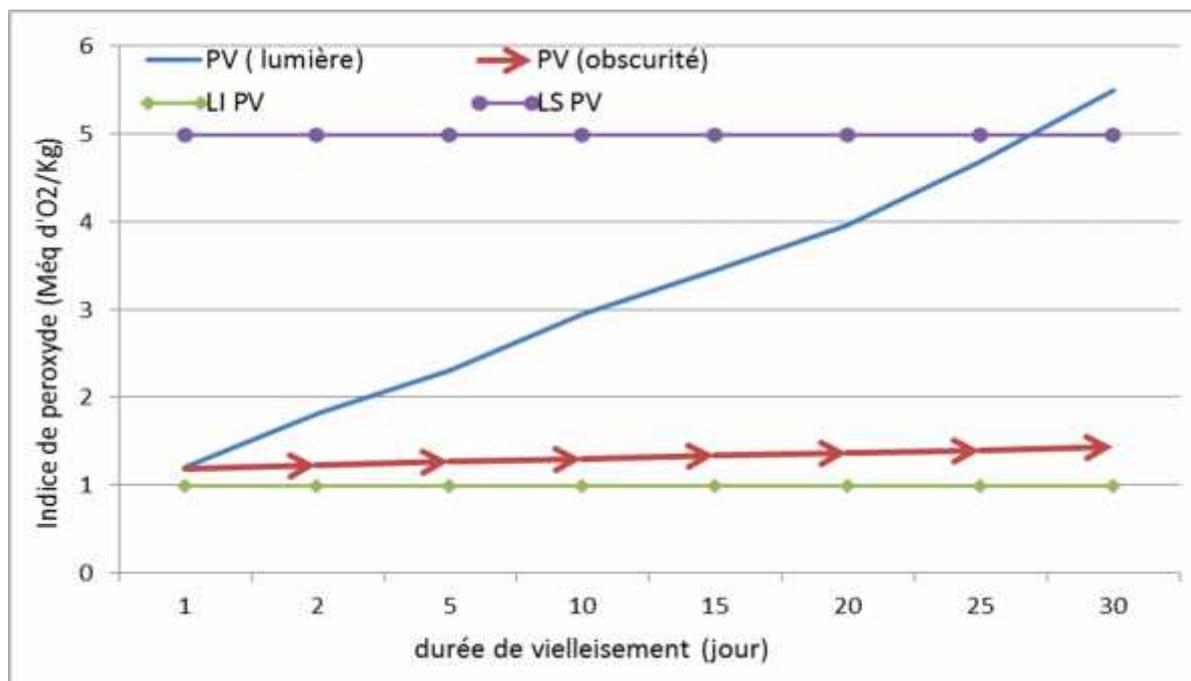


Figure 9: augmentation de PV en fonction de lumière

(LI =limite inférieure de l'indice de peroxyde), LS =limite supérieure de l'indice de peroxyde)

⇒ On observe une grande différence entre les deux courbes, celle de l'huile placée à la lumière augmente rapidement et dépasse la limite supérieure de l'indice de peroxyde (5 Még d'O<sub>2</sub>/Kg), alors que celle de l'huile placée à l'obscurité reste proche de la limite inférieure (1 Még d'O<sub>2</sub>/Kg) (figure9).

- **Conclusion** : les résultats à partir de l'étude de l'effet des différents facteurs (durée de stockage, Température, et la lumière de jour) indiquent que l'huile de Soja est très sensible à ces trois facteurs. En effet, l'oxydation de l'huile est proportionnelle à la durée de vieillissement, à la température et à la lumière du jour.

Une attention particulière doit donc être faite à ces facteurs, et une sensibilisation aussi pour les marchandises, et les consommateurs.

## 2- Influence de la friture sur l'oxydation d'huile de SOJA :

Pour avoir une très bonne friture tout en gardant les qualités organoleptiques de l'huile Il est important d'opter pour une huile qui résiste à la chaleur et à l'oxydation, et cette résistance

dépend de la composition même de l'huile (les acides gras insaturés, la teneur en acide oléique, la teneur en acide linoléique, la teneur en oméga 3 et 6). Le point de fumée est aussi une considération importante (plus il est élevé, plus on a de marge de manœuvre au moment de la cuisson).

L'analyse faite sur 4 huiles à teneur différente de Soja, au sein de laboratoire de SIOF nous a permis de faire une distinction entre l'évolution de leur oxydation tout en contrôlant leur acidité (0,08-0,4%) qui détermine la teneur en acide oléique, et leur indice de peroxyde (1-7 Méc d'O<sub>2</sub>/Kg).

La réalisation de 6 fritures pour chaque mélange, se base sur une température constante (160°C < T °C < 170 °C) et une quantité stable de pomme de terre (300 g).

a- Evolution de l'acidité de l'huile de friture à différent teneur en Soja:

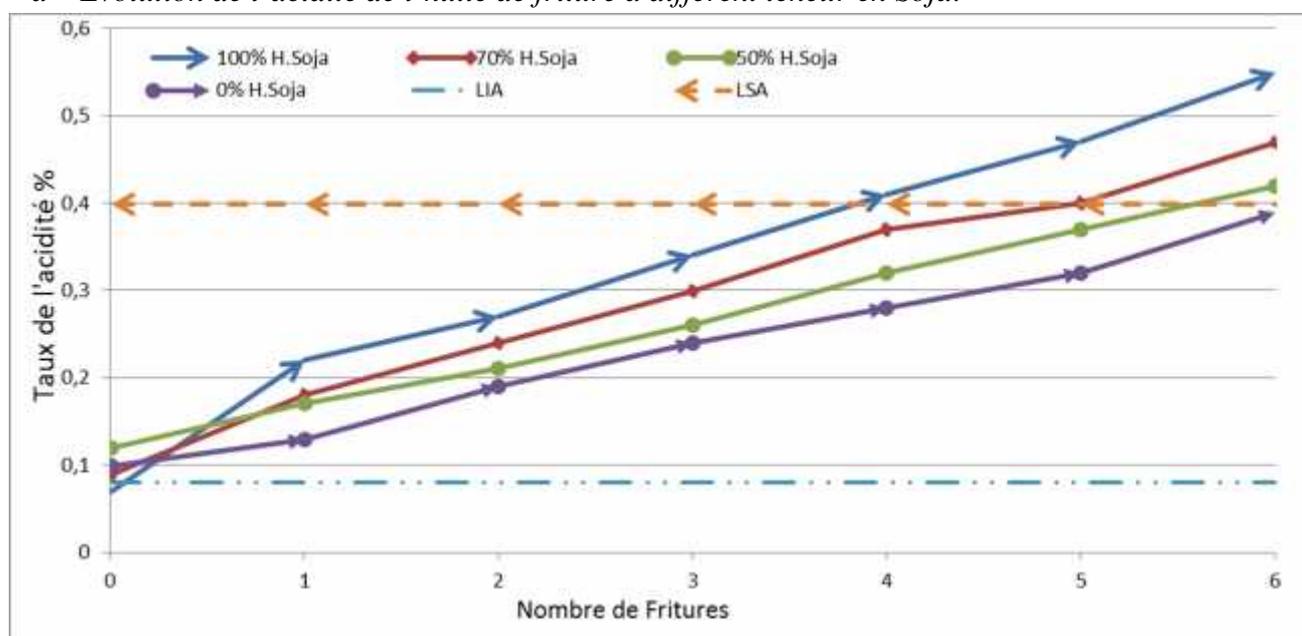


Figure 10 : l'influence de nombre de friture sur l'acidité  
LIA( limite inférieure d'acidité), LSA( limite supérieure d'acidité)

- ⇒ Le nombre de friture fait augmenter l'acidité ce qui explique que l'acide oléique se dégrade avec la température.
- ⇒ Plus la teneur en huile de soja est grand plus l'acidité augmente.
- ⇒ La présence de l'huile de soja dans le mélange influence sur la vitesse d'oxydation de ce dernier en fonction de nombre de friture.
- ⇒ L'évolution de l'acidité de mélange contenant 50% de Soja et 50% de huile de grignon est proche de celle de l'huile commerciale de friture à 0% de Soja, ce qui explique que l'ajout d'une grande teneur de grignon ralentit l'oxydation du mélange étudié car l'huile de grignon contient un grand pourcentage de l'acide oléique.

b- Evolution de l'indice de peroxyde en fonction de la friture à différent teneur en Soja

L'analyse faite sur l'indice de peroxyde des huiles étudié est présenté dans la figure 11 :

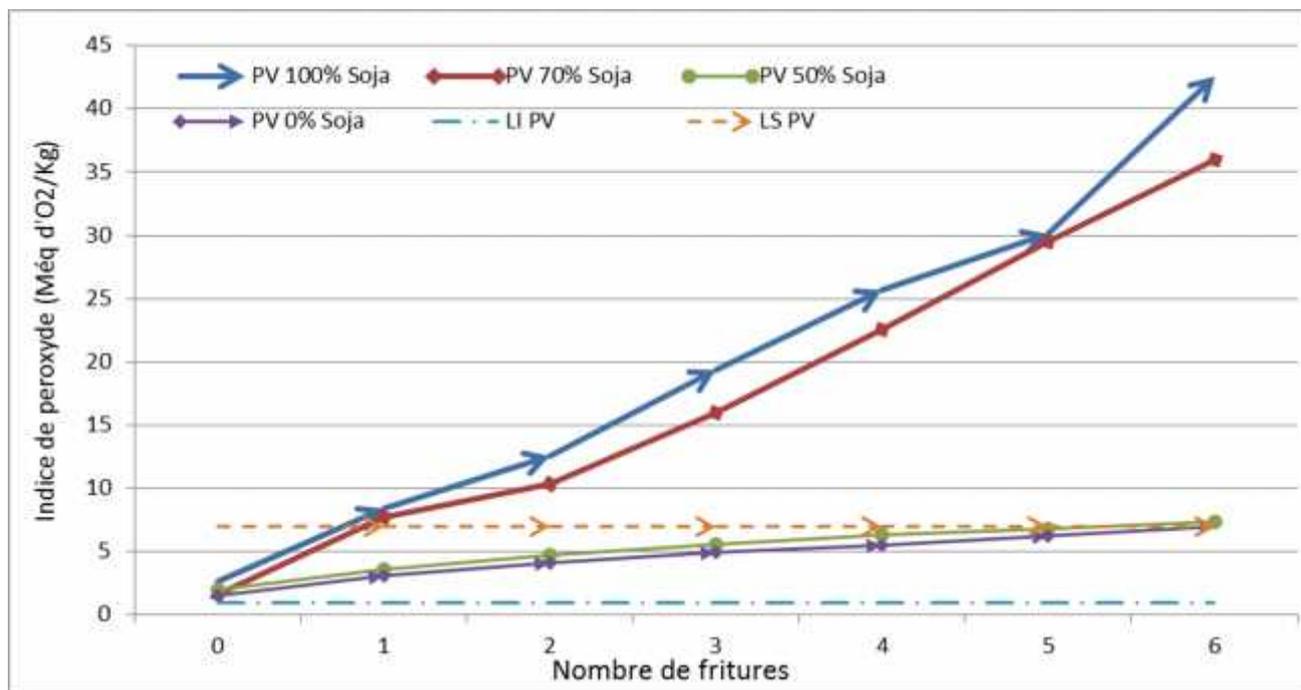


Figure 11 : influence de la friture sur l'indice de peroxyde  
LI (limite inférieure de l'indice de peroxyde), LS (limite supérieure de l'indice de peroxyde)

- ⇒ L'évolution de l'indice de peroxyde explique l'augmentation de degré de l'oxydation, des huiles .
- ⇒ Plus la teneur en huile de Soja est grande plus l'indice de peroxyde est grand, ce qui explique l'oxydation totale de l'huile après la première friture.
- ⇒ Pour le mélange contenant 50 % de Soja l'évolution reste entre les limites inférieure (1Még d'O<sub>2</sub>/Kg) et supérieure (7 Még d'O<sub>2</sub>/Kg), ce mélange est peut être considéré pour la friture comme l'huile commerciale de friture.

**Conclusion :** l'oxydation de l'huile augmente en fonction de nombre de friture et en fonction de la teneur en huile de Soja. Le nombre de friture influence sur la vitesse de l'oxydation mais jusqu'au la 6<sup>ème</sup> friture avec l'huile commerciale de friture le degré d'oxydation reste dans les normes. Pour garder une huile de friture saine il faut choisir une huile ne contient pas de Soja

## *Conclusion*

Au cours de ce travail, nous avons développé une synthèse bibliographique concernant les huiles végétales alimentaires, leur composition et leurs valeurs nutritionnelles, l'huile de Soja et son mode de raffinage, et conditionnement, les types d'oxydation, les facteurs influençant et mode de détermination.

D'autre part, nous avons suivi l'évolution de l'oxydation de l'huile de Soja en fonction de 3 facteurs (Durée de stockage, température et lumière de jour). Un deuxième volet concerne l'étude de l'oxydation d'une huile de friture commerciale et mélangée avec une huile de Soja à différents pourcentages, en fonction du nombre de fritures, ainsi que l'indice de peroxyde de celles-ci.

Sur la base des résultats obtenus on peut conclure que <la durée de vieillissement, la température et la lumière du jour> influent beaucoup sur l'oxydation des huiles.

Le nombre de fritures affecte la qualité de l'huile et augmente son acidité et son indice de peroxyde.

L'huile de Soja réduit la qualité de l'huile de friture commerciale mais elle peut être utilisée pour la friture si on ajoute avec elle une huile à un pourcentage en acide oléique plus précisément très important.

Sur la base de ce travail et des résultats obtenus, nous recommandons au responsable de la société, de prendre en considération les différents facteurs étudiés et de veiller à la sensibilisation de ses ouvriers et de ses consommateurs, et pour la friture il est préférable de frire avec une friteuse qui garde la stabilité de la chaleur et qui freine le grand contact entre l'huile et l'air.