



## Mémoire de Master

Présenté par :

- ABBACI Nawel
- AZZI Lamia

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie*

*Spécialité : Chimie Analytique*

**Thème :**

Etude théorique des propriétés physico-chimique  
de la margarine

**Soutenu le : 28 Octobre 2020**

**Devant le jury composé de :**

Nom&Prénom	Département d'affiliation	Qualité
M <sup>me</sup> BRAHMI Daouia	Chimie	Présidente
M <sup>me</sup> BOUKEHIL Ghouzala	Chimie	Examinatrice
M <sup>me</sup> ALIOUANE Nabila	Génie des procédés	Co-encadreur
M <sup>me</sup> AIT AHMED Nadia	Chimie	Encadreur

## *Remerciements*

*Je tiens à remercier avant tous Allah le tout puissant qui m'a donné la santé, le courage, la volonté et le patience de réaliser ce travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à Mme Ait Ahmed Nadia, notre promotrice, qui a bien voulu nous guider et nous suivre tout de ce travail, qu'elle puisse trouver l'expression de notre profonde gratitude et reconnaissance.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury :*

*Mme Brahmi Daouia d'avoir accepté de présider le jury et d'avoir accepté d'examiner notre travail ;*

*Mme Boukehil Ghouzala d'avoir consacré leur précieux temps afin de juger ce modeste travail.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*En premier lieu à la mémoire de mon grand père jeddi rabah qu'il  
repose en paix.*

*A mes très chères parents, pour leurs sacrifices, leurs  
encouragements et leurs soutien, eux qui mon guidés durant  
toutes mes années d'études vers le chemin de la réussite "maman  
papa, merci" ;*

*A ma grand-mère que dieu la protège ;*

*A mes très chères oncles Djebbar et Mustapha, merci pour tout ;*

*A mes sœurs (Bahia, Hamida, Myada, Wissam, Lidya , et la  
petite princesse Tinhinan) ;*

*A mon petit frère Hamza ;*

*A mes beaux frères Noredidine, Sofiane, Karim et Hakim ;*

*A mes petits neveux et nièce Badis, Aylimas et rawane ;*

*A tout mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines ;*

*A toi chérie Nawel ainsi que toute ta famille ;*

*A tout mes amies;*

*A toute personne me connait*



*lamia*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents, ma mère khadidja et mon père abdellah qui ont donné un sens à mon existence qui m'ont indiqué la bonne voie et qui ont attendu les fruits de ma bonne éducation, à ceux qui m'ont soutenu jours et nuits, et durant toute mes années d'études ;*

*A mes adorables soeurs : Fouzia et son mari Madjid ; Sonia et son mari Khaled ;*

*A mes chers frères : Mahrez et sa femme Nadjet, Bilel qui m'a toujours aidé durant mes années d'études, et le petit prince Wacil ;*

*A mes chères nièces et neveux : Nourhane, Eline, Wiem, et la belle fleur Mayliss ;*

*A mes chers neveux : Amir et Slah ;*

*A tous mes amies : Silya, Souhila, Sissa, Mili, Nina ;*

*A ma binome avec celle que j'ai partagé des moments agréables durant ce travail : Lamia ;*

*A toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*



*Nawel*

## Liste des abréviations

**AG:** Acides gras

**AGL :** Acide gras libre

**AGPI :** Acide gras polyinsaturé

**AGS :** Acides gras saturé

**°C:**degré celssuce

**CH<sub>2</sub>:**groupement méthylène

**CH<sub>3</sub>:**groupement méthyle

**COOH:** groupement carbonyle

**CPG :** chromatographie en phase gazeuse

**E/H :** eau/huile

**H/E:**huile /eau

**ISO :** organisation international de normalisation

**L/H :** litre/heure

**L° :** radical alkyle libre

**LH:** lipides insaturé

**LO° :** radical alkoxyde

**LOO° :** les radicaux pyroxydes

**LOOH :** hydro peroxydes

**MBAR:** millibare

**MEQ :** milliéquivalent

## Liste des abréviations

---

**ML** : millilitre

**MIN** : minute

**NE** : norme d'entreprise

**NF** : norme fondamentale

**N+2** : isomérisation à droite

**N-2** : isomérisation à gauche

**<sup>1</sup>O<sub>2</sub>** : oxygène singlet

**O<sub>2</sub>** : dioxygène

**<sup>3</sup>O<sub>2</sub>** : oxygène triple

**OH** : hydroxyde

**PL** : phospholipides

**R-COOH** : Acide carboxylique

**RMN** : résonance magnétique nucléaire

**S** : second

**SENS** : photo sensibilisateur

**SENS<sup>3</sup>** : photo sensibilisateur à l'état excité

**SFC** : le taux de solide

**TAG** : triacylglycérole

**μM** : mécro-mètre

**UV** : ultrat/violet

**W/O** : water/oil

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : schéma d'un triglycéride.....	06
<b>Figure I.2</b> : présente la composition des corps gras.....	07
<b>Figure I.3</b> : les différentes huiles et graisses utilisées pour la formulation de margarine.....	11
<b>Figure II.1</b> : Principales étapes de la fabrication de la margarine .....	19
<b>Figure III.1</b> : représentation schématique des mécanismes réactionnels de l'auto-oxydation des lipides. ....	27
<b>Figure III.2</b> : schéma des réactions d'oxydation des lipides .....	29

## *Liste des tableaux*

---

**Le tableau I** : les analyses physico-chimiques selon les normes de Cevital agro-industrie...42

**Le tableau II** : le taux de solide selon les normes de Cevital agro-industrie.....42

**Le tableau III** : la teneur en acide gras selon Saillard M, 2010.....43



## Sommaire

Introduction .....	1
Chapitre I : généralités sur les corps gras, margarine et huiles	
I. Généralité sur les corps gras.....	3
I.1. Corps gras, lipides	
I.2. Les sources et les propriétés des corps gras.....	3
I.3. Les acides gras.....	4
I.3.1 Les propriétés des acides gras.....	5
I.4. les triacylglycérols TAG ou triglycérides.....	5
I.5. La composition des corps gras.....	6
II. Généralité sur la margarine.....	7
II.1. Historique de la margarine.....	7
II.2. Définition.....	8
II.3. Les différentes catégories de la margarine présente sur le marché.....	8
II.4. composition de la margarine.....	9
II.5. Les facteurs d'altération de la margarine.....	9
III. Généralités sur les huiles.....	10
III.1. Historique.....	10
III.2. Définitions.....	10
III.3. La désignation de quelques huiles de consommation humaine.....	11

III.4. les différentes huiles et graisses utilisé pour la formation de la margarine.....	11
III.5Le raffinage des huiles et les traitements de modification.....	12

## Chapitre II : La technologie de la margarine

II.1.Technologie de la margarine.....	15
III.1.Matières première.....	15
II.1.1.1.Matières grasses.....	15
II.1.1.2.Eau.....	15
II.1.1.3.Lait.....	15
II.1.1.4.Les additifs et auxiliaire de fabrication.....	15
II.1.1.4.1.Les additifs liposolubles.....	16
II.1.1.4.2.Les additifs hydrosolubles.....	17
II.2.Les étapes de fabrication de la margarine .....	18

## Chapitre III : Altération des lipides

III.1.Généralité.....	22
III.2.Altération des lipides .....	22
III.2.1. L'hydrolyse.....	22
III.2.2 .Les réaction des isomérisations.....	22
III.2.3.Les réaction de polymérisation et de cyclisation.....	23
III.2.4.L'oxydation.....	23
III.2.4.1.Auto-oxydation.....	24

III.2.4.2.La photo oxydation.....	27
III.2.4.3.L'oxydation enzymatique.....	28
III.2.4.3.L'oxydation enzymatique.....	28
III.3.Les facteurs initient l'oxydation des lipides.....	31

## Chapitre IV : les analyses effectuées sur la margarine

IV.1. Les analyses physico-chimiques	
IV.1.1. La détermination de la teneur en eau (humidité) .....	32
IV.1.2. La détermination de la teneur en sel .....	33
IV.1.3. Détermination de point de fusion.....	34
IV.1.4. Détermination de l'indice d'acide.....	34
IV.1.5. Détermination de l'indice de peroxyde .....	35
IV.1.6. Détermination de taux de solides par RMN .....	37
IV.1.7. Détermination du pH de la phase aqueuse par la méthode potentiométrique.....	37
IV.1.8. Détermination de l'indice d'iode .....	38
IV.1.9. Teste d'oxydation accélère ou détermination de la stabilité à l'oxydation ou teste au rancimat.....	39
IV.1.10.Détermination de la teneur en acides gras par CPG.....	40
IV.2. Les normes des analyses physico-chimiques de la margarine .....	42
IV.2.1. Selon les normes de ce vital agro-industrie.....	42
IV.2.2. Normes des taux de solide .....	43
IV.2.3. Indice d'iode .....	43
IV.2.4. Le test d'oxydation accélérée ou Rancimat.....	43
IV.1.2.4. La teneur en acide gras.....	43

IV.3.les analyses microbiologique.....44

Conclusion

Les références bibliographiques

# *Introduction*

Les lipides alimentaires, encore appelées matières grasses, corps gras, huiles, ou graisses, représentent l'une des trois grandes classes de macronutriments de notre alimentation avec les glucides et les protides (*WERNER J. B, ET AL. 2010*).

Ils sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et fournissent une quantité importante d'énergie avec un rapport moyen de 9 Kcal/g de lipides, d'acides gras essentiels et de vitamines liposolubles.

Les aliments les plus riches en lipides sont les huiles, les margarines et les graisses animales (beurre, suif, graisse de mouton). Les lipides sont aussi issus de produits oléagineux (plantes, fruits et graines) qui après broyage produisent des huiles. Ces dernières sont des matières premières et des ingrédients fonctionnels utilisés dans la confiserie, la boulangerie, les crèmes glacées, les sauces et les margarines.

Dans de nombreux aliments les lipides sont présents sous forme de gouttelettes dispersées dans une phase aqueuse. Cet état dispersé favorise l'oxydation des lipides insaturés et conduit à la dégradation des qualités sensorielles et nutritionnelles des aliments. (*GENOT C, 2006*).

L'oxydation des lipides est une cause majeure de dégradation de la margarine lors de sa fabrication et de sa conservation, en conduisant à l'apparition d'odeurs désagréables (*HIMED, 2011*).

La margarine, produit alimentaire à base de corps gras, a été formulée au 19<sup>ème</sup> siècle comme un substitut du beurre, à cause de l'incapacité des classes sociales défavorisées à s'offrir le beurre, d'origine laitière. Bien que la matière première pour la formulation de la margarine originale fût de la graisse animale, une pénurie dans l'approvisionnement en graisse de bœuf combinée avec les progrès de l'hydrogénation des matières végétales a conduit à son remplacement par des huiles végétales hydrogénées.

La margarine : « margaron » en grec ; qui est une émulsion plastique constituée essentiellement de deux phases grasses et aqueuse, 82% de sa composition est représentée par un mélange d'huiles, contient en outre 2% d'additifs hydro et liposolubles.

L'objectif de cette étude est de suivre le processus de fabrication de la margarine ainsi que les analyses physico-chimiques et microbiologiques, pour qu'elle soit de bonne qualité

nutritionnelle et sanitaire, fabriquée par le complexe agroalimentaire Cevital. Vu la crise sanitaire de COVID 19, on n'a pas pu réaliser cet objectif, donc on s'est limité à la synthèse bibliographique.

Ce mémoire se structure en quatre chapitres ; le premier chapitre englobe une étude bibliographique qui synthétise définition et composition des corps gras, types et composition des margarines ainsi que le raffinage des huiles.

Le deuxième chapitre est consacré aux différentes étapes de la fabrication de la margarine.

Dans le troisième chapitre nous présenterons les facteurs provoquant l'altération des lipides

Au quatrième et dernier chapitre nous résumerons les analyses physico-chimiques de la margarine selon les normes de CEVITAL, et quelques résultats de certains auteurs.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale.

*Chapitre I :*  
*Généralités sur les corps*  
*gras, margarines et huiles*



## I. Généralités sur les corps gras

### I.1. Corps gras, Les lipides

On désigne sous le nom de lipides (du grec lipos = gras) la partie grasse des aliments. (*MALEWIAK, ET AL 1992*).

Le terme « lipides » pris dans son sens actuel recouvre des substances appelées communément huiles, graisses, cires, et bien d'autres composants cellulaires plus cachés qui ont tous en commun la caractéristique d'être insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques tels que l'éther, le chloroforme.

Les Lipides répondant à cette définition furent également définis comme des substances naturelles, fossiles ou actuelles, ayant une chaîne carbonée linéaire ou cyclique, d'au moins dix atomes de carbone. Il est certain que les lipides ne peuvent être définis uniquement comme des substances naturelles ayant un haut degré de solubilité dans les solvants organiques (*LERAY C 2010*).

On peut distinguer deux types de lipides dans les aliments, les lipides visibles et les lipides invisibles.

Les lipides visibles sont ceux que l'on voit distinctement comme les huiles dans une vinaigrette, dans une mayonnaise.

Les lipides invisibles font partie intégrante de la composition d'un produit alimentaire.

Les lipides alimentaires ont des propriétés physiques, chimiques et physiologique très variées selon leur source et leur composition (*WERNER J. B, ET AL. 2010*).

### I.2. Les sources et les propriétés des corps gras

Tous les végétaux et les tissus d'origine animale contiennent des lipides sous forme d'huile ou de graisse. La teneur en matière grasse peut varier énormément. Elle peut être très faible comme dans les lentilles (environ 1%) ou très élevée comme dans les noix (jusqu'à 75%).

- Chez les végétaux, les graisses et les huiles se trouvent dans la graine (arachide, beurre de cacao, colza, coton, sésame, soja, tournesol), le noyau (palmiste), l'embryon (blé et maïs) ou le fruit (avocat, palme et olive) (*WERNER J.B, ET AL.2010*). Les huiles ainsi que les graisses concrètes contiennent 100% de lipides. Ce sont pour les huiles des matières grasses fluides car leur point de fusion est bas ce qui témoigne d'une prédominance d'acide gras insaturés, tandis que les graisses concrètes ont un point de fusion élevé et sont donc solides à température ambiante, ce qui témoigne d'une teneur élevée en acide gras saturé. Le

# Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

point de fusion est d'autant plus bas que la teneur en acide gras insaturé est élevée et que le nombre de doubles liaisons est grande.

À l'inverse, il est d'autant plus élevé que le nombre de liaisons saturées est élevé. (*DJOUADI A. 2016*)

- Chez les animaux les graisses sont réparties dans l'ensemble de l'organisme et sont particulièrement concentrées dans les tissus adipeux (**WERNER J.B, ET AL.2010**). Ils sont solides à température ambiante parce qu'elles sont riches en AGS (lard et saindoux, gras de bœuf, suif de mouton, beurre). Leur teneur en lipide est variable, aux alentours de 70 à 95%. Ils se classent en :

- Origine maritime : graisses et huiles de mammifères marins (baleine, cachalot) et de poisson (sardines, hareng....)

- Origine terrestre : graisse de mouton, de bœuf (suif), de cheval, de porc (saindoux), d'oie.

- Corps gras élaborés : beurre. (*DJOUADI A. 2016*)

Les sources les plus importantes de corps gras peuvent être classées en quatre groupes :

- Arbres à fruits oléagineux : avocat, beurre de cacao, coprah, olive, palme/palmiste, sal et beurre de karité.

- Plantes oléagineuses annuelles : arachide, colza, coton, maïs, sésame, soja et tournesol.

- Huiles marines.

- Graisses animales : beurre, graisse de poule, suif (bœuf) et saindoux (porc). (*WERNER J.B, ET AL.2010*).

## I.3. Les acides gras

Plus de 1000 acides gras différents, de sources végétales, animales ou microbiennes ont été identifiés, mais une vingtaine seulement est communément rencontrée dans l'alimentation. (*WERNER J.B, ET AL.2010*).

Les acides gras sont les principaux composés des huiles et des graisses alimentaires ainsi que les graisses de dépôt chez l'homme et chez les animaux. Ils sont constitués exclusivement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène (*BRISSE, 1982*).

Les acides gras (AG) sont des acides carboxyliques (R-COOH) constitués d'une chaîne hydrocarbonée, exemple :

# Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C=O-OOH}$ . (*LERAY C 2010*). caractérisée par:

- Un nombre variable d'atomes de carbone (de 2 à 36), le plus souvent en nombre pair ;
- Un nombre variable de doubles liaisons (de 0 à 6), qui sont le plus souvent de configuration cis (c'est-à-dire avec les 2 groupements méthylène (-CH<sub>2</sub>-) du même côté de la liaison, par opposition aux doubles liaisons de configuration trans, pour lesquelles les groupements -CH<sub>2</sub>- sont des côtés opposés ;
- Eventuellement, mais plus rarement, la présence de groupement tels que des méthyles (-CH<sub>3</sub>, acides gras ramifiés), des hydroxyles (-OH) ou des cyclopropanes (*WERNER J.B, ET AL.2010*).

La structure de la chaîne carbonée qui peut comporter entre les atomes de carbone, soit des liaisons simples, soit des liaisons éthyléniques (double liaisons) permet de les classer en deux groupes: acides gras saturés et acides gras insaturés (*MALEWIAK, ET AL 1992*).

## I.3.1. Les propriétés des acides gras

Le point de fusion et la température de solidification des AG dépendent en effet de la longueur de la chaîne, du nombre d'insaturation et de la configuration des doubles liaisons.

Les graisse animales et certaines graisse végétales sont plus saturées (c'est-à-dire riches en AG saturés), les graisse sont donc solides à température ambiante.

Les propriétés de cristallisation d'une huile, qui vont dépendre de l'organisation moléculaire de ses constituants, sont également affectées par le degré d'insaturation et la configuration des doubles liaisons. (*WERNER J.B, ET AL.2010*).

## I.4. Les triacylglycérols (TAG) ou les triglycérides

Quantitativement, les triglycérides sont de loin les plus importants constituants de nos corps gras alimentaires. (*MALEWIAK, ET AL 1992*).

Les corps gras alimentaires ne contiennent pratiquement pas d'acides gras à l'état libre. Ils s'y trouvent sous forme de glycérides qui sont constitués d'une molécule de glycérol et de trois molécules d'acide gras. Le glycérol est formé d'une chaîne de trois atomes de carbone comportant chacun un groupement hydroxyle (-OH). Ces groupement hydroxyles entrent en réaction avec le groupement carboxyle (-COOH) des acides gras pour former des esters. On obtient alors des molécules de triglycéride dont le schéma apparait à la figure 1 (*BRISSEON, 1982*).

# Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

En général, les AG saturés sont majoritairement estérifiés en position « a » tandis que les AG insaturés occupent la position « à ».

Le point de fusion des TAG est lié au point de fusion des AG qui le composent et de la position de l'acide gras sur le TAG. Les TAG constitués à chaîne courtes ou insaturées ont un point de fusion plus bas que ceux constitués d'AG saturés à chaîne longues. Les TAG symétriques ont un point de fusion plus élevé comparé à celui des mêmes TAG asymétriques. (WERNER J. B, ET AL. 2010).

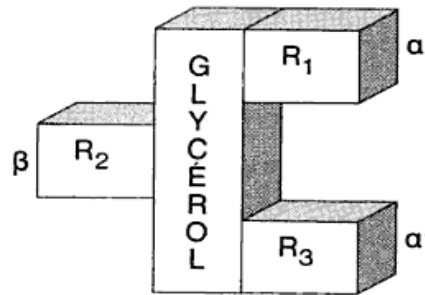
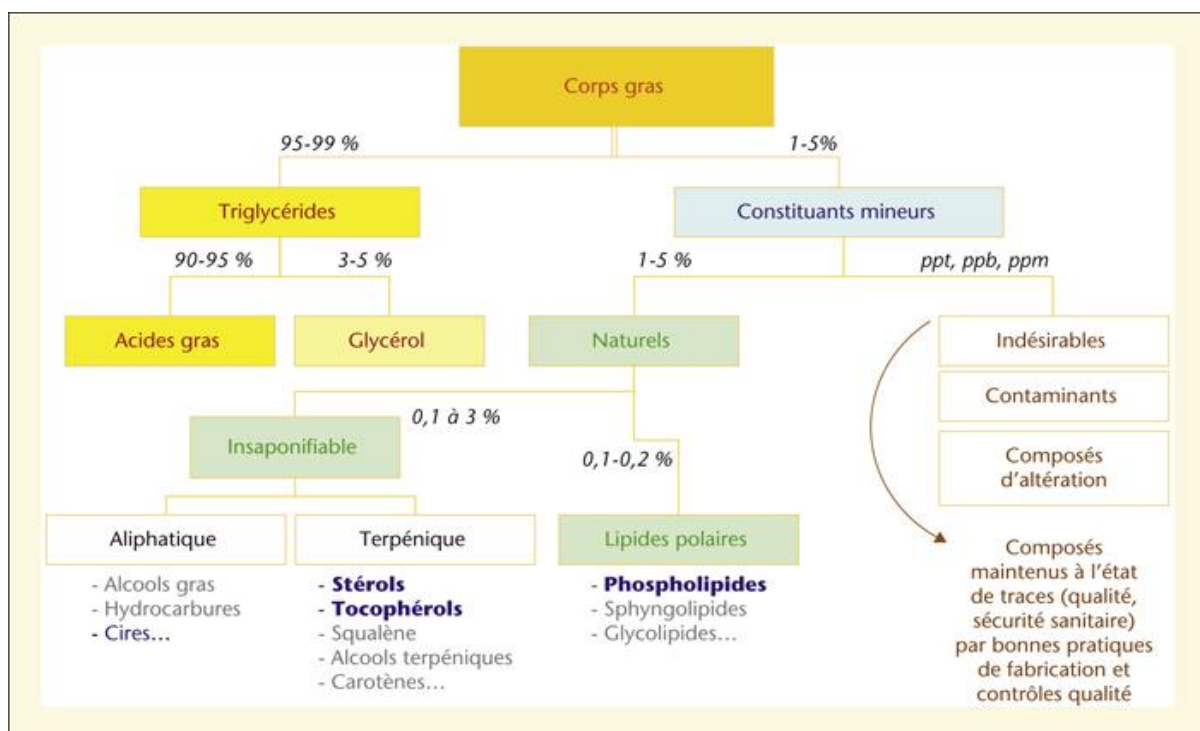


Figure I.1 : schéma d'un triglycéride. (BRISSEON, 1982).

## I.5. La composition des corps gras

La composition des corps gras se présente comme illustré dans la figure suivante :



**Figure I.2** : présente la composition des corps gras. (*MORIN O, PAGES-XATART-PARES X. (2012)*).

## II. Généralités sur la margarine

### II.1. Historique de la margarine

La margarine a été introduite aux États-Unis en 1874, après son invention en France par le chimiste français Hippolyte Mège-Mouries en 1869, en réponse à un concours initié par le gouvernement français sous Napoléon III pour un substitut moins cher que le beurre (*BROWN L C, 1956 ET ERIC F, 1997*).

Ce sont des commerçants hollandais qui ont développé cette nouvelle matière grasse alimentaire permettant ainsi le développement d'une grande industrie.

Cette industrie propose aujourd'hui une gamme très diversifiée de produits grâce aux développements de la recherche, aux évolutions technologiques, à la prise en compte des recommandations nutritionnelles et de la réglementation, tout en intégrant les attentes des consommateurs et la réalité de consommation.

Sur le plan réglementaire, les margarines comme les beurres font partie des matières grasses tartinables, définies essentiellement par leur teneur en matière grasse et par leur propriété rhéologique, à savoir une consistance solide à 20 °C et leur tartinabilité à côté des dispositions communes à cette catégorie de produit. (*BEATRICE DE RAYNAL, ET MULTON J-L, 2009*).

- **La margarine est une émulsion**

Une émulsion est une dispersion de deux liquides non miscibles entre eux (en général l'huile et l'eau). L'un étant divisé en petites gouttelettes sphérique (0,5 à 50µm de diamètre) dans l'autre appelé phase continue. La surface de contact entre les deux liquides à l'interface a importance prépondérante dans la stabilité physique de ces systèmes. Les émulsions sont classées en fonction de la localisation respective de l'huile et de l'eau : une émulsion huile-dans-eau (H/E) désigné une dispersion de gouttelettes d'huile dans une phase aqueuse, et une émulsion eau-dans-huile (E/H) un système constitué de gouttelettes d'eau dispersées dans l'huile (*VALERIE L ET AL, 2010*).

Les émulsions ne peuvent être formées à partir de l'huile ou d'un blend d'huiles et de phases aqueuses que par l'application d'une certaine énergie (*CHIKHOUNE A.2011*).

# Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

Une émulsion peut être formée par homogénéisation d'une phase huileuse et d'une phase aqueuse en l'absence d'émulsifiant. Toutefois, les deux phases se séparent alors rapidement. Ceci indique qu'une émulsion est un système thermodynamiquement instable. Ainsi ce système n'existe que si on apporte suffisamment d'énergie mécanique pour disperser une phase dans l'autre, et, une fois formé, il va évoluer vers la séparation des phases. Les gouttelettes fusionnent entre elle après collision jusqu'à la séparation complète des deux phases. Le système présentant alors une couche d'eau (plus forte densité) surmontée d'une couche d'huile (plus faible densité). Les forces impliquées dans ce phénomène sont essentiellement dues à la tension interfaciale importante qui se crée entre les deux liquides non miscibles (*VALERIE L ET AL, 2010*).

## II.3. Définition

La margarine est une émulsion de type eau dans huile W/O qui comprend deux phases essentielles.

- Une phase continue : phase grasse.
- Une phase dispersée : phase aqueuse.

Elle contient aussi des additifs (lécithine, monoglycérides, sel, colorant, antioxydants, conservateurs, vitamines) repartis en deux phases : la phase grasse et la phase aqueuse.

La définition complète de la margarine est donc celle d'un système polydispersé de corps gras à l'état solide et à l'état liquide, d'eau et/ou lait, d'ingrédients et quelquefois de bulle de gaz (*KARLESKIND A, 1992*).

## II.4. Les différentes catégories de margarines présentes sur le marché

### II.4.1. Les margarines à destination de professionnels

Elles sont incorporées dans les produits alimentaires élaborés comme les produits de boulangerie-pâtisserie, viennoiseries, gâteaux, biscuits, etc.

### II.4.2. Les margarines de tables à destination du consommateur

Les margarines au sens réglementaire du terme, c'est-à-dire avec au moins 80% de matière grasse, sont très peu présentes sur le marché.

#### II.4.2.1. Les margarines traditionnelles

# Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

Ces margarines présentent dans leur phase grasse une proportion d'huile concrète plus importante que pour les margarines allégées. Leur taux d'AGS est plus élevé, il joue un rôle dans la texture et permet une présentation en plaquette ou en barquette. Elles peuvent être utilisées dans les produits faits maison de boulangerie-pâtisserie, viennoiseries, gâteaux, biscuits, etc.

## II.4.2.2. Les margarine allégées

Les margarines allégées répondent à la dénomination réglementaire de matières grasses tartinables. Elles présentent une très grande diversité de composition nutritionnelle dans la mesure où il s'agit de produits formulés pour des usages et des intérêts nutritionnels parfois très spécifiques. Parmi ces margarines allégées, on distingue les margarines dites « santé », où un soin particulier est apporté dans l'équilibre, les margarines riches en acides gras insaturés grâce aux huiles végétales entrant dans leur composition, et les margarines enrichies en stérol végétaux dont le mode d'action particulier conduit à une baisse plus importante du taux cholestérol, ces margarines sont destinées aux personnes ayant un taux de cholestérol très élevé (*MORGANE S, 2010*).

## II.5. Composition de la margarine

En général, toutes les margarines ont une composition globale identique :

- 80 % à 82% de lipides, appelé phase grasse.
- 16% à 18% d'eau et/ou lait, constituant la phase aqueuse.
- 2% d'additifs, obligatoires ou facultatifs. (*DJOUAB A .2007*).

## II.6. Les facteurs d'altération de la margarine

Les facteurs d'altération de la margarine peuvent être d'ordre physique ou chimique et surtout bactériologique.

La margarine, étant formée d'un pourcentage élevé de matière grasse, est sensiblement exposée à l'oxydation. Cette dernière est l'origine de l'odeur de rance, elle est liée à :

- La lumière : en particulier les rayons UV qui exercent une action catalytique ;
- La température élevée et la durée de stockage ;
- La présence des germes lipolytiques ;
- Le taux d'insaturation que contient la phase grasse
- L'exposition de la margarine à l'oxygène atmosphérique.

# Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

L'altération physique est due à la modification de la consistance de la margarine. Elle est due à son tour au phénomène de cristallisation. La formation de ces cristaux entraîne la réduction de la phase liquide par rapport à la phase solide et conduit en général à la perte de la texture, de la flaveur et l'apparence recherchée (*HIMED L. 2011*).

## III. Généralité sur les huiles

### III. 1. Historique

Jusqu'à une époque relativement récente, les huiles et les graisses comestibles étaient extraites sur place par des opérations mécaniques avec ou sans apport d'humidité ou de chaleur extérieure, et elles étaient utilisées telles quelles, c'est-à-dire non raffinées. Cette pratique reste très largement répandue dans de nombreux pays et, sauf altérations provoquées par la libération d'acides gras libres ou le rancissement, tous les éléments nutritifs naturels sont conservés dans le produit. Les principales huiles végétales traditionnellement consommées dans de nombreux pays après purification, mais sans raffinage, sont les huiles d'arachide, de coprah, de colza, de moutarde, de palme, d'olive et de sésame. Les graisses et les huiles d'origine animale comprennent le suif, le lard et les huiles extraites de mammifères ou de poisson marins.

Depuis cinquante ans, les graisses et les huiles végétales sont également obtenues par des procédés d'expression mécanique plus efficaces et par extraction ou solvant. En outre, elles sont soumises à des techniques destinées à les rendre aussi douces et incolores que possible. (*FAO ET OMS, 1981*).

### III. 2. Définitions

#### 1. Une huile

Signifie à des corps gras liquides à température de 15°C, très inflammables, soluble dans l'alcool et l'éther, et insoluble ou très peu soluble dans l'eau. Ils sont d'origine animale, végétale, minérale et synthétique (*UZZAN A, F. G. LEVRAULT, (1821), 1821 ET MICHEL C, 2014*).

#### 2. Les huiles végétales :

les huiles sont renfermées dans les tissus végétaux sous forme de gouttelettes, c'est plus particulièrement dans les semences qu'elles s'emmagent. Comme caractères généraux, les



## Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

huiles végétales ont une saveur douce, et une odeur légère se développant à la chaleur. Elles sont insolubles dans l'eau et leur couleur est jaune tirant plus ou moins sur le vert ou sur le brun. Les huiles végétales sont essentiellement constituées de triglycérides, eux même constitués d'acides gras et de glycérol. Elles contiennent également des composés dites « mineurs » du fait de leur faible présence quantitative (*ROLAND M, 1886 ET CAHUZAC P, 2010*).

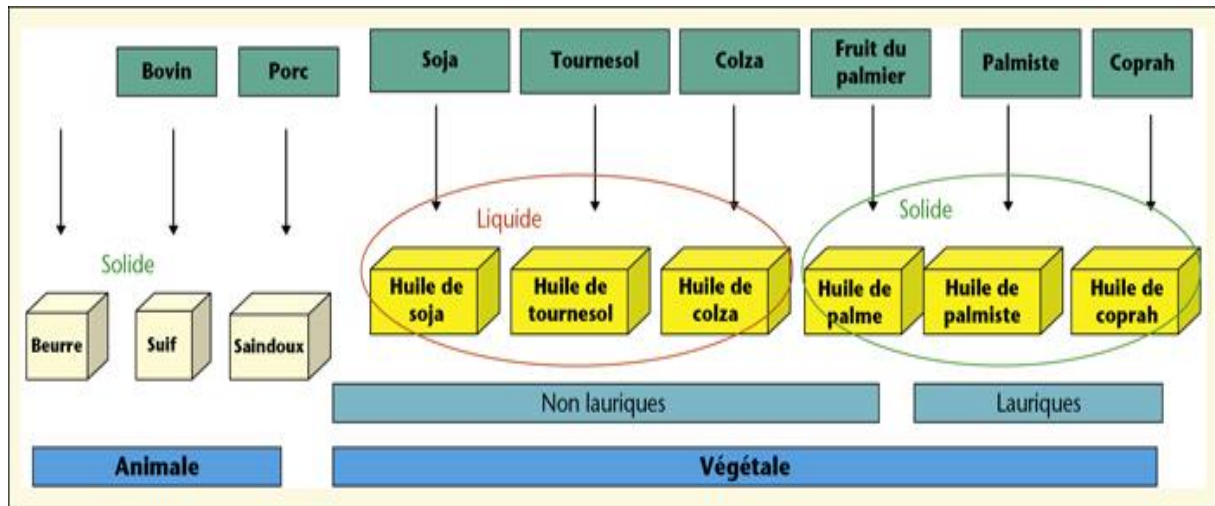
### III. 3. La désignation de quelques huiles de consommation humaine

❖ **Les huiles végétales comestibles** : sont des denrées alimentaires qui se composent essentiellement de glycérides d'acides gras exclusivement d'origine végétale. Elles peuvent contenir en faible quantité d'autres lipides comme les phospholipides, des constituants insaponifiables et les acides gras libres naturellement présents dans la graisse ou l'huile.

❖ **Les huiles vierges** : sont obtenues exclusivement au moyen des procédés mécaniques, notamment des traitements thermiques. Elles peuvent être purifiées uniquement par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation. (*CODEX ALIMENTARIUS, 1993*)

❖ **Les huiles pressées à froid** : sont des huiles végétales comestibles obtenues sans modification de l'huile, exclusivement par des procédés mécaniques, sans utilisation de procédés thermiques. Elles ne peuvent être purifiées que par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation (*MICHEL C, 2014*).

### III. 4. Les différentes huiles et graisses utilisées pour la formation de la margarine



**Figure I.3** : les différentes huiles et graisses utilisées pour la formulation de margarine.  
(*LAVENTURIER M, 2013*)

## III. 5. Le raffinage des huiles et les traitements de modification

### III.5.1. Le raffinage des huiles

Les huiles de pression et les huiles d'extraction sont généralement désignées sous le terme général « huiles brutes ». La plupart des huiles brutes doivent être débarrassées des impuretés qu'elles renferment afin d'améliorer leur conservation, leur goût, leur aspect et leur digestibilité. Le but de raffinage est de préserver les substances nobles comme les antioxydants ou certaines propriétés techniques et d'éliminer les éléments mineurs indésirables qui peuvent être :

- Des constituants mineurs de l'huile, tel que les cires, les produits d'oxydation, les PL, les pigments, les AGL, etc.

- Des contaminants, tels que des traces de métaux ou de solvant, des pesticides etc.

Plusieurs procédés peuvent être utilisés pour le traitement de raffinage. Les procédés les plus couramment utilisés en usines sont le raffinage chimique et le raffinage physique.

Lors de procédé de raffinage physique la neutralisation se fait par la vapeur d'eau, sous vide poussé (2 à 3 mbar, mais inférieur à 5 mbar) à une température supérieure à 235°C, de façon à faciliter distillation des AG. La qualité de l'huile traitée par raffinage physique dépend essentiellement de l'efficacité des étapes de dégomme et de décoloration et du vide pendant la désodorisation.

Le raffinage chimique est un traitement très efficace au cours duquel un grand nombre de substances indésirables sont éliminées ou réduites. Le raffinage chimique est un procédé

# Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

particulièrement adapté au traitement des huiles riches en AG polyinsaturés, sensibles à l'oxydation et à la dégradation thermique. Ce procédé présente deux inconvénients majeurs :

- La perte d'une quantité non négligeable d'huile.
- Le coût de traitement et d'évacuation (quantités importantes d'eaux usées très polluantes). (*WERNER J.B, ET AL.2010*).

## III.5.2. Les opérations de raffinage

Les huiles brutes peuvent contenir de l'eau, des acides gras libres, des lécithines, des résines, des pigments (carotènes, chlorophylle), des stérols, des cires, des substances odorantes et sapides et d'éventuels contaminants externes (pesticides) (*BRUNETON J, 2009*).

Le raffinage comporte successivement :

### III.5.2.1. Démucilagination (dégommage)

Elle a pour but d'éliminer les lécithines, les protéines et autres constituants qui existent dans l'huile sous la forme d'une dispersion colloïdale. En pratique, on procède à une hydratation à chaud de l'huile : les colloïdes forment un gel dense qui se sépare de l'huile, plus légère. Le gel est éliminé et l'huile déshydratée sous vide. Dans la plupart des cas, ce traitement est remplacé par une injection d'acide phosphorique dans l'huile chauffée : les phospholipides précipiteront lors de la neutralisation par l'hydroxyde de sodium (*BRUNETON J, 2009*).

### III.5.2.2. Neutralisation à la soude

Les acides gras libres, toujours présents dans l'huile brute, sont neutralisés par l'hydroxyde de sodium dilué. Le savon qui se forme (soapstock = pâte de neutralisation) entraîne par adsorption une partie des impuretés: colorants, phénol, stérol, cérides, traces métalliques et produits d'oxydation divers. Le savon est séparé par centrifugation et l'hydroxyde de sodium en excès éliminé par lavage à l'eau chaud.

### III.5.2.3. Décoloration

Les huiles ont toujours une couleur très foncée par exemple, l'huile de palme est rouge foncée, l'huile de colza ou l'huile de soja, si elles extraites de fèves vertes, sont vert foncée. Ces couleurs ne sont pas acceptables pour la plupart des applications (*WERNER J.B, ET AL.2010*). Son principe est par le passage sur terres adsorbantes ou sur charbon actif. L'agent décolorant est éliminé par filtration (*BRUNETON J, 2009*).

### III.5.2.4. Décirage

Les huiles de tournesol, de maïs, de pépins de raisin, de carthame, d'arachide, de grignon d'olive et du son de riz contiennent des cires ou des TAG à haut point de fusion, qui deviennent insolubles dans l'huile à basse température, provoquant la formation d'un trouble ou d'un dépôt. Cette fraction est éliminée par un procédé appelé décirage ou wintérisation. Il consiste à laisser décanter les cristaux des cires pendant le stockage hivernal, l'élimination des cires s'effectue toujours en trois étapes : le refroidissement de l'huile, croissance des cristaux de cires et de TAG, élimination de la fraction solide par filtration.

### III.5.2.5. Désodorisation

La désodorisation constitue la dernière étape du raffinage. L'opération de désodorisation est une distillation sous vide poussé (<5 mbar) à haute température (180-265°C) avec injection de vapeur sèche dans l'huile. La désodorisation a pour rôle d'éliminer les AGL, certains pesticides et contaminants de l'environnement ainsi que les composés odorants par entraînement à la vapeur (*WERNER J.B, ET AL.2010*).

### III.5.3. Les traitements de modification

Du fait de leur structure glycéridique, les huiles et graisses présentent des caractéristiques de fusion spécifiques : ainsi, certaines huiles sont naturellement liquides à la température ambiante telle que les huiles de tournesol, de colza, de soja... – d'autres semi-solides comme l'huile de palme, et d'autres enfin, sont totalement solides (huile de coprah). Leur utilisation dans des produits alimentaires (margarines, pâtes à tartiner, plats cuisinés, produits divers), peut nécessiter une « adaptation » de ces caractéristiques rhéologiques. Trois opérations, réglementairement autorisées dans le domaine alimentaire, permettent à l'industriel de confectionner, par transformation, des matières grasses définies pouvant entrer dans la formulation de ces produits. (*PAGES-XATART-PARES X. 2012*).

Ces traitements sont :

- L'interestérisation ;
- L'hydrogénation ;
- Le fractionnement.

#### III.5.3.1. L'interestérisation

## Chapitre I : Généralités sur les corps gras, margarine et huiles

---

Est un procédé physico-chimique qui correspond à la modification de la structure glycéridique des corps gras par réarrangement moléculaire des AG sur le glycérol. Elle a pour but de modifier le comportement à la fusion d'une huile ou d'une graisse sans modifier la composition des AG. L'interestérisation, permettant une meilleure maîtrise de la qualité à la fois fonctionnelle et nutritionnelle des matières grasses, est de nouveau utilisée pour des applications alimentaires.

### **III.5.3. 2. L'hydrogénation**

Est un procédé chimique de transformation des corps gras qui agit sur les AG insaturés des TAG. L'hydrogénation permet de durcir un corps gras par saturation des chaînes insaturées d'AG qui le composent. Outre des caractéristiques de fusion modifiées, le corps gras hydrogéné présente une meilleure résistance à l'oxydation, ce qui permet notamment de limiter le rancissement.

### **III.5.3.3. Le fractionnement**

Contrairement aux deux autres techniques, est un procédé réversible et purement physique. Il consiste à séparer ou fractionner les TAG (les constituants des huiles et des graisses) en fonction de leur point de fusion ou de leur solubilité. Deux nouveaux corps gras aux propriétés bien distinctes de produit d'origine, sont ainsi produits. (*WERNER J.B, ET AL.2010*).

*Chapitre II :*  
*La technologie de la*  
*margarine*

## **II.1.la fabrication de la margarine**

### **II.1.1. Matières premières utilisées**

Les matières premières pour la fabrication des margarines comprennent

- graisses et huiles alimentaires,
- l'eau potable et/ou le lait ;
- les additifs et auxiliaires de fabrication. (*KONE S, 2001*).

#### **II.1.1.1. Matières grasses**

Ce sont des denrées alimentaires composées de glycérides d'acides gras. Elles englobent les graisses et les huiles comestibles d'origine végétales, animale ou marine et les matières grasses qui ont été soumises à des procédés de modification physique ou chimiques, y compris le raffinage, le fractionnement, l'interestérisation ou l'hydrogénation (*J O R A, 2019*).

#### **II.1.1.2. Eau**

L'eau rentrant dans la fabrication de la margarine doit présenter les qualités d'une bonne eau potable, donc être hygiéniquement propre, neutre de goût et d'odorat. Elle ne devrait pas non plus contenir des sels de fer ou de manganèse, agent favorisant l'oxydation. Enfin le pH devrait être aux environs de 6. (*KONE S, 2001*).

#### **II.1.1.3. Lait**

Le lait est à la fois une solution, une suspension et une émulsion. Les sels minéraux et le lactose sont en solution, les matières azotées en suspension et les matières grasses en émulsion. On utilise généralement le lait écrémé, le lait reconstitué, ou un mélange de ces deux derniers. Avant utilisation le lait doit subir une fermentation pour produire le diacétyle suivi d'une pasteurisation. (*DJOUAB A, 2007*).

#### **II.1.1. 4. Les additifs et auxiliaires de fabrication**

Les additifs et agents auxiliaires de la fabrication de la margarine comprennent les additifs liposolubles telles que : les émulsifiants, les colorants, les vitamines, les arômes, et les additifs hydrosolubles tels que : le sel, les produits conservateurs et les régulateurs de pH. (*KONE S, 2001. ET, DJOUAB A, 2007*).

### II.1. 1.4.1. Les additifs liposolubles

#### a)- Emulsifiants

L'eau et les corps gras n'étant pas naturellement miscibles, on recourt à des auxiliaires spéciaux appelés émulsifiants. Ils ont un caractère hydrophile et lipophile qui les rend très adaptés aux émulsions de type eau dans l'huile (W/O). Ils vont permettre une bonne dispersion de la phase aqueuse, et maintenir le mélange homogène de deux ou plusieurs phases non miscibles. On margarinerie on se sert des dérivés de lécithine et de monoglycérides d'acides gras comme émulsifiants. Les quantités à utiliser varient de 0,05 à 1,5% du poids de la fraction grasse (*KONE S, 2001. ET BEATRICE DE RAYNAL, ET MULTON J-L. 2009*).

#### b)- Colorants

La couleur de la margarine doit être assez voisine de celle du beurre. Une coloration jaune-orange de carotène est bien appréciée chez la margarine. On peut faire recours à l'huile rouge de palme (environ 5% de la fraction grasse) à cette fin. (*DJOUAB A, 2007. ET KONE S, 2001*).

#### c)- Les vitamines

L'ajout de vitamines permet aussi de rehausser les propriétés diététiques de la margarine. A cette fin on utilise surtout les vitamines liposolubles telles que la vitamine A incorporée dans une proportion de 25 unités internationales (U.I.) par gramme de produit fini et la vitamine D2 à raison de 1 U.I. par gramme de produit fini. La teneur des huiles végétales en vitamines E est en générale suffisante (*KONE S, 2001*).

#### d)- Les arômes

Les margarines sont aromatisées par des arômes de synthèse (par exemple, le diacétyle ou 2, 3-butanedione, l'un des nombreux composants de l'arôme de beurre), ou par des préparations plus complexes (« cocktail » d'arôme) conforme aux dispositions réglementaires relatives à ces substances. L'administration autorise dorénavant l'emploi de la dénomination « arôme beurre » ou « arôme naturel beurre » dans le cas des arômes extraits d'acides gras de beurre (*BEATRICE DE RAYNAL, ET MULTON J-L. 2009*).



### **II.1.1. 4.2. Les additifs hydrosolubles**

#### **a)- Le sel**

Le sel est, en premier lieu, ajouté pour améliorer la sapidité, mais il peut jouer un rôle protecteur, bactériostatique. Les teneurs peuvent varier de 0,1 à 1 et même 2 %. Le sel utilisé doit être de qualité alimentaire, pratiquement anhydre, avec absence de sels de magnésium, de fer et d'ions  $SO_2$  qui accélère l'oxydation des sels. En solution dans l'eau, il doit donner une saumure limpide et claire. (*HIMED L, 2011*).

#### **b)- Les conservateurs**

Ce sont les substances qui prolongent la durée de conservation des denrées alimentaires, en les protégeant des altérations dues aux microorganismes. L'acide sorbique et ses sels de potassium et de calcium sont utilisés dans la margarine avec des doses maximales différentes selon la teneur en matière grasse (*BEATRICE DE RAYNAL, ET MULTON J-L. 2009*).

#### **c)- Les correcteurs de Ph**

Pour une bonne conservation du produit final, le Ph de celui-ci doit être maintenu dans une fourchette entre 4 et 5,5. Pour ce faire on se sert d'acide citrique ou lactique et de sels de leurs sels de sodium, de potassium ou de calcium.

Le jus de citron, préalablement bien filtré peut aussi être utilisé à la place de l'acide citrique. En effet, en raison de sa teneur en acide citrique et en vitamine C (*KONE S, 2001*).

#### **d)- Les antioxydants**

Ils interviennent contre les processus d'oxydation et empêchent la formation des produits indésirables (rancissements) (*BEATRICE DE RAYNAL, ET MULTON J-L. 2009*).

#### **e)- Les révélateurs**

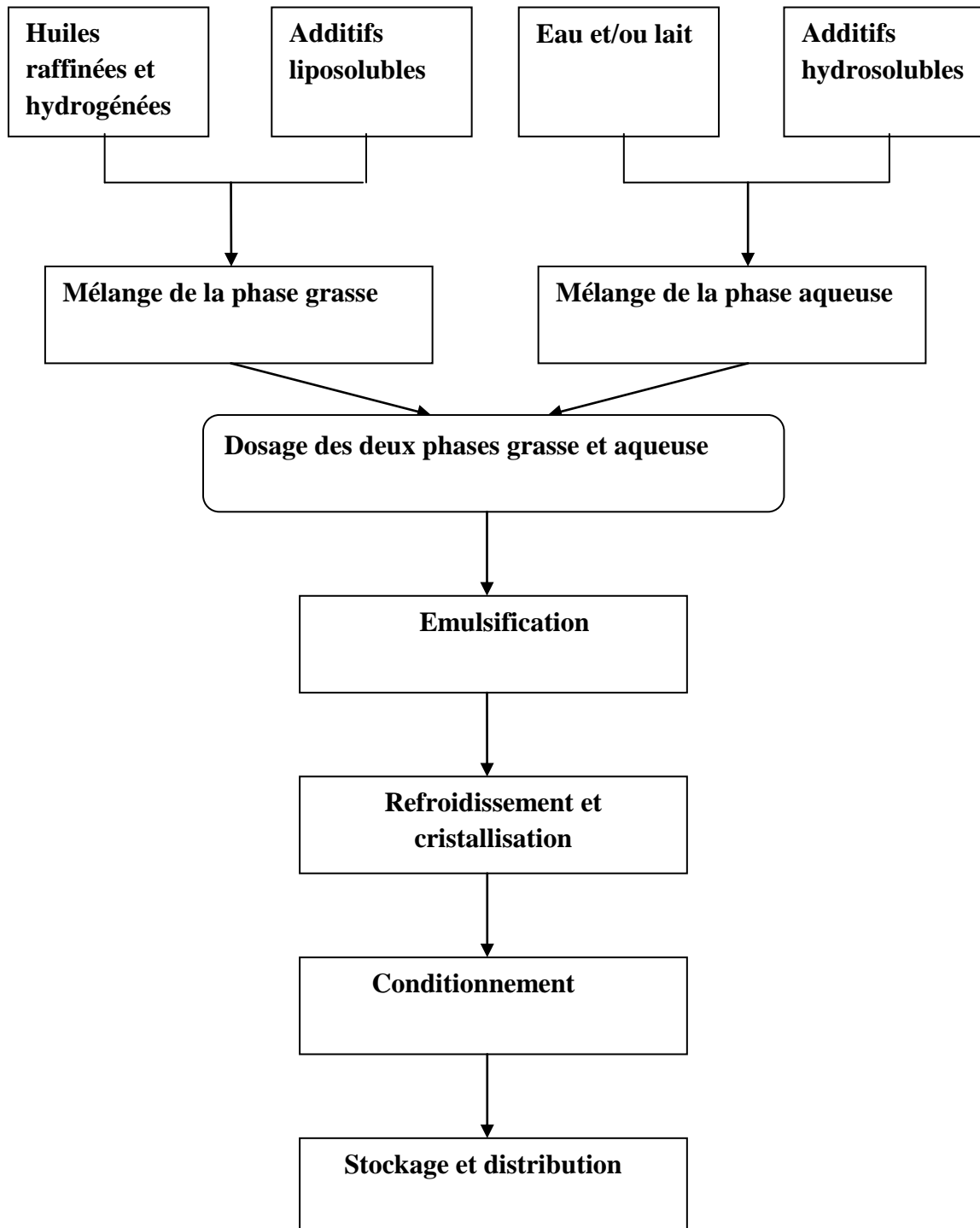
L'amidon en tant que révélateur à une dose de 0,2 % permet de différencier la margarine du beurre, quoiqu'il existe actuellement d'autres moyens de les distinguer.

#### **f)-Le sucre**

Le sucre augmente les qualités organoleptiques, et donne la douceur aux margarines, et est utilisé dans les margarines de tables à raison de 0,2 à 0,3 %. (*DJOUAB A, 2007*).

## II.2. Les étapes de fabrication de la margarine

La fabrication de la margarine comprend plusieurs étapes (figure II.1):



**Figure II.1 :** Principales étapes de la fabrication de la margarine (KARLESKIND. A, 1992)

**a)- La préparation de la phase grasse**

La phase huileuse comprend généralement des huiles raffinées, modifiées, et d'autres ingrédients y compris les vitamines A et D, les arômes de beurre synthétiques et naturels, les colorants ( par exemple le  $\beta$ -carotène), et de petites quantités de conservateurs pour assurer un attrait visuel, une texture douce et une fraîcheur. Et comme l'eau et l'huile ne sont pas miscibles des émulsifiants tels que lécithine de soja sont ajoutés pour garder le mélange stable. (*AOF, 2006*).

**b)-La préparation de la phase aqueuse**

Préparation de la phase aqueuse avec de l'eau et/ou des coproduits de l'industrie laitière (lait écrémé, lactosérum en poudre, babeurre), auxquels peuvent être incorporés des ingrédients protéiques, du sel, des arômes (*MORGANE S, 2010*).

La solution de sel doit être préparée séparément dans une portion de la quantité d'eau nécessaire à la fabrication (*KONE S, 2001*).

**c)-La préparation de l'émulsion**

La formation de l'émulsion se fait en deux étapes :

- Pendant la première étape de préémulsion, la phase grasse complète, chauffée à environ 50 – 60 °C, et la phase aqueuse (sans la solution de sel) sont additionnées et remuées continuellement pendant 3 à 4 minutes ;
- Pour la formation de l'émulsion fine à la seconde étape, il faut recourir à un malaxage vigoureux, réduisant la taille des gouttelettes de l'émulsion (*KONE S, 2001*).

**d)-Refroidissement et cristallisation**

L'émulsion passe par une étape de pasteurisation à fin de tuer les microbes (gérmes). Pour ce faire il faut chauffer l'émulsion à 85°C, et ensuite la refroidir (*AOF, 2006*).

L'industrie de la margarine utilise actuellement principalement des appareils de refroidissement type « échangeur à surface raclée ». Dans ces appareils, le mélange à cristalliser circule dans un certain nombre de tube (de 2 à 6 généralement) refroidis par un liquide réfrigérant.

A l'intérieur de ces tubes, des couteaux racleurs permettent d'homogénéiser le refroidissement et soumettent aussi le mélange à une forte agitation. Entre les tubes, des volumes de repos pourront être disposés pour obtenir le niveau de cristallisation souhaité en

permettant d'avoir des zones favorisant la nucléation et le développement des cristaux (*LAVENTURIER M, 2013*).

### e)-Le malaxage

Afin d'obtenir la consistance voulue et une meilleure homogénéité ; qui au mieux, doit se faire avec des équipements performants, est un processus au cours duquel une réduction de la taille des particules ainsi que leur fine dispersion sont assurées. Le résultat final étant une amélioration de la stabilité du produit (*MORGANE S, 2010. ET KONE S, 2001*).

### f)-Le conditionnement

Conditionnement en barquettes ou en plaques (*MORGANE S, 2010*).

### j)-Stockage et distribution

La margarine conditionnée et placée dans des chambres froides à 5°C, puis livrée à l'entrepôt frigorifique d'une chaîne de supermarchés et généralement atteint le consommateur en quelques semaines après la production (*AOF, 2006*).

D'après (*KARLESKIND ET WOLFF, 1992*) on distingue les processus de fabrication suivants :

- Les procédés semi-continus ou procédés à tambour (la cristallisation se réalise sur un tambour refroidisseur dans une installation dite de **TAMBOUR-COMPECTOR** de Gerstemberg et Agger A/S, émulsification, cristallisation et malaxage sont réalisés en continu tandis que le conditionnement est une opération séparée);
  - Les procédés à refroidissement tubulaire et surface raclée :
  - **1. Procédé VOTATOR:** (au départ conçu pour les préparations de crèmes glacées, les étapes successives d'émulsification, cristallisation et malaxage ont lieu dans un même appareil constitué d'une série de tubes refroidisseurs et cristallisateurs placés en série);
  - **2. Procédé PERFECTOR:** (principalement conçu pour le refroidissement d'émulsions de margarines, conçu comme le système VOTATOR sur le principe de refroidissement à surface grattée, mais diffère dans son architecture) (*CHIKHOUNE A.2011*).

*Chapitre III :*  
*Altération des lipides*

### III.1. Généralités

Les lipides sont présents dans toutes les matières premières animales et végétales. Ils ont dans tous les aliments des fonctions nutritionnelles, sensorielles et technologiques. D'un point de vue nutritionnel, les lipides ont longtemps été considéré essentiellement par rapport à leur apport énergétique important. Pour prévenir les principales pathologies liées aux habitudes alimentaires (maladies cardio-vasculaires, diabète, obésité, cancers), la part recommandée des lipides dans l'apport énergétique chez l'adulte est aujourd'hui de 35 à 40 %. Cette fourchette permet d'une part d'assurer la couverture des besoins en acides gras polyinsaturés (AGPI) non synthétisables par l'homme – c'est-à-dire indispensables pour la croissance et les fonctions physiologiques – et d'autre part de prendre en compte la prévention de certaines pathologies. Les lipides sont également des vecteurs de vitamines liposolubles (A, D, E, K), de stéroïdes (cholestérol, phytostéroïdes) et de caroténoïdes. D'un point de vue technologique et sensoriel, les lipides participent à la structure des aliments, à leurs caractéristiques sensorielles (onctuosité, crémeux...) et à leur conservation microbiologique. (*ROMANO, 2012*).

## II.2. Altération des lipides

### II.2.1. L'hydrolyse

Le phénomène d'hydrolyse est la rupture d'une ou deux des trois liaisons esters des triglycérides par voie chimique sous l'effet de la chaleur en milieu humide ou enzymatique sous l'effet de l'action du lipase, cette hydrolyse conduit à la formation des acides gras libres, préjudiciables à la qualité du corps gras.

Inconvénient des acides gras libre tient au fait qu'ils s'oxydent plus que les triglycérides, mais aussi que ces acides gras ont un goût désagréable de savon. (*JEAN-LOUIS C, ET STEPHANE G, 1992*).

### II.2.2. Les réactions d'isomérisation

À des températures élevées (au-dessus de 200°C), les doubles liaisons des acides gras peuvent s'isomériser en formant le plus souvent des systèmes conjugués. Les doubles liaisons qui ont migré prennent alors la configuration trans, thermodynamiquement plus stable que la forme cis initiale. De telles réactions sont très communes lors des étapes de désodorisation des huiles au cours du raffinage. Aujourd'hui la désodorisation est en général effectuée à des

températures plus basses de manière à ce que le taux d'acide gras trans soit inférieur à 1% (*POKORNY, 2003*).

### II.2.3. Les réaction de polymérisation et de cyclisation

La polymérisation est rapide et peut commencer dès 160°C, la perte de proton par les acides polyinsaturés conduit à des radicaux libre peuvent se dimériser. Les dimères cycliques sont dangereux pour la santé humaine. L'huile très insaturée se polymérise très facilement. La polymérisation est un critère pertinent pour suivre la détérioration des huiles de friture et peut être inhibé par des antioxygènes, notamment les tocophérols (*POKORNY, 2003*).

### II.2.4. L'oxydation

Compte tenu de l'ensemble de ces propriétés, les acides gras, et notamment les acides gras insaturés sont des composants dans de nombreuses formulations alimentaires. Toutefois, ces acides gras insaturés sont sensibles à l'oxydation. L'oxydation des lipides est, en effet, l'une des causes principales de détérioration des aliments pendant leur stockage ou leur cuisson. Elle affecte les huiles et graisses en l'état, les lipides constitutifs des aliments, altère les composants liposolubles tels que certaines vitamines et pigments et conduit également à des détériorations des constituants non lipidique (*ROMAN O, 2012*).

Le rancissement oxydatif des acides gras est un phénomène chimique, spontané, évolutif, irréversible et altératif. Il peut entraîner deux conséquences majeures :

- La dégradation des qualités nutritionnelles, sensorielles et physiques des aliments.
- Le développement de plusieurs pathologies, telles que des désordres intestinaux chroniques, l'artériosclérose, l'athérogenèse, les maladies neurodégénératives et divers types de cancer, si les produits issus de l'oxydation sont consommés pendant longtemps. (*DRIDI W, 2016*).

La réaction d'oxydation est une réaction de type radicalaire : rappelons qu'un radical libre est une espèce chimique qui possède un électron non apparié dit « célibataire », ce qui en fait un intermédiaire réactionnel instable à courte durée de vie, qui se stabilise en arrachant un électron à une autre espèce chimique, qui se trouve alors elle-même déstabilisée puisque porteuse d'un électron non apparié. Ceci permet de comprendre le caractère auto-catalytique de la réaction d'oxydation. (*JUDDE A, 2004*).

L'oxydation des lipides, ou rancissement oxydatif des acides gras, est classiquement décomposée en trois étapes principales, initiation, propagation et terminaison, généralement décrites comme étant successives. L'oxydation lipidique peut être, selon le milieu et les initiateurs mis en jeu, le résultat de plusieurs voies réactionnelles :

- L'auto-oxydation, initiée par la température, les ions métalliques, ou les radicaux libres correspondants à des lipides déjà oxydés.
- La photo-oxydation, initiée par la lumière UV en présence de photo-sensibilisateurs.
- L'oxydation enzymatique, catalysée par la lipoxygénase et la cyclooxygénase (*DRIDI W, 2016*).

#### II.2.4.1. Auto-oxydation

L'auto oxydation est due à l'action d'oxygène sur les doubles liaisons. La réaction est auto-catalytique et nécessite des quantités infimes d'oxygène pour se déclencher et se poursuivre. Les premiers corps formés sont des hydro-péroxydes qui, en une réaction en chaîne, donnent à leur tour des molécules plus complexe qui évoluent jusqu'à des acides, aldéhydes, cétones et alcools à chaîne courte volatils, responsables de la flaveur rance des corps gras oxydés. L'auto-oxydation est accélérée par la lumière, la température et des métaux (*UZZAN A, 1992*).

##### a) Initiation

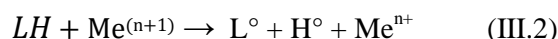
L'initiation du phénomène d'oxydation correspond à la formation des radicaux lipidiques libres. Le processus d'initiation mis en jeu dans les systèmes sujets à l'oxydation n'est pas toujours bien identifié et fréquemment, dans les schémas de réactions, il est représenté par le symbole « X » ou « ? ». Plusieurs voies d'initiation du phénomène d'oxydation sont aujourd'hui connues ; initiation primaire et initiation secondaire (*ROMAN O, 2012*).

L'initiation primaire de l'oxydation correspond à la formation de radicaux lipidiques libres par rupture homolytique d'un atome d'hydrogène adjacent à une double liaison allylique ou bis allylique. L'initiation peut s'effectuer par action directe sur l'acide gras insaturé. Dans ce cas, le lipide LH perd un atome d'hydrogène pour former un radical libre  $L^\circ$ . Cette réaction se fait en présence d'un initiateur de l'oxydation (*DRIDI W, 2016*).

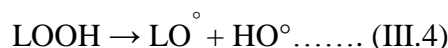
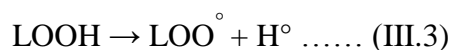




Le départ de l'hydrogène est également facilité par la présence d'ions métalliques. (*ROMAN O, 2012*).



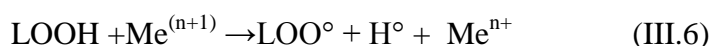
L'initiation secondaire des radicaux libres correspond à l'initiation de la chaîne radicalaire à partir des molécules d'hydro-péroxydes initialement présentes dans le système. Les hydro-péroxydes sont des composés instables qui, à haute température, se décomposent, par scission homolytique, en deux types de radicaux libres : les radicaux peroxydes ( $LOO^\circ$ ) (III.3) et les radicaux alkoxydes ( $LO^\circ$ ) (III.4). Ceux-ci peuvent à leur tour propager l'oxydation ou subir des réarrangements (rupture, cyclisation, polymérisation).



Un mécanisme bimoléculaire est également possible lorsque la concentration en hydro-péroxydes est très élevée (réaction 3).



La scission des hydro-péroxydes peut être catalysée par des métaux comme le fer et le cuivre, capables d'intervenir sous leurs différentes formes.



Si on considère la présence systématique des peroxydes dans les milieux lipidiques naturels, on pourrait en conclure que la décomposition des hydro-péroxydes est la principale source d'initiation de l'oxydation des lipides. (*ROMAN O, 2012*).

### b)- Propagation

Le radical alkyle  $L^\circ$  formé après l'initiation entre rapidement en réaction avec du dioxygène ( $O_2$ ), et forme un radical peroxyde  $LOO^\circ$ . Ce dernier va réagir avec un AGPI voisin ( $L'H$ ) en lui arrachant un atome d'hydrogène, entraînant la formation d'un hydro-péroxyde  $LOOH$  et d'un nouveau radical alkyle  $L'^\circ$ .



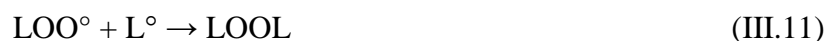


Il s'agit donc d'une phase d'amplification, au cours de laquelle le  $\text{L}^\circ$  formé dans la phase d'initiation va générer un cycle de formation d'autres radicaux  $\text{L}^\circ$  en réagissant avec les AGPI adjacents, le tout alimenté par l' $\text{O}_2$ . Ainsi, il est généralement admis qu'un radical  $\text{L}^\circ$  peut entraîner la formation d'une centaine d'hydro-péroxydes.

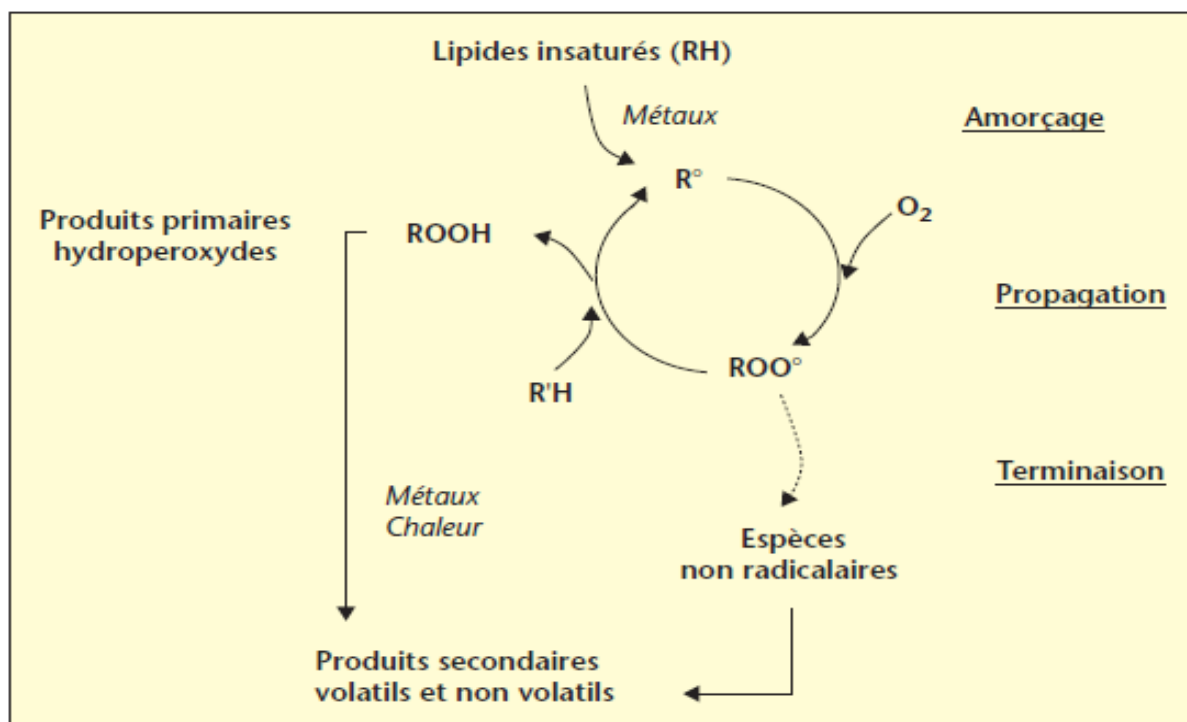
Les hydro-péroxydes (LOOH) formés durant cette phase étant instables, ils sont convertis en d'autres radicaux (alkoxyde  $\text{LO}^\circ$ , peroxyde  $\text{LOO}^\circ$ ) ou en composés provenant de leur scission (alcane, aldéhyde). Cette conversion est catalysée par la présence de métaux de transitions divalents (fer, cuivre) libres ou appartenant à des structures hémiques (hème, cytochrome). (*KELLER J, 2016*).

### c)- Terminaison

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



Les hydro-péroxydes peuvent également se décomposer par scission homolytique de la liaison O-O pour former un radical alcoyl et un radical hydroxyle. Le radical alcoyl réagit avec d'autres substrats et propage la réaction en chaîne. Il peut également subir une scission carbone-carbone de part et d'autre du radical pour former un radical alkyl et un radical vinyle. Le radical alkyl peut réagir avec un hydrogène, un radical hydroxyle ou une molécule d'oxygène générant ainsi des hydrocarbures, des alcools et d'autres hydro-péroxydes. Le radical vinyle peut réagir avec un radical hydroxyle, un radical hydrogène ou l'oxygène moléculaire pour générer des aldéhydes et des hydrocarbures. (*EYMARD S, 2003*).



**Figure III.1** : représentation schématique des mécanismes réactionnels de l'auto-oxydation des lipides (*GENOT C, 2006*).

**Remarque** : RH = LH = Lipides insaturés.

#### II.2.4.2. La photo-oxydation

Comme évoqué pour l'auto-oxydation, la photo-oxydation qui est une oxydation induite en grande partie par la présence de la lumière et de photo-sensibilisateurs tels que les hémoprotéines, la chlorophylle ou la riboflavine, est aussi une voie importante de production d'hydro-peroxydes en présence d'oxygène. Pour ce qui est du mécanisme, les photo-sensibilisateurs (Sens) absorberaient l'énergie lumineuse afin d'atteindre un état de triplet excité ( $Sens^3$ ). Ces photo-sensibilisateurs interviennent dans l'oxydation des lipides selon deux types de mécanismes.

- Le premier type de mécanisme est induit par des photo-sensibilisateurs (type I), tels que la riboflavine, qui agit 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 :



- Selon le second mécanisme, les molécules photosensibles de type II, telles que la chlorophylle et l'érythrosine, réagissent dans leur état excité (Sens<sup>3</sup>) avec l'oxygène triplet auquel elles transfèrent leur énergie pour donner de l'oxygène singulet (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>) :



L'oxygène singulet ainsi formé est très électrophile et peut réagir directement sur un acide gras insaturé (LH) formant ainsi un hydro-péroxyde (LOOH) :



Les réactions radicalaires interviennent en chaîne par la suite de cette auto-oxydation. Les hydro-péroxydes ainsi formés sont différents de ceux formés par auto oxydation. (*IBOURAHMA C, ET AL, 2010*).

### II.2.4.3. L'oxydation enzymatique

Après l'auto-oxydation et la photo-oxydation, un troisième type d'oxydation a lieu au niveau des lipides issus généralement des plantes. Cette oxydation est initiée par des enzymes, d'où le phénomène d'oxydation des acides gras insaturés d'origine enzymatique. Les deux enzymes principalement impliquées sont la lipoxygénase et la cyclooxygénase. La lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydro-péroxydes. Elle agit spécifiquement sur les acides gras non estérifiés. Son activité est donc souvent couplée avec celle des lipases et des phospholipases. La cyclooxygénase est une lipoxygénase qui incorpore deux molécules d'oxygène au niveau d'un acide gras insaturé pour former des hydro-péroxydes spécifiques. L'oxydation enzymatique se produit même à basse température. Durant le stockage, à l'état congelé, l'activité enzymatique est ralentie.

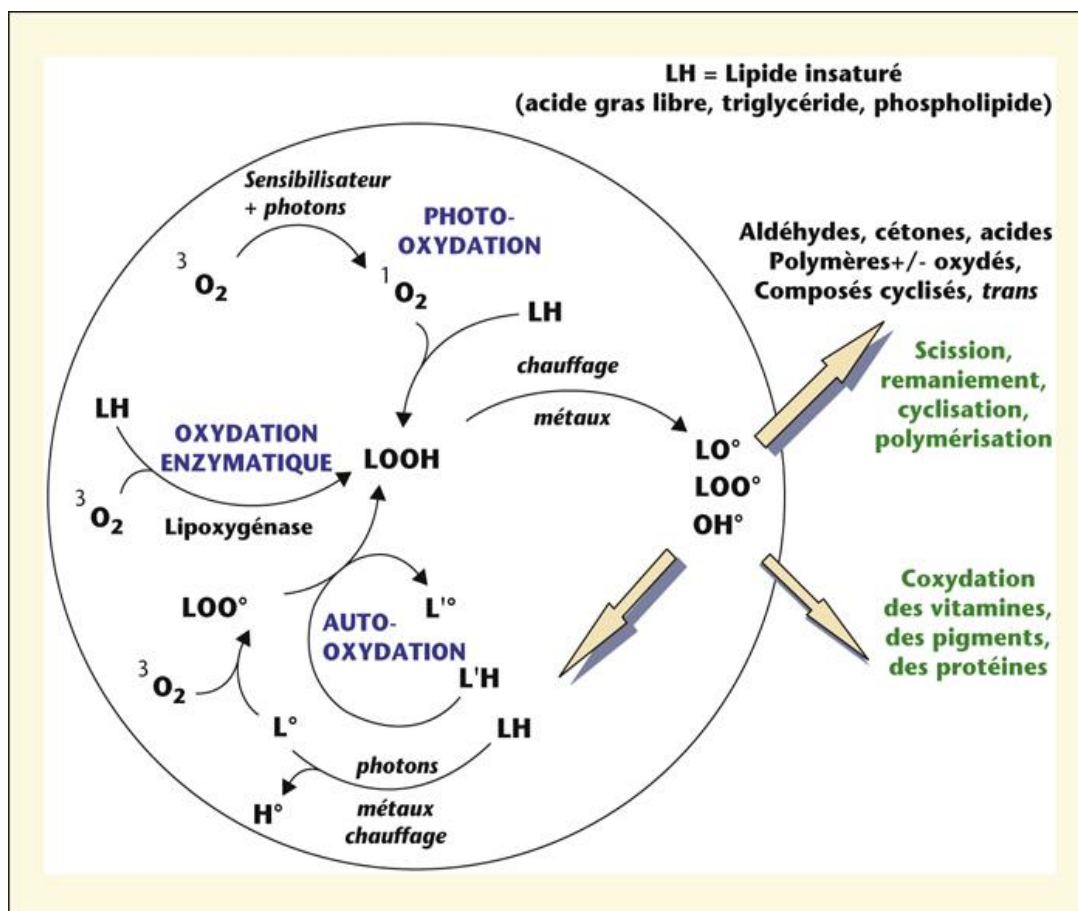
À - 40 °C, l'oxydation enzymatique des lipides est complètement arrêtée. Cependant, dès la décongélation amorcée et des températures de 0 °C à 4 °C atteintes, cette activité reprend et s'accroît (*IBOURAHMA C, ET AL, 2010*).

L'oxydation enzymatique se déroule en trois étapes consécutives :

- La première étape de la catalyse consiste en l'abstraction stéréospécifique par l'enzyme d'un des deux atomes d'hydrogène du groupe méthylène central dans le système 1,4 (Z-Z) pentadiénique. C'est l'étape limitante de la catalyse, le radical allylique obtenu étant

plus réactif que l'acide gras polyinsaturé de départ. Cette réaction conduit à la formation d'un radical organique dont les électrons sont délocalisés sur tout le système pentadiénique.

- Dans une seconde étape, le radical allylique formé lors de la première étape subit une isomérisation (n+2) ou (n-2) selon la région du substrat accessible à l'atome de fer du site catalytique de l'enzyme.
- Au cours de la dernière étape, l'oxygène moléculaire vient se fixer sur le radical pentadiénique. Pour former un radical hydro-peroxyde (*DRIDI W, 2016*).



**Figure III.2 :** schéma des réactions d'oxydation des lipides (*CUVELIER M-E, ET MAILLARD M-N, 2012*).

### II.3. Les facteurs initient l'oxydation des lipides

- **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  $\text{Sn}^{2+}$ , ne peuvent pas catalyser l'oxydation. L'initiation de l'oxydation lipidique par les métaux peut se faire par transfert d'électrons ou par formation de complexes de transition ou de complexes avec le peroxyde d'hydrogène qui catalysent l'auto-oxydation et la décomposition des hydroperoxydes par des réactions de type rédox. Les ions métalliques peuvent provoquer la formation d'espèces radicalaires.

Les métaux sont des catalyseurs efficaces de l'oxydation même à l'état de traces. Ils peuvent exister naturellement dans les matrices alimentaires mais aussi provenir du matériel utilisé pendant la fabrication (si on n'utilise pas un matériel inoxydable) et le stockage des produits alimentaires (si le stockage ne se fait pas à l'abri de la lumière et à température contrôlée). .  
(*DRIDI W, 2016*).

- **L'oxygène**

L'oxygène moléculaire est, dans son état fondamental, à l'état triplet. Il ne peut réagir directement avec les lipides car la barrière de spin est trop élevée. La réaction de l'oxygène avec les acides gras insaturés est rendue possible par trois types de mécanismes. Le premier correspond aux voies de l'auto-oxydation qui résultent du départ d'un hydrogène d'une chaîne d'acide gras sous l'influence de différents initiateurs comme les ions des métaux de transition, et les formes activées de l'oxygène comme le radical hydroxyle. Le radical hydroxyle est très réactif, il peut arracher un hydrogène et former ainsi un radical alkyle qui va initier la peroxydation lipidique. Le second mécanisme est la formation d'oxygène singulet capable de réagir directement avec les chaînes grasses. C'est ce qui se produit généralement lors de la photo-oxydation. La troisième est liée à l'intervention d'enzymes permettant une fixation directe de l'oxygène moléculaire (*EYMARD S, 2003*).

- **La pression partielle en oxygène**

La concentration en oxygène (pression partielle en oxygène) 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 décomposition des peroxydes. Son incidence touche donc à la fois la durée de conservation du produit et la nature des odeurs perçues quand le produit est oxydé. La relation entre vitesse d'oxydation et pression partielle en oxygène dépend de facteurs comme l' $a_w$ , la température, la nature des catalyseurs. Quand la concentration en oxygène est suffisamment élevée, la vitesse d'oxydation (ou peroxydation) est indépendante de cette concentration. Inversement, quand la concentration en oxygène est

faible, la vitesse d'oxydation est indépendante de la concentration en substrat et directement proportionnelle à la concentration en oxygène. Pour les concentrations intermédiaires, la vitesse d'oxydation dépend à la fois des concentrations en oxygène et en substrat (*GUZUN T, 2010*).

- **L'activité de l'eau**

L'activité de l'eau d'un système influence les réactions d'oxydation des lipides. En effet, l'eau permet la mobilisation des substances pro-oxydantes ou anti-oxydantes. En général, une activité d'eau ( $a_w$ ) comprise entre 0,2 et 0,3 correspond aux vitesses d'oxydation les plus faibles. Ces valeurs correspondent à la formation d'une couche mono-moléculaire d'eau autour des constituants. Par contre, une activité de l'eau ( $a_w$ ) comprise entre 0,6 et 0,8 correspond aux vitesses d'oxydation les plus grandes. L'oxydation des lipides génère des hydro-péroxydes. (*IBOURAHMA C, ET AL, 2010*).

- **La température**

L'augmentation de la température accélère les phénomènes d'oxydation particulièrement au cours des opérations de battage de la matière grasse, mais l'oxydation est susceptible de se produire même au cours du stockage en froid négatif. En effet, il faut descendre jusqu'à  $-35$  °C pour ralentir significativement la cinétique d'oxydation (*DELACHARLIERIES, ET AL 2008*).

- **Le pH**

L'influence du pH dans le déroulement de l'oxydation se manifeste par le biais de plusieurs mécanismes. Premièrement, pour les réactions d'oxydoréductions faisant intervenir des protons ( $H^+$ ), le potentiel redox décroît linéairement avec le pH. Un pH acide favorise donc la réaction d'oxydation, en particulier quand les espèces pro-oxydantes (ions des métaux de transition) ou anti-oxydantes (acide ascorbique, BHT et BHA) solubles en phases aqueuse sont présentes. (*IBOURAHMA C, ET AL, 2010*).

- **La lumière**

Les rayons ultra-violettes accélèrent fortement l'oxydation des lipides (photo-oxydation).

Les emballages opaques aux UV constituent un moyen de lutte efficace (*DELACHARLIERIES, ET AL 2008*).

*Chapitre IV :*  
*Les analyses effectuées sur*  
*la margarine*



**IV.1. Les analyses physico-chimiques****IV.1.1. La détermination de la teneur en eau (humidité)****a) Définition : (ISO 662 :2016).**

La teneur en eau est la perte de masse subie par le produit après chauffage à  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , dans les conditions de la présente méthode et exprimée en pourcentage en masse.

**b) Principe : (J O R A, 2012)**

Chauffage d'une prise d'essai à  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  jusqu'à l'élimination complète de l'eau et de matières volatiles et détermination de la perte de masse.

**c) Mode opératoire : (NE 1. 2-47,1985)**

- Peser le bécher vide (P1) et le poids de la prise d'essai (P2)
- Déposer sur une plaque chauffante, en agitant soigneusement de temps à autre afin d'éviter la formation des gouttelettes d'eau aux parois du bécher (générer ainsi le phénomène d'éclaboussures)
- Laisser refroidir dans un dessiccateur
- Peser le bécher contenant l'échantillon, soit un poids (P2)
- Laisser refroidir dans un dessiccateur.

**d) Expression des résultats : (J O R A, 2012).**

La teneur en eau et en matières volatiles, exprimée en pourcentage en masse, est égale à :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{(m1 + m2)}{(m1 - m0)} * 100$$

Où :

Humidité(%) : humidité exprimée en pourcentage massique

$m_0$  : Poids du bécher vide en gramme (g)

$m_1$  : Poids de la prise d'essai en gramme (g)

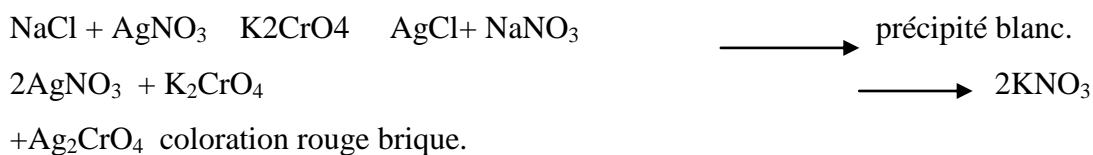
$m_2$  : Poids du bécher contenant l'échantillon après chauffage (g).

**IV.1.2. La détermination de la teneur en sel****a) Définition (NE.1.2.429.1989)**

C'est la quantité centésimale des sels présents dans l'échantillon de margarine (ou la phase aqueuse) sous forme de chlorure.

**b) Principe (J O R A, 2012 ET NE.1.2.429.1989).**

Après avoir fait fondre la margarine par l'adjonction d'eau bouillante, on titre les chlorures du mélange avec une solution titrée de nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium comme indicateur selon la méthode de Mohr :

**c) Mode opératoire (NE.1.2.429.1989).**

- Peser 5g de l'échantillon dans un Erlenmeyer
- Ajouter 100ml d'eau distillée préalablement chauffée
- Agiter l'eau distillée chauffée et la margarine puis laisser refroidir
- Ajouter quelques gouttes de chromates de potassium
- Titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'au virage de la couleur (obtention d'une couleur rouge brique).

**d) Expression des résultats (J O R A, 2012).**

Le taux de sel (ou la teneur en sel) est calculée de la manière suivante :

$$\text{TS}(\%) = \frac{5,85(v_1 - v_0) \cdot N}{m_0}$$

Où :

Ts : taux ou teneur en sel exprimée en %.

v0: Est le volume, en millilitres, de la solution de nitrate d'argent utilisée pour l'essai à blanc.

v1 : Est le volume, en millilitres, de la solution de nitrate d'argent utilisée pour la prise d'essai.

N : est la normalité de la solution de nitrate d'argent.

m0 : Est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

**IV.1.3. Détermination de point de fusion (NE. 1. 2. 91, 1988)****a) Définition**

Le point de fusion est la température à laquelle une matière grasse solidifiée dans un tube capillaire se ramollit jusqu'au point où elle remonte dans le tube.

**b) Principe**

Il est basé sur le passage de la matière grasse de l'état solide à l'état liquide sous l'effet de la chaleur, à une certaine température (maximum 37°C).

**c) Mode opératoire**

- Après avoir fait fondre une quantité de margarine, on obtient un blend qui est filtré puis introduit dans deux tubes capillaires en verre sur une hauteur de 1 cm, les refroidir au réfrigérateur (8 à 10 min)
- Fixer les deux capillaires à une pince en bois
- La pince est suspendue sur les côtés du bécher et les deux capillaires sont immergés dans l'eau osmosée, ensuite le milieu est chauffé lentement (0.5°C/min) dans un bain marie
- Observer attentivement et noter la température à laquelle les colonnes d'huile commencent à remonter dans les tubes.

**d) Expression des résultats**

La température notée correspond au point de fusion de la margarine (huile) exprimée en °C.

**IV.1.4. Détermination de l'indice d'acide****a) Définition (ISO 660 :2009)**

Nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides gras libres présents dans un gramme (1 g) de corps gras. L'indice d'acide est exprimé en milligramme par gramme.

- **L'acidité**

L'acidité est exprimée en pourcentage en masse si le résultat reporté de la détermination indique simplement «l'acidité» sans autres pression. Cela signifie par conservation, l'acidité basée sur la teneur en acide oléique.

**b) Principe (J O R A, 2012)**

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants, puis titrage des acides gras libres présents à l'aide d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium.

**c) Mode opératoire (NE.1.2.97, 1988).**

On prend 75 ml d'alcool on rajoute quelques gouttes de phénolphtaléine et on titre avec la solution de NaOH, jusqu'à obtention de la couleur rose, afin de neutraliser l'alcool pour ne pas influencer l'acidité de l'échantillon. Ensuite, on pèse 10g de margarine dans l'alcool (préparation1) et on pose la solution sur une plaque chauffante. Au final on titre avec NaOH.

**d) Expression des résultats (J O R A, 2012)**

L'acidité exprimée en pourcentage en masse est égale à :

$$V * C \frac{M}{1000} + \frac{100}{m} = \frac{V * C * M}{10 * m}$$

Où :

V: est le volume, en millilitres, de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée ;

C : est la concentration exacte en moles par litre, de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisé ;

M : est la masse molaire, en grammes par mole, de l'acide adopté pour l'expression du résultat.

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

### **IV.1.5. Détermination de l'indice de peroxyde**

**a) Définition (ISO 3960 :2007)**

L'indice de peroxyde est la quantité de substance de l'échantillon, exprimé en termes d'oxydation actif qui oxyde l'iodure de potassium dans les conditions spécifiée dans la présente norme internationale.

L'indice de peroxyde est également exprimé en milliéquivalent (még) d'oxygène actif par kilogramme d'huile, mais il peut également être exprimé (en unité SI) en milli mole (mmol),

d'oxygène actif par kilogramme d'huile. La valeur en mmol d'oxygène actif par kg représente la moitié de la valeur exprimée en méq d'oxygène actif par kg. L'indice de peroxyde (méq d'oxygène actif par kilogramme) multiplié par la masse équivalente d'oxygène (égale à 8) est égal à la quantité d'oxygène actif exprimée en milligramme par kilogramme d'huile.

**a) principe (J O R A, 2011).**

Dissoudre l'échantillon d'essai dans de l'isooctane et de l'acide acétique glacial, puis ajouter l'iodure de potassium.

Déterminer visuellement l'iode libéré par les peroxydes, à l'aide d'un indicateur à l'amidon et d'une solution étalon de thiosulfate de sodium. Déterminer visuellement la fin du titrage.

**b) Mode opératoire (NE. 1. 2. 98, 1988).**

Peser 5g d'huile à 0.01g près dans un Erlenmeyer, ajouter 12ml de chloroforme et 18ml d'acide acétique puis incorporer à cette solution 1ml d'iodure de potassium (KI). Agiter la solution et mettre à l'abri de la lumière pendant une minute puis ajouter 75ml d'eau distillée et agiter vigoureusement en présence d'empois d'amidon. Titrer avec le thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).

**c) Expression des résultats (J O R A, 2011).**

L'indice de peroxyde (IP) en méq d'oxygène actif par kilogramme est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$IP = \frac{(V - V_0) * C_{\text{thio}} * C_{\text{stand}} * 1000}{m}$$

Où :

V : est le volume de la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,01N utilisé pour la détermination, en millilitres ;

V<sub>0</sub> : est le volume de la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,01N utilisé pour l'essai à blanc, en millilitres ;

C<sub>stand</sub> : est la concentration exacte de la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,01 N, déterminée selon 7.2, en moles par litre.

C<sub>thio</sub> : est la concentration approximative de la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,01 N, en moles par litre (= 0,01) ;

m : est la masse de la prise d'essai, en grammes.

#### **IV.1.6. Détermination de taux de solides par RMN (ISO: 8292 T60-250, 1995)**

La teneur en solide est la mesure de la quantité de graisse à l'état solide dans une graisse à une certaine température, déterminée par spectromètre de résonance magnétique nucléaire (RMN) pulsée à basse résolution.

La méthode indirecte consiste à faire remplir, à une hauteur d'environ de 3cm les tubes d'échantillons de margarine fondue, qui seront par suite incubés pendant des durées variables à différentes températures (15 min à 100°C), (5 min à 60°C), (60 min à 0°C), (30 min à 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 °C) en faisant la lecture à chaque température. Les résultats sont donnés par le logiciel de l'appareil en pourcentage de solides (Figure IV.1).



**Figure IV.1** : Spectromètre de résonance magnétique nucléaire RMN.

#### **IV.1.7. Détermination du pH de la phase aqueuse par la méthode potentiométrique (NE. 1. 2.430, 1989)**

##### **a) Définition**

Le pH de la phase aqueuse de la margarine est la différence de potentiel, à la température de mesure, entre deux électrodes immergées dans la phase aqueuse de la margarine, et exprimé en unité du pH.

##### **b) Principe**

Mesure de la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence dans la phase aqueuse séparée de la margarine fondue.

### c) Mode opératoire

- Etalonner le pH mètre par l'eau distillée à pH =7.
- Introduire les électrodes dans la phase aqueuse à la température de mesure.
- Lorsque la lecture devient constante, lire la valeur du pH indiqué par le pH mètre à 0.01 Unités de pH près, sur l'échelle de l'instrument.

## IV.1.8. Détermination de l'indice d'iode

### a) Définition (ISO 3961 : 2018)

La masse d'halogène, exprimée sous forme d'iode, absorbée par la prise d'essai selon le mode opératoire spécifié, divisé par la masse de la prise d'essai. Il est exprimé en gramme pour 100 g de corps gras.

### b) Principe (J O R A, 2013).

Addition à une prise d'essai d'une solution de monochlorure d'iode dans un mélange formé d'acide acétique et de tétrachlorure de carbone. Après un temps donné de réaction, réduction de l'excès de monochlorure d'iode par addition d'une solution d'iodure de potassium et d'eau et titrage de l'iode libéré par une solution titrée de thiosulfate de sodium.

### c) Mode opératoire (CHIKHOUNE A, 2011)

- Disposer du solvant tétrachlorures de carbone  $\text{CCl}_4$  et du réactif Wijs
- Prendre une quantité d'échantillon dans un ballon
- Rajouter le solvant (25ml) et le réactif Wijs (20ml) ensemble
- Boucher le ballon, bien mélanger et laisser à l'obscurité pendant 30min
- Après 30min, rajouter 3g de KI qu'on a fait dissoudre dans 20ml d'eau distillée et bien mélanger le tout
- Rajouter quelques gouttes d'une solution d'amidon
- Titrer au thiosulfate de sodium à 0.1N

### d) Expression des résultats (J O R A, 2013).

L'indice d'iode est égal à :

$$I \text{ iode} = \frac{12,69T1 (V3 - V4)}{m}$$

Où :

**T1** : est la normalité exacte de la solution de thiosulfate de sodium utilisée ;

**V3** : est le volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour essai à blanc ;

**V4** : est le volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour la détermination ;

**m** : est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

### **IV.1 9. Teste d'oxydation accéléré ou détermination de la stabilité à**

#### **l'oxydation ou teste au rancimât (METHODE N°6886.ISO.2006)**

##### **a) Le principe**

Le principe de ce test est le passage d'un courant d'air purifié à travers l'échantillon porté à une température spécifiée. Les gaz dégagés au cours du processus d'oxydation sont entraînés par l'air dans une fiole contenant de l'eau déminéralisée ou distillée dans laquelle est immergée une électrode de mesure de la conductivité. L'électrode est connectée à un dispositif de mesure et d'enregistrement. La fin de la période d'induction est indiquée lorsque la conductivité se met à augmenter rapidement. Cette augmentation accélérée est provoquée par l'accumulation d'acides gras volatils produits au cours de l'oxydation.

La méthode du test Rancimat est donc une détermination conductimétrique des produits de la dissociation des acides gras volatils (essentiellement l'acide formique et l'acide acétique) pendant l'oxydation.

La spécification de test au Rancimat correspond au temps pendant lequel la matière grasse a résisté à un stress oxydatif. Ce test est très utilisé dans les cahiers de charges pour évaluer la stabilité oxydative des matières grasses. Il est possible d'établir des corrélations assez satisfaisantes avec la rancidité sensorielle. Cette méthode permet de suivre simultanément le cours de l'oxydation et de mesurer l'indice d'oxydation de l'huile traitée.

L'oxygène absorbé est mesuré par des méthodes volumétriques ou électrochimiques

L'ISO 6886 (2006) définit la période d'induction et la stabilité à l'oxydation comme suit :

a) La période d'induction : c'est le temps écoulé entre le début de mesure et le moment où la formation de produits d'oxydation commence à augmenter rapidement.

b) La stabilité à l'oxydation : c'est une période d'induction, exprimée en heure.



**b) Mode opératoire**

- Fixer la pompe à membrane pour gaz et régler le débit à 10 l/h exactement. Puis arrêter à nouveau la pompe.
- Amener le bloc chauffant à la température voulue (100°C en général) à l'aide du thyristor et du thermomètre à contact. La température doit être maintenue constante à  $\pm 0,01$  °C près pendant la durée de l'essai.
- Remplir les cellules de mesure de 50 ml d'eau distillée ou déminéralisée à l'aide d'une pipette de mesure.
- Vérifier les électrodes et régler leurs signaux à l'aide du potentiomètre d'étalonnage de façon à ce qu'elles soient sur l'axe zéro du papier de l'enregistreur.
- A l'aide d'une pipette peser, à 0,01g près, 3,00g de l'échantillon et les introduire dans le flacon d'oxydation à l'air.
- Mettre en marche la pompe à membrane pour gaz et régler à nouveau le débit sur 10 l/h exactement. Relier le tube d'arrivée et le tube de sortie d'air aux flacons d'oxydation à l'air et aux cellules de mesure à l'aide des tubes de raccordement.
- Introduire le flacon d'oxydation à l'air muni de son bouchon hermétique dans le trou percé à cet effet dans le bloc chauffant ou dans le bain chauffant, qui doivent être tous deux à la température requise.
- Arrêter les mesures au moment où le signal a atteint 100% de l'échelle de l'enregistreur

**c) Expression des résultats**

L'appareil utilisé permet un calcul automatique de la période d'induction, en utilisant le maximum de la seconde dérivée de la courbe. La stabilité à l'oxydation est exprimée en heure.

**IV.1.10. Détermination de la teneur en acides gras par CPG (NF EN ISO 5508, 2000)****a) Le principe**

La chromatographie directe des corps gras n'est pas toujours possible en raison de leurs températures d'ébullition trop élevées et leurs instabilités thermiques.

Généralement les acides gras sont analysés après désactivation sous forme ester. Cette transformation chimique permet d'abaisser leurs points d'ébullition et obtenir ainsi des dérivés thermostables. Les méthodes d'estérification sont nombreuses. Le choix s'effectuera en fonction des acides gras à analyser : présence d'acides gras libres, d'acides gras à chaîne

courte, d'acides gras à fonction alcools ou acides. Le flux d'hydrogène, entraîne la migration des acides gras méthyle à travers la colonne chromatographique. L'hexane, n'ayant pas d'affinité pour la phase stationnaire, migre plus rapidement tandis que les acides gras méthyles migrent plus tardivement, en fonction de leur temps de rétention. Les acides gras sont identifiés grâce à l'utilisation de standards.

### **b) Modes opératoire**

#### **c) Méthylation des acides gras**

Deux étapes successives d'extraction lipidique sont réalisées par séparation des phases à l'aide d'hexane. La phase contenant l'hexane est ensuite évaporée sous azote et l'extrait lipidique sec contenant les esters méthyliques est remis en suspension dans l'hexane à la concentration adéquate pour l'analyse chromatographique en phase gazeuse.

- Peser 5g de corps gras.
- Dissoudre dans 5 ml d'hexane.
- Ajout de 0,5 ml de solution de KOH méthanolique.
- Agiter pendant 30 s.
- Prélever à l'aide d'une pipette 1 à 2 gouttes de surnageant transparent.
- Mettre dans un vial 2 gouttes de surnageant auquel on ajoute 1 ml d'hexane.

Injection :

\* **Colonne capillaire** : 60 m X 0,25 mm d'épaisseur de film : 0,25  $\mu$ m.

\* **Gaz vecteur** : Hydrogène, pression : 14,84 psi, débit : 1 ml/min.

\* **Injecteur** : 270 °C, mode split en programmation, débit split : 49,9 ml/min, volume d'injection : 1  $\mu$ l, four : maximum 320°C.

\* **Détecteur** : FID, débit gaz make up N<sub>2</sub> : 45 ml/min, débit H<sub>2</sub> : 40 ml/min, débit de l'air : 450 ml/min.

#### **c) Expression des résultats**

La détermination de la composition en acides gras est basée sur la méthode de normalisation interne admettant que la somme des aires des pics représente la totalité des constituants. La teneur en un constituant donné est exprimée en (%) de masse des esters méthyliques.

## **IV.2. Les normes des analyses physico-chimiques de la margarine**

**IV.2.1. Selon les normes de cevital agro-industrie**

Analyse	Norme
Humidité %	30 max
Sel%	0.10-0.4
Point de fusion °C	33-37
Indice d'acide (IA)	0,3
Indice de peroxyde MeqO <sub>2</sub> /kg	10 max
pH	5,5-7,8

**Le tableau I :** représente les analyses physico-chimiques selon les normes de Cevital agro-industrie

**IV.2.2. Normes des taux de solide :** selon les normes de Cevital agro-industrie

<b>SFC 20°C</b>	<b>SFC 30°C</b>	<b>SFC 40°C</b>
<b>17,50</b>	<b>6</b>	<b>0.20</b>

**Le tableau II :** représentent le taux de solide selon les normes de Cevital agro-industrie

**IV.2.3. Indice d'iode**

Le type d'huiles utilisées dans la formulation des margarines dépend de l'application et/ou du type de conditionnement. Les huiles insaturées sont plus utilisées dans les matières grasses à tartiner, notamment celles conditionnées en barquette, affichant ainsi des indices d'iode élevés (*HAMIDCHI T ET MAZI D, 2015*).

D'après *Chikhoun A, 2011*, l'indice d'iode est entre 89,26 et 92,28 (g d'iode fixé/g d'échantillon).

#### IV.2.4. Le test d'oxydation accélérée ou Rancimat

L'intervalle de la norme située entre 6 et 24 heures.

#### IV.1.2.4. La teneur en acide gras : d'après *SAILLARD M, 2010* :

Margarine type	Applications	Saturés (%)	Insaturés (%)		
			Mono	Poly	Trans
Solide	Crémage	± 41	± 29	± 10	< 0,3
Solide	Pâtes jaunes/levées	± 37	± 33	± 10	< 0,3
Liquide	Pâtes jaunes/levées	± 11	± 59	± 30	< 0,3
Solide	Viennoiserie	± 43	± 28	± 9	< 0,3
Solide	Feuilletage	± 46	± 26	± 7	< 0,3

Le **tableau III** : représente la teneur en acide gras selon Saillard M, 2010.

### IV.3. Les analyses microbiologiques

Selon le journal officiel de la république algérienne N°39 les analyses microbiologiques effectuées sur la margarine sont :

- Germe aérobie à 30°C
- Levures et moisissures
- *Escherichia coli*
- Staphylocoque à coagulase+
- *Salmonella*

# *Conclusion*

### Conclusion

La margarine est un produit alimentaire qu'on utilise souvent dans la vie quotidienne soit dans les boulangeries, pâtisseries, viennoiseries, gâteaux et biscuits...etc.

Pour qu'elle soit dite de bonne qualité, la margarine doit répondre aux normes fixées par le codex alimentaire.

Dans notre étude théorique sur les propriétés physico-chimiques de la margarine nous prenons comme exemple la margarine « matina » produite par Cevital agro-industrie dont les normes sont comme suit :

Humidité% : 30 max

Sel% : 0,1-0,4

Point de fusion : 33-37

Indice d'acide : 0,3

Indice de peroxyde meq O<sub>2</sub>/kg : 10mx

SFC : 20 °C : 17.50

30°C :6

40°C :0,2

Et les résultats de certain auteurs tels que :

D'après chikhoun A, 2011 :

- L'indice d'iode est entre 89,26 et 92,28 (g d'iode fixé/g d'échantillon).
- Le test d'oxydation au l'intervalle de la norme située entre 6 et 24 heure.

D'après SAILLARD M, 2010 :

Margarine type	Applications	Saturés (%)	Insaturés (%)		
			Mono	Poly	Trans
Solide	Crémage	± 41	± 29	± 10	< 0,3
Solide	Pâtes jaunes/levées	± 37	± 33	± 10	< 0,3
Liquide	Pâtes jaunes/levées	± 11	± 59	± 30	< 0,3
Solide	Viennoiserie	± 43	± 28	± 9	< 0,3
Solide	Feuilletage	± 46	± 26	± 7	< 0,3

*Référence bibliographique*

### A

- **A O F, (2006).** Australian Oilseeds Federation. Teaching manual, the journey of oilseeds. ISBN: 0 73138505 5. SCIS: 1284406.

### B

- **BEATRICE DE RAYNAL, ET MULTON J-L. (2009).** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaire. Ed tec & doc Lavoisier Paris. P 19, 608, 612.
- **BRISSON G. (1982).** Corps gras alimentaires et autre composés lipidiques : la signification des mots. In : Lipides et Nutrition Humaine : Analyse des données sur les corps gras alimentaires. Les presses de l'université Laval, Québec. MASSON Paris, pp : 2, 10.
- **BROWN L. C. (1956).** Margarine production. Journal of American Oil Chemists' Society 33 (10), 506-512.
- **BRUNETON J. (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie Plantes médicinales. Ed tec & doc Lavoisier Paris. P 148.

### C

- **CAHUZAC P. (2010).** Les huiles végétales, intérêt diététique et gastronomique. Springer-Verlag France.
- **CHIKHOUNE A. (2011).** Texture d'une margarine nouvellement formulée et effet des huiles incorporées (hydrogénées et interstérifiées). . Mémoire de magister en sciences alimentaires. Université Mentouri – Constantine. Algérie.
- **CODEX ALIMENTARIUS. (1993),** annex v, avant-projet de norme pour les huiles végétales portant un nom scientifique. Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. Actualité en chimie n°270 : 108, 115.
- **CUVELIER ME, MAILLARD MN (2012).** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. 19(2) : 125-132.

### D

- **DELACHARLERIE S, BIOURGE S, CHENE C, SINDICE M, DEROANNE C. (2008).** Guide pratique. Les presses agronomiques de gembloux, A.S.B.L. ISBN 978-2-87016-084-8.



## Références bibliographiques

---

- **DJOUAB A (2007)**. Préparation et incorporation dans la margarine d'un extrait de dattes des variétés sèches. mémoire de magister en génie alimentaire. Université de M'hamed Bougara – Boumerdes. Algérie.
- **DJOUADI A. (2016)**. Etude de l'effet de température sur les teneurs en oméga-3 et -6 dans les graisses alimentaires et l'huile d'olive par la voltamétrie impulsinnelle différentielle. . thèse de Doctorat en science de la matière. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **DRIDI W, (2016)**. Influence de formulation sur l'oxydation des huiles végétales en émulsion eau-dans-huile. Thèse de Doctorat. Spécialité : Chimie physique. Université de bordeaux.

### e

- **ERIC F. (1997)**. Margarine and spread, food emulsifiers and their application, 255-280.
- **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 de Doctorat. Spécialité : biochimie. Université de Nantes.

### f

- **FAO ET OMS. (1981)**. Le rôle des graisses et huiles alimentaires en nutrition humaine. Rapport d'une consultation mixte d'experts. Italie. P 50.

### J

- **JEAN-LOUIS C, ET STEPHANE G (1992)**. Cuisson, conservation, technologie. Dupin H, Jean-Louis C, Malewiak M-I, Leynoud-Rouaud C, Berthier A-M. alimentation et nutrition humaine. Ed ESF. P 1248
- **J O R A (2019)**. Journal Officiel de la République Algérienne. N°33. P 30.
- **J O R A (2011)**. Journal Officiel de la République Algérienne. N°64. Méthode de détermination de l'indice de peroxyde dans les corps gras d'origine animale et végétale. In : Méthodes Officielles D'analyses Physico-chimiques et Microbiologiques 2016.

## Références bibliographiques

---

- **J O R A (2012).** Journal Officiel de la République Algérienne. N°65. Méthode de détermination de la teneur en eau et en matières volatiles dans les corps gras d'origine animale et végétale. In : Méthodes Officielles D'analyses Physico-chimiques et Microbiologiques 2016.
- **J O R A (2012).** Journal Officiel de la République Algérienne. N°66. Méthode de détermination de la teneur en chlorure de sodium dans les corps gras d'origine animale et végétale. In : Méthodes Officielles D'analyses Physico-chimiques et Microbiologiques 2016.
- **J O R A (2012).** Journal Officiel de la République Algérienne. N°68. Méthode de détermination de l'indice d'acide dans les corps gras d'origine animale et végétale. . In : Méthodes Officielles D'analyses Physico-chimiques et Microbiologiques 2016.
- **J O R A (2013).** Journal Officiel de la République Algérienne. N°9. Méthode de détermination de l'indice d'iode dans les corps gras d'origine animale et végétale. In : Méthodes Officielles D'analyses Physico-chimiques et Microbiologiques 2016.
- **J O R A (2017).** Journal Officiel de la République Algérienne et populaires conventions et accords internationaux-lois et décrets arrêtes, décisions, avis, communications et annonces. N°39
- **JUDDE A (2004).** Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanisme, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications ? ITERG, Rue Monge, Parc Industriel Bersol 2, 33600 Pssac.

### H

- **HIMED L. (2011).** Evaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles de citrus limon : application à la margarine. Mémoire de Magester en Sciences Alimentaire. Option : Technologie Alimentaire. Université Mentouri – Constantine. Algérie.

### i

- **IBOURAHMA C, ROBINE D-D, SABINE D, LAMIA M, THAMI M, JACQUELINE D, BERA F, JEAN PAUL W. (2010).** Techniques de séchage des starters lactiques et mécanismes affectant la viabilité cellulaire suite à la lyophilisation. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2011 15(2), 287-299.

## Références bibliographiques

---

- **ISO 662 :2016** : corps gras d'origine animale et végétale-détermination de la teneur en eau et en matières volatiles.
- **ISO 660 :2009** : corps gras d'origine animale et végétale-détermination de l'indice d'acide et de l'acidité.
- **ISO 3960 : 2007** : corps gras d'origine animale et végétale-détermination de l'indice de peroxyde-détermination avec point d'arrêt iodométrique.
- **ISO 3961 :2018** : corps gras d'origine animale et végétale-détermination de l'indice d'iode.
- **ISO: 8292 T60-250, 1995.** Corps gras d'origine animale et végétale-détermination de la teneur en corps gras solide- méthode de résonance magnétique nucléaire pulsée.
- **ISO 5508 : 2000.** Corps gras d'origine animale et végétale – détermination de la composition en acide en gras par chromatographie en phase gazeuse.
- **ISO 6886 : 2006.** Corps gras d'origine animale et végétale – détermination de la stabilité à l'oxydation (essai d'oxydation accéléré).

### G

- **GENOT C, (2006).** Approche physico-chimique et sensorielle de l'oxydation des lipides en émulsion. INRA Unité biopolymère, interaction, assemblages.
- **GUZUN T, (2010).** Peroxydation des lipides émulsionnés et transfert d'ions de fer à l'interface huile/eau stabilisée par des protéines de lait : influence des résidus phosphates et de la stabilité de chélate de fer. Thèse de Doctorat. Discipline : Science de l'aliment (physico-chimie). Université de bourgogne.

### K

- **KAELESKIND A, (1992).** Manuel des corps gras .PARIS Tec & Doc.
- **KELLER J, (2016).** Le 4-hydroxynonéal, un produit d'oxydation des lipides alimentaires : étude du métabolisme et du rôle dans l'inflammation et la cancérogénèse colorectale. Thèse de doctorat. Spécialité : pathologie, toxicologi, génétique et nutrition. Université de toulouse.
- **KONE S, (2001).** Fabrication artisanal de la margarine. File : F027f.pdf/doc.

### L

## Références bibliographiques

---

- **LAVENTURIER M, (2013).** Impact des formulations de margarines sur le process en boulangerie et pâtisserie artisanales et industrielles. Consultant, ancien responsable qualité Développement vandemoortele France 92000 Nanterre.
- **LERAY C. (2010).** les lipides simples in ; Les lipides dans le monde vivant Introduction à la lipidomique. Ed Tec & Doc Lavoisier Paris. P XIV.

### M

- **MALEWIAK M I, LEYNAUD-ROUAUD C, BERTHIER A M, ET YVONNE S. (1992).** Lipides, in : Dupin H, Cuq J-L, Malewiak M.I, Leynaud-Rouaud C, et Berthier. A M, Alimentation et Nutrition Humaines. Ed ESF Paris. p : 139-142-155.
- **MORIN O, PAGES-XATART-PARES X. (2012).** Huiles et corps gras végétaux : ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel.
- **MORGANE S, (2010).** Margarine and spreads. Margarine et matières grasses tartinables chambre syndicale de la margarine, 118, avenue Achille-peritti. Par Elsevier Masson SAS.

### N

- **NE 1. 2-47,1985.** Corps gras d'origine animale et végétale-Détermination de la teneur en eau et en matière volatiles.
- **NE.1.2.429.1989.** margarine : détermination de la teneur en chlorure de sodium.
- **NE. 1. 2. 91, 1988.** Margarine : détermination du point de fusion (méthode au tube capillaire).
- **NE.1.2.97, 1988.** Margarine : détermination de l'indice d'acide.
- **NE.1.2.98, 1988.** Margarine : détermination de l'indice de peroxyde.
- **NE. 1. 2.430, 1989.** Margarine : détermination du pH de la phase aqueuse (méthode potentiométrique).

### P

- **PAGES-XATART-PARES X. (2012).** Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales). Ed techniques de l'ingénieur l'expertise technique et scientifique des référence. F 6070-14.

## Références bibliographiques

---

- **POKORNY J, (2003).** Problème de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides. In :lipides et corps gras alimentaire .Edition :tec &Doc,lavoisier,paris .P 51-74
- **F. G. LEVRAULT, (1821) :** éditeur, strasbourg, N° 33, à paris. dictionnaire des sciences naturelles. P 517.

### R

- **ROLAND M. (1886).** Quelques mots sur les huiles, in : journal d'hygiène, Climatologie, bulletin des conseils d'Hygiène et de salubrité. IV : volume Paris. P 363.
- **ROMAN O. (2012).** Mesure et prédiction de la réactivité des lipides au cours du chauffage d'huiles végétales à haute température. Thèse de Doctorat. Spécialité : science des aliments. L'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AgroParisTech).

### U

- **UZZAN A. (1992).** Les corps gras in : Dupin H, Jean-Louis C, Malewiak M-I, Leynoud-Rouaud C, Berthier A-M. alimentation et nutrition humaine. Ed ESF. P 887, 906, 907, 1248.

### V

- **VALERIE L, THOMAS C, MARC A, ET YANN D. (2010).** L'œuf ingrédient alimentaire. In : François N, Catherine G-D, Florence B, Jean-Louis T. Science et technologie de l'œuf, de l'œuf aux ovoproduits. Volume 2. Ed Tec & Doc Lavoisier Paris. P 401.

### W

- **WERNER J.B, RAPHAEL B, JURG L, ALAIN E (ED). (2010).** Science et technologie des aliments. Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. Ed Presse polytechniques et universitaires romandes . P 105, 107, 108, 111, 157, 167-179, 187.

## **Résumé**

Le présent travail comporte une synthèse bibliographique sur les corps gras (lipides) nous nous intéressons à leur définition, leur composition et leur source. Nous y verrons les différents types et composition de la margarine ainsi que le raffinage des huiles. Aussi nous citerons les différentes altérations des lipides qui conduisent à la dégradation de la qualité nutritionnelle et sensorielle de la margarine. Nous avons réalisé une étude théorique sur les différentes étapes du procédé de fabrication de la margarine et les analyses physico-chimiques auxquelles elle est soumise pour qu'elle soit de bonne qualité nutritionnelle selon les normes du complexe agro-alimentaire CEVITAL et les résultats de certains auteurs.

**Mot clés :** corps gras, margarine, analyses physico-chimiques, raffinage.

## **Abstract**

The present work includes a bibliographical synthesis on fatty substances (lipids) we are interested in their definition, their composition and their source. We will see the different types and composition of margarine as well as the refining of oils. We will also cite the various alterations in lipids which lead to the degradation of the nutritional and sensory quality of margarine. We have carried out a theoretical study on the different stages of the margarine manufacturing process and the physicochemical analyzes to which it is subjected so that it is of good nutritional quality according to the standards of the CEVITAL agro-food complex and the results of certain authors.

**Keywords:** fats, margarine, physicochemical analyzes, refining.