

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou(UMMTO)
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention de diplôme de Master en Sciences alimentaires

Option : Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité

Thème

Contribution à l'étude et au suivi des étapes de la fabrication de la margarine de table « La Belle »

Réalisé par : M^{elle} **SELLAMI Razika**
M^{elle} **TELLACHE Amel**

Setenu le 25/10/2018 devant le jury composé de :

Président : Mr SADOUDI R.Maître de conférences à l'U.M.M.T.O.

Examineur : Mr BENGANA M. Maître de conférences à l'U.M.M.T.O.

Promoteur : Mr SIFER K.Maître assistant à l'U.M.M.T.O.

Promotion : 2017/2018

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier en premier lieu le bon Dieu, qui nous a donné le courage, la force et la volonté pour accomplir ce modeste travail.

Nous exprimons toute notre gratitude et nos sincères remerciements à Mr Sifer kamel pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses conseils et ses orientations ainsi que pour la confiance qu'elle nous a donnée tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous tenons également à remercier Mr Sadoudi Rabah d'avoir accepté de présider le jury. Ainsi que Mr Bengana Mohamed, d'avoir accepté d'examiner ce travail. Veuillez trouver, ici l'expression de nos profonds remerciements et notre respect.

Nous remercions l'entreprise La Belle de nous avoir accueilli et mettre à notre disposition toutes les conditions nécessaires pour la réalisation de ce travail, particulièrement Mr Bougache Arezki, Mr Beloussa Lamri et Mme Abad Nora ainsi que les membres d'équipe de production et de laboratoire physicochimique La Belle.

Dédicaces

- ✓ *A mes chers parents ;*
- ✓ *A mes frères Oussama et Abderrahmane ;*
- ✓ *A mes oncles, mes tantes et mes grands parents ;*
- ✓ *A mon ami Yacine pour son soutien et encouragement sans limite ;*
- ✓ *A mon binôme avec celle que j'ai partagé des moments agréables durant ce mémoire ainsi que sa famille : Razika.*

Amel

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de mon très cher père Boualem et mes grands parant que dieu garde leurs âmes dans son vaste paradis ;

A ma très chère mère Fatiha que dieu l'accorde une bonne santé et la garde pour nous ;

A ma chère grand-mère Lkhadem que le bon dieu la garde pour nous pour toujours ;

A celle qui me tienne compagnie ma sœur adorable Samia et son marie Rachid ;

A mes meilleurs frères : Adel, Abderrazak, Hamza, Rafik ;

A ma très chère sœur Houriya ;

À mon chère Mourad que je le tien mes profond remerciements pour son soutien et encouragement durant ce travail ;

A mon ami Yacine pour son soutien et encouragements sans limite ;

A mon binôme Amel ainsi que sa famille.

Razika

Liste des abréviations

CG : Corps gras

AG : Acide gras

AGS : Acides gras saturés

AGI : Acides gras insaturés

IUPAC : Union internationale de chimie pure et appliquée

Z : Configuration cis

E : Configuration trans

°C : Degré Celsius

FB : Formule brute

FSD : Formule semi-développée

FD : Formule développée

AGMI : Acide gras mono-insaturé

AGPI : Acide gras polyinsaturé

AGE : Acide gras essentiel

UV : Ultra violet

AGL : Acides gras libres

ID : Indice d'iode

g : gramme

PF : Point de fusion

pH : Potentiel d'hydrogène

PVC : Polychlorure de vinyle

IP : Indice peroxyde

°F : Degré Farad

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre hydrométrique

FAMT : Flore aérobie mésophile totale

PCA : Plate count agar

BCPL : Bouillon lactose au bromocrésol pourpre

NPP : Nombre plus probable

VRBL : La gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

OGA : La gélose glucosée à l'oxytétracycline

mp : Matière première

TG : Triglycéride

ml : Millilitre

µm : Micromètre

SPA : Société par action

Liste des figures

Figure N°01 : Formule développée d'un acide gras saturé	8
Figure N°02 : Formule développé et semi-développé de l'acide oléique	9
Figure N°03 : Exemple d'un isomère cis et isomère trans	9
Figure N°04 : Formule développé et semi-développé de l'acide linoléique.....	10
Figure N°05 : Formule développée de l'acide arachidonique.....	10
Figure N°06 : Formule développée de l'acide α -linoléique	10
Figure N°07 : Formation d'un isomère trans	13
Figure N°08 : La réaction de formation d'un triglycéride	14
Figure N°09 : La réaction de formation d'un céride	14
Figure N°10 : La réaction de formation d'un stéride	15
Figure N°11 : Structure chimique d'un acide phosphatidique	15
Figure N°12 : La nature de l'alcool constituant de l'acide phosphatidique	16
Figure N°13 : Structure chimique d'un phosphatidyle-sérine.....	16
Figure N°14 : Structure chimique d'un glycéro-glycolipide.....	17
Figure N°15 : Structure chimique de la sphingosine	17
Figure N°16 : Structure chimique de la céramide	18
Figure N°17 : Structure chimique de la sphingomyeline	18
Figure N°18 : Structure chimique de glycolipide	18
Figure N°19 : La réaction d'hydrogénation d'un acide gras insaturé	22
Figure N°20 : La réaction d'oxydation d'un acide gras insaturé	22
Figure N°21 : La réaction d'addition d'halogène	23
Figure N°22 : La réaction de saponification d'un triglycéride	24

Figure N°23 : Schéma d'obtention des huiles alimentaires raffinées	33
Figure N°24 : Représentation d'émulsion de la margarine	39
Figure N°25 : Diagramme de fabrication de la margarine	51
Figure N°26 : Le diagramme de fabrication de la margarine de table « La Belle »	60
Figure N°27 : Schéma descriptif de processus de fabrication de la margarine « La Belle »	63

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Classification des corps gras selon leur origine	3
Tableau N°02 : Quelques acides gras saturés linéaires.....	11
Tableau N°03 : Quelques acides gras insaturés linéaires	12
Tableau N°04 : Taux d'insaponifiable des principales matières grasses	19
Tableau N°05 : Points d'ébullition de quelques acides gras.....	21
Tableau N°06 : Point de fumage de quelques huiles alimentaires.....	27
Tableau N°07 : Constituants indésirables éliminées au cours du raffinage.....	30
Tableau N°08 : Condition d'hydrogénation affectant la sélectivité.....	35
Tableau N°09 : Les additifs alimentaires autorisés dans la margarine selon la norme CODEX STAN 256-2007	41
Tableau N°10 : Le rôle des principales étapes de fabrication de la margarine	50
Tableau N°11 : Les principales altérations chimiques des margarines.....	53
Tableau N°12 : Principaux points de prélèvements.....	66
Tableau N°13 : Résultats du goût et d'odeur du mélange d'huile	84
Tableau N°14 : Résultats de la couleur du mélange d'huile.....	85
Tableau N°15 : Pourcentage d'humidité du mélange d'huile.....	85
Tableau N°16 : Résultats de l'acidité de mélange d'huile.....	86
Tableau N°17 : Résultats de l'indice peroxyde de mélange d'huile.....	86
Tableau N°18 : Résultats de point de fusion de mélange d'huile.....	87
Tableau N°19 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et eau traitée.....	88
Tableau N°20 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau stérile	89
Tableau N°21 : Résultats de goût et odeur de l'émulsion.....	90
Tableau N°22 : Résultats de la couleur d'émulsion.....	91
Tableau N°23 : Résultats d'homogénéité de l'émulsion.....	91

Tableau N°24 : Résultats d'humidité de l'émulsion.....	92
Tableau N°25 : Résultats de l'acidité d'émulsion.....	92
Tableau N°26 : Résultats de point de fusion d'émulsion.....	93
Tableau N°27 : Résultats de l'indice peroxyde d'émulsion.....	93
Tableau N°28 : Résultats de pH de l'émulsion.....	94
Tableau N°29 : Résultats de la teneur en sel d'émulsion.....	94
Tableau N°30 : Résultats du gout et d'odeur de la margarine	95
Tableau N°31 : Résultats de la coulure de la margarine	95
Tableau N°32 : Résultats de tartinabilité de la margarine	96
Tableau N°33 : Résultats de température de sortie de la margarine	96

Table des matières

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les corps gras

I.1.Définition	3
I.2.Classification.....	3
I.2.1. Selon l'origine.....	3
I.2.2. Selon la consistance à température ambiante.....	4
I.2.3. Selon la composition.....	4
I.3. Composition des corps gras	4
I.3.1. Les lipides saponifiables	4
I.3.1.1. Acides gras	4
I.3.1.1.1. Définition	4
I.3.1.1.2. Nomenclature	5
I.3.1.1 .3. Structure	6
I.3.1.1.4. Acides gras saturés.....	7
I.3.1.1.5. Acides gras insaturés.....	8
I.3.1.1.5.1. Acides gras mono-insaturés	8
I.3.1.1.5.2. Acides gras polyinsaturés	9
I.3.1.1.6. Isomérisation.....	12
I.3.1.2. Les lipides simples ou ternaires	13
I.3.1.2.1. Les glycérides	13
I.3.1.2.2. Les cérides	14
I.3.1.2.3. Les stérides.....	14
I.3.1.3. Les lipides complexes	15
I.3.1.3.1.Les glycérophospholipides (les plasmogènes).....	15
I.3.1.3.2.Les glycéroglycolipides	17

I.3.1.3.3.Les sphingolipides	17
I.3.2.Les lipides insaponifiables	19
I.4.Les propriétés physico-chimiques des corps gras	20
I.4.1.Les propriétés physiques	20
I.4.1.1.Point de fusion et point d'ébullition.....	20
I.4.1.2.Solubilité	20
I.4.1.3.Densité	20
I.4.1.4.Absorption de la lumière.....	21
I.4.1.5.Point de fumée et point éclair	21
I.4.1.6.Plasticité	21
I.4.2.Les propriétés chimiques	21
I.4.2.1.Addition d'hydrogène (hydrogénation)	21
I.4.2.2.Addition d'oxygène (oxydation).....	21
I.4.2.3.Addition d'halogène	22
I.4.2.4.Estérification	22
I.4.2.5.Saponification	23
I.4.2.6.Hydrolyse.....	23
I.5. Rôles biologiques et nutritionnels des corps gras	23
I.6. Sources alimentaires	24

Chapitre II : Les huiles végétales

II.1.Historique	25
II.2.Dénomination	25
II.3.Qualificatifs et mentions.....	26
II.4.Les huiles alimentaires	27
II.4.1.Huile de palme.....	27
II.4.2.Huile de coprah.....	28
II.4.3.Huile de soja	28

II.4.4.Huile de tournesol.....	28
II.4.5.huile de maïs	29
II.5.L'extraction des huiles.....	29
II.6.Les traitements subissent les huiles	30
II.6.1.Raffinage (purification)	30
II.6.1.1.Démucilagination ou (dégommage)	30
II.6.1.2.Neutralisation ou (désacidification).....	31
II.6.1.3.Lavage	31
II.6.1.4.Séchage	31
II.6.1.5.Décoloration ou (blanchiment)	31
II.6.1.6.Filtration	32
II.6.1.7.Décirage (wentérisation).....	32
II.6.1.8.Désodorisation ou (vaporisation).....	32
II.6.1.9.Frigélation.....	32
II.6.2.Transformation	34
II.7.Autres traitements autorisées pour les huiles	34
II.7.1.L'hydrogénation	34
II.7.2.Le fractionnement	35
II.7.3.Inter-estérification	36
II.8.Conséquence de modification sur le corps gras.....	36

Chapitre III : Généralités sur la margarine

III.1.Historique	37
III.2.Définition	37
III.3.Beurre ou margarine.....	38
III.4.La margarine est une émulsion.....	38
III.5.Composition de la margarine	39
III.5.1.Phase grasse.....	39

III.5.2.Phase aqueuse.....	40
III.5.3. Additifs liposolubles et hydrosolubles	40
III.6.Les caractéristiques de la margarine	43
III.6.1.Les caractéristiques physiques	43
III.6.2.Les caractéristiques chimiques.....	43
III.6.3.Les caractéristiques biologiques.....	43
III.6.4.Les caractéristiques nutritionnelles	44
III.6.5.Les caractéristiques organoleptiques.....	45
III.7.Les types de margarines	45
III.7.1.Margarine à usage domestique.....	45
III.7.2.Margarine diététique ou spéciale.....	45
III.7.3.Margarine enrichie en phytostérols	46
III.7.4.Margarine pour industrie alimentaire	46
III.8.Procédés de fabrication	46
III.8.1.Procédé discontinu	46
III.8.2.Procédé continu	46
III.9.Fabrication de la margarine.....	46
III.9.1.Préparation de la phase grasse.....	47
III.9.2.Préparation de la phase aqueuse.....	47
III.9.3. Préparation de l'émulsion.....	48
III.9.4.Pasteurisation	48
III.9.5.Refroidissement et cristallisation	48
III.9.6.Malaxage	49
III.9.7.Emballage et conditionnement.....	49
III.9.8.Etiquetage.....	50
III.9.9.stockage et distribution.....	50
III.10.Altération de la margarine.....	52

III.10.1.Altération chimique	52
III.10.1.1.L'acidification	52
III.10.1.2.L'auto-oxydation	53
III.10.2.Altération microbiologique	54
III.10.3.Altération physique	54
III.11.Conseils d'utilisation.....	55
III.12.Intérêt d'application de la margarine	55

Partie expérimentale

Chapitre IV : Technologie de fabrication

IV.1.Objectif de travail.....	57
IV.2.Présentation de l'unité « La Belle »	57
IV.3.Principales étapes de fabrication de la margarine de table « La Belle ».....	57
IV.3.1.Le procédé de fabrication.....	57
IV.3.2.Présentation des équipements de l'unité	57
IV. 3.2.1.La chambre de stockage des huiles	57
IV.3.2.2.L'atelier de production.....	58
IV.3.3.Technologie de fabrication.....	58
IV.3.4.Conditionnement et emballage.....	61
IV.3.5.Etiquetage.....	61
IV.3.6.Stockage	61

Chapitre V : Méthodes et analyses

V.1.Echantillonnage et prélèvements	65
V.1.1.Points de prélèvements	65
V.1.2.Identification des échantillons.....	67
V.2.Méthodes d'analyses	67
V.2.1.Analyses organoleptique	67
V.2.1.1.Mélange d'huiles	67

V.2.1.1.1.Odeur	67
V.2.1.1.2.Couleur	67
V.2.1.1.3.Gout	67
V.2.1.2.La margarine.....	67
V.2.1.2.1.Odeur	67
V.2.1.2.2.Couleur	68
V.2.1.2.3.Gout	68
V.2.2.Analyses physico-chimiques	68
V.2.2.1.Mélange d'huile, l'émulsion et la margarine.....	68
V.2.2.1.1.Détermination de l'humidité	68
V.2.2.1.2.Détermination de ph	68
V.2.2.1.3.Détermination du point de fusion	69
V.2.2.1.4.Détermination de l'indice de peroxyde	69
V.2.2.1.5.Détermination de l'acidité	70
V.2.2.1.6.Détermination de la teneur en NaCl	71
V.2.2.2.Analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau	72
V.2.2.2.1.Détermination du titre alcalimétrique (TA) et alcalimétrique complet (TAC)	72
V.2.2.2.2.Détermination du titre hydrométrique (TH).....	73
V.2.2.2.3.Dosage des chlorures.....	74
V.2.2.2.4.Détermination du pH	75
V.2.3.Analyses microbiologiques	75
V.2.3.1.Analyses microbiologiques effectuées sur l'eau	75
V.2.3.1.1.Recherche et dénombrement des totaux aérobies mésophiles.....	75
V.2.3.1.2.Recherche et dénombrement des colifores totaux et fécaux	76
V.2.3.1.3.Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteur	77
V.2.3.1.4.Recherche et dénombrement des Streptocoques	78
V.2.3.2.Analyses microbiologiques effectuées sur la margarine	79

V.2.3.2.1.Recherche et dénombrement des germes totaux aérobies mésophiles	80
V.2.3.2.2.Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux	80
V.2.3.2.3.Recherche et dénombrement des levures et moisissures	81
V.2.3.2.4.Recherche et dénombrement des Staphylococcus aureus	81
V.2.3.2.5.Recherche des Salmonelles	82

Chapitre VI : Résultats et discussion

VI.1.Phase grasse	84
VI.1.1.Résultats et interprétation des analyses organoleptiques	84
VI.1.1.1.Gout et odeur.....	84
VI.1.1.2.Couleur.....	84
VI.1.2.Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques	85
VI.1.2.1.L'humidité.....	85
VI.1.2.2.Acidité.....	85
VI.1.2.3.Indice de peroxyde	86
VI.1.2.4.Le point de fusion	87
VI.2.Phase aqueuse	87
VI.2.1.Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques	88
VI.2.2.Résultats et interprétation des analyses microbiologiques.....	89
VI.3.Produit semi fini (émulsion.....	90
VI.3.1.Résultats et interprétation des analyses organoleptiques	90
VI.3.1.1.Gout et odeur.....	90
VI.3.1.2.Couleur.....	90
VI.3.1.3.Homogénéité	91
VI.3.2.Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques	91
VI.3.2.1.Humidité.....	91
VI.3.2.2.Acidité.....	92
VI.3.2.3.Point de fusion	92

VI.3.2.4. Indice peroxyde	93
VI.3.2.5. Le pH.....	94
VI.3.2.6. La teneur en sel	94
VI.4. Le produit fini (la margarine de table)	95
VI.4.1. Résultats et interprétation des analyses organoleptiques	95
VI.4.1.1. Gout et odeur.....	95
VI.4.1.2. Couleur	95
VI.4.1.3. Tartinabilité	96
VI.4.2. Résultats et interprétation des analyses physicochimiques.....	96
VI.4.2.1. Température de sortie.....	96
VI.4.3. Interprétation des analyses microbiologiques	97
Conclusion générale	98



Introduction générale

Introduction générale

L'équilibre alimentaire est un facteur important, assurant à l'organisme un développement optimal et l'intégrité de l'ensemble de ses fonctions en couvrant ses différents besoins quantitatifs et qualitatifs. Les corps gras jouent un rôle important dans la vie nutritive et énergétique (ils constituent une source importante d'énergie avec un apport moyen de 9 Kcal/g de lipides, d'acides gras essentiels et de vitamines liposolubles), ainsi que dans l'équilibre

de l'être humain. Du fait de leur consistance et propriétés de surface, ils sont un des principaux ingrédients de la préparation alimentaire.

Parmi, ces corps gras nous citons le beurre qui est actuellement concurrencé, vue son prix élevé, par plusieurs produits tartinable en particulier la margarine qui doit son nom à sa couleur blanche « margaron » en grec, évocatrice de la perle. Sa technologie est en pleine expansion, et les industries investissent de plus en plus dans ce créneau. (BELANGER, et *al.*, 2005).

Les premières margarines à base d'huiles végétales apparaissent vers de 1910, mais à l'époque représentait le beurre des pauvres, il faudra attendre l'apparition de la diététique moderne, à la fin des années 60, pour qu'apparaisse cette image de substitut bon marché. Au USA, la production de ce produit a du affronter le beurre durant ces décennies.

Aujourd'hui, les rayons de vente sont encombrés par plusieurs sortes de margarines, pour cela, des améliorations de fabrication continues sont imposées dans le but d'atteindre le respect des réglementations nationales de la qualité sanitaire, hygiénique et de la qualité commerciale, ainsi que d'arriver à satisfaire les besoins alimentaires croissante de la population.

Notre étude est basée sur le suivi des étapes de fabrication de la margarine de table produit au niveau de l'entreprise La Belle, de la matière première jusqu'au produit fini, ainsi que les analyses organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques effectués, afin d'évaluer la qualité de la phase aqueuse (eau), phase grasse (mélanges d'huiles), l'émulsion, produit fini (margarine) et assurer leur conformité aux normes.

Pour atteindre notre objectif, on a subdivisé cette étude en deux grandes parties :

- ✓ Une partie bibliographique qui aborde les généralités sur les corps gras, les huiles et la margarine ;
- ✓ Une partie pratique présentant le diagramme de fabrication de la margarine de table au niveau de l'entreprise La Belle, les différents analyses effectuées leurs résultats et interprétations.

On achèvera notre travail par une conclusion générale.



Partie bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les corps gras

I.1.Définition :

Les corps gras sont des composés organiques. Ils sont constitués en général d'acides gras condensés avec des alcools ou des amines. (FRENOT et VIERLING, 2001)

Ils sont « apparents » comme dans le beurre et les huiles végétales ou « dissimulés » comme dans le lait, la viande ou les œufs. (CHEFTEL ,1986)

Leur extraction se fait à partir des matières premières suivantes :

- ✓ **Tissus adipeux animaux** : suifs (graisses de ruminants), graisses d'oie et saindoux (graisse de porc fondue)...etc.
- ✓ **Graines oléagineuses** : arachides, tournesol, colza, soja, noisettes, pistaches, sésame...etc.
- ✓ **Germes de graines de céréales** : maïs, blé.
- ✓ **Pulpe de fruits oléagineux** : pulpe de fruit du palmier (huile de palme), noix de coco (huile de coprah), pulpe des olives (huile d'olive)...etc.
- ✓ **Lait** : crème et beurre.

I.2.Classification :**I.2.1. Selon l'origine :**

Tableau N°01 : Classification des corps gras selon leur origine.

Origine	Corps gras
Animal	Beurre Crème Graisse de bœufs (suif), d'oie, de canard, saindoux Huiles et graisses des animaux marins
Végétal	Huiles végétales Margarines végétales Végétaline (huile de coprah hydrogénée)
Mixte	Margarines à base d'huiles végétales et graisses animales

I.2.2. Selon la consistance à température ambiante :

À la température ambiante (25°C), on distingue :

- ✓ Huiles végétales fluides : huile d'arachide, de colza et de soja.
- ✓ Huiles végétales concrètes (semi solides) : huiles de palme, de palmiste et de coprah (noix de coco).
- ✓ Graisse d'origine animale terrestre ou marine (solide) : graisse de mouton, de cheval, de porc, mammifères marins (baleines) et de poissons...etc.
- ✓ Corps gras élaborés : beurre, margarine.

On différencie les huiles des graisses par leur point de fusion. Les huiles sont des corps gras liquides à la température de 15°C, tandis que les graisses sont plus ou moins solides à cette température. (GRAILLE, 2003)

I.2.3. Selon la composition :

La classification la plus utilisée est la suivante :

A) Corps gras saponifiables : formés à base d'acides gras (AG) ;

- ✓ Les acides gras : acides gras saturés (AGS), acides gras insaturés (AGI).
- ✓ Les lipides simples : glycérides, cérides, stérides.
- ✓ Les lipides complexes : lipides phosphorés, lipides soufrés, lipides azotés.

B) Corps gras insaponifiables : formés à partir d'isoprène (polyisopréniques) ;

- ✓ Terpénoïdes.
- ✓ Caroténoïdes.
- ✓ Quinones à chaîne isoprénique.
- ✓ Stéroïdes.

I.3. Composition :**I.3.1. Corps gras saponifiable :****I.3.1.1. Les acides gras :****I.3.1.1.1. Définition :**

Les acides gras sont les principaux composés des huiles et des graisses alimentaires. Ils sont constitués exclusivement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, de formule générale

CH₃-(CH₂)_n-COOH. Ils sont des acides carboxyliques, à chaîne hydrocarbonée latérale non polaire (linéaire, ramifiée, et ou cyclique). (BOURAS, 2005)

Les acides gras n'ont pas tous la même importance. Trois catégories peuvent être définies :

- ✓ Les acides gras « majeurs », peu nombreux, mais représentant à eux 95% des acides gras présents dans les huiles et graisses alimentaires ou industrielles.
- ✓ Les acides gras « mineurs », homologues et isologues des précédents, rencontrés comme constituants secondaires dans les corps gras alimentaires ou industriels.
- ✓ Les acides gras « inhabituel », à doubles liaisons conjuguées ou écartées, ou acétyléniques, ou à fonction secondaire ou bien encore alicycliques.

I.3.1.1.2. Nomenclature :

A) Nomenclature usuelle :

Pour chaque acide gras est attribué un nom propre, généralement selon sa découverte. Exemple: l'acide gras saturé à 16C est appelé acide palmitique du latin *palmus* (palme), l'acide gras saturé à 12C est appelé acide laurique (laurier).

B) La nomenclature systématique (IUPAC):

Il s'agit de la nomenclature chimique de la molécule, caractérisée par :

- ✓ L'addition du radical **anoïque** pour les acides gras saturés.
- ✓ L'addition du radical **énoïque**, des positions des doubles liaisons ainsi que leur configuration spatiale Z (cis)/ E (trans) pour les acides gras insaturés.
- ✓ La numérotation à partir du groupement carboxyle COOH (toujours noté 1), les autres carbones portent leur numéro d'ordre.
- ✓ Le symbole utilisé pour les acides gras saturés est C_n : 0 et pour les acides gras insaturés C_n: m Δ (p, p' ...).
 - n : nombre d'atomes C.
 - 0 : absence de doubles liaisons.
 - m : nombre de doubles liaisons.
 - p, p' ... : positions des doubles liaisons.

C) Nomenclature des chimistes (Δ^x) :

La nomenclature (Δ^x) concerne les acides gras insaturés, pour lesquels chaque double liaison est indiquée par le signe (Δ) précédé de sa configuration cis ou trans et suivi en exposant par la position de la double liaison le long de la chaîne aliphatique de l'acide gras depuis l'extrémité carboxylique (COOH) de la molécule.

Exemple : acide cis- Δ^9 -hexadécénoïque pour l'acide palmitoléique.

D) Nomenclature physiologique (oméga) :

Utilisée surtout par les nutritionnistes, ne concerne que les acides gras insaturés. Elle tient compte de la première double liaison rencontrée, mais en commençant le décompte à partir du groupement méthyle (CH₃). Elle permet une identification des acides gras par famille de symbole **Cn: m ω p** où :

- n : nombre d'atomes de C.
- m : nombre de doubles liaisons.
- p : position de la première double liaison à partir du groupement méthyle.

Exemple : la dénomination de l'acide gras insaturé à 3 doubles liaisons est C18: 3 ω 6 ce qui signifie :

- C18: 18 atomes de carbone.
- 3: 3 doubles liaisons.
- ω 6: La première double liaison se trouve sur le carbone n°6 en partant du groupement CH₃.

Cet acide gras appartient à la famille des **Oméga 6**.

I.3.1.1.3. La structure :

Les acides gras sont de structure générale R-COOH, caractérisés par :

- Une fonction carboxylique (COOH).
- Une chaîne hydrocarbonée (C, H) linéaire, saturée ou insaturée (mono ou polyinsaturée), et des ramifications (**R**).

Les acides gras diffèrent entre eux non seulement par la longueur de la chaîne carbonée, mais aussi par le nombre, la position et la structure spatiale (cis, trans) des doubles liaisons. La longueur de la chaîne carbonée permet une classification des acides gras en 4 catégories :

A) Les acides gras volatils, avec 2, 3 et 4 atomes de carbone respectivement : l'acide acétique, l'acide propénoïque et l'acide butyrique.

B) Les acides gras à chaîne courte qui possèdent entre 6 et 10 atomes de carbone.

C) Les acides gras à chaîne moyenne, avec 12 à 14 atomes de carbone.

D) Les acides gras à chaîne longue, avec 16 ou plus d'atomes de carbone.

I.3.1.1.4. Acides gras saturés :

Un acide gras saturé est un acide gras totalement saturé en hydrogène : tous les carbones de la chaîne aliphatique liés entre eux par des liaisons simples de type (-C-C-) (pas de doubles liaisons), de formule générale ($\text{CH}_3 - [\text{CH}_2]_n - \text{COOH}$) où n est un nombre entier égal ou supérieur à 2.

Les AGS sont généralement solides à température ambiante (sous forme de graisse) à l'exception des acides butyrique ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$) et caproïque ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$). On les trouve dans les aliments d'origine animale comme le beurre, le lait et le fromage.

Les AGS les plus répandus dans la nature sont :

- L'acide palmitique (C_{16}).
- L'acide stéarique (C_{18}).
- L'acide myristique (C_{14}) et l'acide lignocérique (C_{24}).

Les AGS peuvent être représentés par les formules suivantes :

- ✓ Formule brute (FB) : $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.
- ✓ Formule semi-développée (FSD) : $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_m-\text{COOH}$.
- ✓ Formule développée (FD).

Figure N°01 : Formule développée d'un acide gras saturé.

I.3.1.1.5.Acides gras insaturés :

Les acides gras insaturés sont des AG peuvent contenir entre 1 et 6 doubles liaisons et sont dits, selon le cas, mono insaturés ou polyinsaturés.

I.3.1.1.5.1.Acides gras mono insaturés (AGMI) :

Ils contiennent une seule double liaison le long de la chaîne carbonée. Les AGMI peuvent être représentés par les formules générales suivantes :

- FSD: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_m-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_p - \text{COOH}$
- FD : $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_2$

Dans les acides gras insaturés, la position de la première double liaison peut s'exprimer :

- Soit en partant du carboxyle (1er carbone) ; le symbole est (Δ).
- Soit en partant du méthyl (dernier carbone) ; le symbole est oméga (ω). En médecine clinique et en biologie, la désignation des acides gras insaturés la plus courante est celle qui fait appel au symbole oméga (ω).

Exemple : acide oléique (C18 : 1 ω 9)

L'acide oléique possède 18C, une double liaison sur le carbone n°9 (ω 9) ce qui s'écrit C18 :1 ω 9.C'est un acide gras très abondant dans les graisses végétales et animales.

Figure N°02 : Formule développée et semi-développé de l'acide oléique.

La présence d'une double liaison dans un acide gras entraîne une isomérisation cis-trans.

Les acides gras naturels sont cis.

Figure N°03 : Exemple d'un isomère cis et isomère trans.

I.3.1.1.5.2. Acides gras polyinsaturés (AGPI) :

Ils contiennent deux ou plusieurs doubles liaisons. Pour les AGPI, il n'y a pas de FSD générale, car elle varie selon le nombre d'insaturations.

✓ **Acide linoléique (C18 : 2 ω6) :**

L'acide linoléique est un acide gras indispensable (besoins quotidiens : 3-4 g). C'est un acide gras en C18 avec 2 doubles liaisons (ω6, 9). Il conduit par voie enzymatique à l'acide arachidonique dans l'organisme.

Figure N°04 : Formule développée et semi développée de l'acide linoléique.

✓ **Acide arachidonique (C20 : 4) :**

Il possède 4 doubles liaisons en (ω 6, 9, 12, 15) ; oméga 6 (ω 6).

L'acide linoléique donne naissance dans l'organisme à l'acide arachidonique à 20 C et 4 doubles liaisons. En absence d'acide linoléique dans l'alimentation, l'acide arachidonique devient indispensable.

Figure N°05 : Formule développée de l'acide arachidonique.

✓ **Acide α -linoléique (C18 : 3 ω 3) :**

Il possède 3 doubles liaisons en ω 3, 6, 9

Figure N°06 : Formule développée de l'acide α -linoléique

De point de vue nutritionnel, certains AGPI sont dits indispensables, les acides gras que le corps est incapable de les synthétiser lui-même et doivent, par conséquent, être apportés par l'alimentation. A partir d'eux l'organisme est ensuite capable de synthétiser les autres acides gras, dont le corps en a besoin pour fonctionner.

Ces acides gras prennent le nom d'acides gras essentiels (AGE) ; ils sont au nombre de trois :

- Acides linoléique C18 :2
- Acides α -linoléique C18 : 3
- Acide arachidonique C20 : 4

Tableau N°02 : Quelques acides gras saturés linéaires.

Tableau N°03 : Quelques acides gras insaturés linéaires.**I.3.1.1.6. Isomérisation :**

La présence d'une double liaison dans un acide gras entraîne une isomérisie cis-trans. Les acides gras naturels sont généralement de configuration **cis**. Cependant, on peut trouver des acides gras trans naturels dans certains aliments comme les produits laitiers, les graisses et la viande des ruminants (graisses de bœuf et de mouton : 4,5%, les produits laitiers de vache et de chèvre : 3,3%, les viandes de bœuf et de mouton : 2%). Ces AG trans proviennent de la transformation bactérienne des acides gras insaturés dans le rumen. L'autre source d'acides gras trans est l'hydrogénation catalytique partielle d'acides gras polyinsaturés. A température ordinaire, les acides gras insaturés sont liquides (huiles) qu'on les trouve généralement dans les aliments d'origine végétale. Il est possible de transformer des huiles en graisses par hydrogénation de leurs doubles liaisons (ajout d'atome d'hydrogène), ce qui correspond à une saturation des doubles liaisons. Cette opération est utilisée par exemple pour obtenir les margarines à partir des huiles végétales.

Figure N°07 : Formation d'un isomère trans.

I.3.1.2. Les lipides simples :

I.3.1.2.1. Les glycérides :

Les glycérides sont des molécules qui résultent de l'estérification des fonctions alcools du glycérol (liquide sirupeux, sucré et hygroscopique) par des acides gras.

Selon le nombre d'acides gras combinés au glycérol, on distingue :

- Des monoesters : monoglycérides.
- Des diesters : diglycérides.
- Des triesters : triglycérides.

Le TG est homogène si les 3 AG sont identiques ; sinon il est hétérogène.

Dans la nature, les mono et diglycérides sont peu abondants (moins de 2%), ils représentent les intermédiaires de synthèses ou les produits de dégradations. (ALAIS, 2003)

Les triglycérides constituent la catégorie des lipides la plus abondante, quant à eux sont des bonnes réserves énergétiques de tissus animaux, et jouent le rôle d'isolants thermiques. (REGINALD et GARRETT, 2002)

Figure N°08 : La réaction de formation d'un triglycéride.

I.3.1.2.2. Les cérides :

Ce sont des esters d'acides gras et d'alcool à longue chaîne aliphatique qui sont généralement des alcools primaires à nombre pair de carbone saturé et non ramifié.

Les cérides sont les principaux constituants des cires animales, végétales et bactériennes (cire d'abeille, le blanc de baleine, l'huile de jojoba). (AIAIS, 2003)

A la température ambiante sont solides et insolubles dans l'eau, résistent aux AG et à la plus part des réactifs et ils sont difficilement saponifiables.

Figure N°9 : La réaction de formation d'un céride.

I.3.1.2.3. Les stérides :

Les stérides sont des esters d'acides gras et de stérol.

Les stérols sont des alcools à poids moléculaire élevé, ils dérivent du noyau stéroïde produit de la condensation de 4 cycles ayant une fonction alcool secondaire toujours à la même position, dont le principal représentant est le cholestérol. (CHEFTEL, 1977)

Parmi ces stérides, on a les esters de cholestérol (très répandus dans les tissus animaux), différents esters de stérols, cholestérol compris, dans les végétaux. (GRAILLE, 2003)

Figure N°10 : La réaction de formation d'un stéride.

I.3.1.3. Les lipides complexes :

En plus du C, H, O les lipides complexes renferment de l'azote (N₂), du phosphore (P), du soufre (S) et/ou des oses, on a :

I.3.1.3.1. Les glycérophospholipides (les plasmogènes) :

Ce sont des constituants lipidiques principaux des membranes biologiques. Ils sont formés à partir d'acide phosphatidique et d'alcool.

L'acide phosphatidique, c'est l'élément de base des glycérophospholipides, il est constitué de glycérol plus deux acides gras plus la molécule de l'H₃PO₄.

Figure N°11 : Structure chimique d'un acide phosphatidique.

Les deux acides gras ont une chaîne longue ($\geq 14C$), l'acide gras en position 2 est souvent insaturé.

Figure N°12 : La nature de l'alcool constituant de l'acide phosphatidique.

✓ **Les différentes classes de glycérophospholipides :**

Se forme par fixation d'un alcool sur l'acide phosphatidique. Selon l'alcool, on obtient des classes différentes de lipides.

- Phosphatidylsérines : acides phosphatidiques + sérine
- Phosphatidyléthanolamines : acides phosphatidiques + éthanolamine
- Phosphatidylcholines : acides phosphatidiques + choline
- Phosphatidylinositols : acides phosphatidiques + inositol

Figure N°13 : Structure chimique d'un phosphatidyle-sérine.

I.3.1.3.2. Les glycéroglycolipides :

Ce sont des constituants majeurs de certaines membranes des plantes, composés d'un glycérol, deux acides gras et une partie osidique.

Figure N°14 : Structure chimique d'un glycéro-glycolipide.

I.3.1.3.3. Les sphingolipides :

Ce sont des amides de la sphingosine qui se forment par liaison du carboxyle de l'AG sur le NH₂ de la sphingosine :

Figure N°15 : Structure chimique de la sphingosine.

L'AG est fixé par une liaison amide sur le groupement NH₂ du C₂ de la sphingosine.

La céramide (Acylsphingosine) c'est la structure de base des sphingolipides.

Figure N°16 : Structure chimique de la céramide.

Sur le C1 (fonction alcool 1) selon le cas, le sphingolipide peut fixer un acide phosphorique et former un phosphosphingolipide. L' H_3PO_4 peut porter un autre alcool comme la choline et former un sphingomyéline. Les sphingomyélines sont abondants dans le cerveau et les tissus nerveux. Ils diffèrent selon l'AG.

Figure N°17 : Structure chimique de la sphingomyéline.

Le sphingolipide peut aussi fixer un ose ou un dérivé d'ose pour former un glycolipide.

Figure N°18 : Structure chimique de glycolipide.

I.3.2. Les lipides insaponifiables :

La fraction insaponifiable d'un corps gras comprend l'ensemble de ses constituants après hydrolyse basique (saponification), ils sont très peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants des graisses tels que l'étherdiéthylique, hydrocarbures aliphatiques, solvant chlorés, hydrocarbures aromatiques.

Les lipides insaponifiables représentent environ de 0,2 à 2% d'un lipide non raffiné, la moyenne se situant à 1%, bien que l'on rencontre des proportions pouvant aller exceptionnellement jusqu'à 10%.

Les constituants chimiques de l'insaponifiable peuvent être extrêmement variés en natures et en proportions, on peut citer :

- ✓ Les hydrocarbures divers : les carotènes, squalène.
- ✓ Les composés terpéniques : les tétras terpène, di terpènes.
- ✓ Des alcools gras.
- ✓ Les vitamines liposolubles : A, D et E. (KARLESKIND, 1992)

Tableau N°04 : Taux d'insaponifiable des principales matières grasses (KARLSKID, 1992).

Matière grasse	Insaponifiables %
Arachide	0,6-1,0
Coton	0,6-1,5
Tournesol	0,5-1-5
Colza	0,7-1,8
Soja	0,5-1 ,6
Mais	0.8-2,0
Lin	0 ,5-1,3
Amande	0,3-1,2
Olive	0,4-0,8
Grignon d'olive	1,2-2,0

I.4. Les propriétés physico-chimiques des corps gras :**I.4.1. Les propriétés physiques :****I.4.1.1. Point de fusion et point d'ébullition :**

A la température ambiante, les acides gras sont à l'état liquide si le nombre de leurs atomes de carbone est inférieur à 10 ; ils sont à l'état solide s'ils sont plus de 10 atomes de carbone. La présence de doubles liaisons dans un acide gras abaisse son point de fusion par rapport à celui de l'acide gras saturé correspondant.

Le point d'ébullition des acides gras est d'autant plus élevé que la chaîne est plus longue ; la présence de double liaison est pratiquement sans influence.

Tableau N°05 : Point d'ébullition de quelques acides gras.

Acides gras	Nombre d'atomes de carbone et de doubles liaisons	Point d'ébullition (2 mm de mercure)
Acide myristique	C14 : 0	127°C
Acide palmitique	C16 : 0	148°C
Acide stéarique	C18 : 0	166°C
Acide oléique	C 18 : 1	165°C
Acide linoléique	C18 : 2	164°C
Acide linoléique	C18 : 3	163°C

I.4.1.2. Solubilité :

Les acides gras à court chaîne (C4, C6) sont solubles dans l'eau ; mais dès que le nombre d'atomes de carbone de la chaîne augmente, les acides gras sont insolubles dans l'eau. Ils sont solubles dans les solvants organiques.

I.4.1.3. Densité :

Les AG comme tous les lipides possèdent un grand nombre d'atomes légers : C, H. les molécules sont volumineuses, mais peu denses. Les AG ont une densité inférieure à celle de l'eau, ce qui explique pourquoi l'huile remonte à la surface de l'eau ou du vinaigre quand l'émulsion n'est pas stabilisée.

1.4.1.4. Absorption de la lumière :

Qu'ils soient saturés ou non, les AG n'absorbent la lumière, ni dans le visible, ni dans l'UV à 280 nm car les doubles liaisons ne sont pas conjuguées. Ces AGPI chauffés en milieu alcalin s'isomérisent en AG à doubles liaisons conjuguées et absorbent dans UV.

1.4.1.5. Point de fumée et point éclair :

Les corps gras résistent à la chaleur, cette résistance est liée à la composition en AGL, elle est exprimée en deux indices : le point de fumée, qui est la température à laquelle une huile chauffée commence à dégager de la fumée, et le point éclair quand elle s'enflamme au contact d'une flamme. (PRIOR, 2003)

1.4.1.6. Plasticité :

La plasticité de plusieurs lipides à la température ambiante explique la plupart des propriétés fonctionnelles qu'ils peuvent conférer aux aliments. (PRIOR, 2003)

1.4.2. Propriétés chimiques :

Les propriétés chimiques des lipides en général, sont dues à la fonction acide, à la chaîne carbonée et aux doubles liaisons. En effet, celles-ci leur confèrent une large gamme de réactions.

1.4.2.1. Addition d'hydrogène (hydrogénation) :

Ce procédé est utilisé dans la production des graisses et des margarines. Elle consiste à saturer au moyen de l'hydrogène, tout ou une partie des doubles liaisons des acides gras insaturés, et permet d'augmenter leurs points de fusion, et d'accroître ainsi la stabilité de l'huile.

Figure N°19 : La réaction d'hydrogénation d'un acide gras insaturé

1.4.2.2. Addition d'oxygène (oxydation) :

Les oxydants puissants sont l'azote, le MnO_4 à chaud. Ils provoquent la scission d'une molécule d'acide gras insaturé en mono-et diacide.

Figure N°20 : La réaction d'oxydation d'un acide gras insaturé.

Les huiles et les graisses peuvent s'auto oxyder à l'air libre, il existe deux phénomènes :

- Le phénomène de rancissement : ils produisent des aldéhydes (mauvaises odeur) et des acides toxiques. Dans le corps humains le taux d'oxydation d'acide gras est limité par la vitamine E.
- Le phénomène de siccativité : des huiles polyinsaturées (huile de lin) par fixation d'O₂ sur la polymérisation en vernis solide est imperméable. Cette caractéristique est utilisée pour permettre un séchage plus rapide des peintures.

I.4.2.3. Addition d'halogène:

Les liaisons éthyléniques des acides gras peuvent fixer quantitativement des halogènes, cette propriété est utilisée pour déterminer leur indice d'iode (le nombre de double liaisons dans un AG).

Par définition l'ID est : la quantité d'iode en (g) qui peuvent fixer 100g de matières grasses.

Figure N°21 : La réaction d'addition d'halogène.

I.4.2.4. Estérification :

Les AG peuvent être estérifiés par le glycérol, pour former des glycérides.

I.4.2.5.Saponification (Formation des sels) :

Les triglycérides, en présence d'une base et à chaud sont hydrolysés pour former du savon et de glycérol.

Par définition l'indice de saponification est : la quantité en mg de potasse nécessaire pour neutraliser 1g de matière grasse. Il permet de déterminer le poids moléculaire de glycéride. Pour 1 mole de TG, on obtient 1 mole de glycérol et 3 moles de savons.

Figure N°22 : La réaction de saponification d'un triglycéride.

I.4.2.6.Hydrolyse :

Les triglycérides peuvent subir une hydrolyse chimique (eau) ou enzymatique (lipases) pour donner des di glycérides, des mono glycérides et enfin des AG libres et le glycérol.

I.5.Rôles biologiques et nutritionnels des corps gras :

Dans l'organisme, les lipides ont quatre fonctions principales :

- **Reserve d'énergie** : stockés sous forme de triglycérides dans les tissus adipeux, les lipides constituent ainsi une réserve énergétique mobilisable (1g de lipides donne environ 9,3 KC par contre les hydrates de carbone (les sucres) fournissent 4Kcal).
- **Un rôle structural** : les acides gras servent à la synthèse d'autres lipides, notamment les phospholipides qui forment les membranes autour des cellules et des organelles. La composition en acides gras de ces phospholipides donne aux membranes des propriétés physiques particulières (élasticité, viscosité).
- **Un rôle de messenger** : les acides gras sont les précurseurs de plusieurs messagers intra et extracellulaires. Par exemple, l'acide arachidonique est le précurseur des eïcosanoïdes, hormones intervenant dans l'inflammation et la coagulation sanguine.
- **Un rôle de transport de vitamines** : les corps gras alimentaires véhiculent quatre vitamines liposolubles : A, D, E et K. (Seghier et Benahmed, 2014)

I.6.Sources alimentaires :

Toutes les matières grasses alimentaires représentent des mélanges d'acides gras saturés, mono-insaturés et polyinsaturés. Certaines matières grasses animales se composent principalement d'acides gras mono- et polyinsaturés, comme la graisse de porc et de volaille, d'autres principalement d'acides gras saturés, comme la graisse lactique. La plupart des matières grasses alimentaires d'origine végétale se composent essentiellement d'acides gras mono- et polyinsaturés. Dans certaines d'entre elles, ce sont les acides gras saturés qui prédominent (huile de palme et graisse de coco).

Chapitre II

Les huiles végétales

II.1. Historique :

L'huile est utilisée depuis des siècles, bien que les premières matières grasses utilisées par l'homme proviennent de la graisse fondue des animaux. La première utilisation de l'huile n'avait pas de vocations alimentaires, il s'agissait bien souvent de combustible servant à l'éclairage.

L'huile est une matière grasse, onctueuse et épaisse, souvent liquide à température ambiante.

Une huile végétale renferme en général plus de 99 % de lipides, ni glucides, ni protides et très peu ou pas de cholestérol. Quelques vitamines et antioxydants liposolubles complètent le pourcentage restant (1%).

Elles sont indispensables pour les papilles mais également pour la santé car elles apportent les acides gras nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. De plus que leur goût et leur prix, les huiles végétales diffèrent par leur composition, d'où l'importance de bien choisir ses produits, surtout pour un usage quotidien.

II.2. Dénomination :

« **Huile vierge de...** »: Dénomination réservée aux huiles alimentaires provenant exclusivement de la graine ou du fruit dont le nom figure sur la dénomination. Les huiles ainsi dénommées doivent avoir été obtenues uniquement par des procédés mécaniques, clarifiées seulement par des moyens physiques ou mécaniques et n'avoir subi aucun traitement chimique, ni aucune opération de raffinage.

« **Huile de...** » : Toute huile, autre que l'huile d'olive, provenant d'une seule graine ou d'un seul fruit, qui ont subi des opérations prévues pour les huiles vierges, a subi celles du raffinage. La présence d'une huile étrangère peut être tolérée jusqu'à 2% dans le produit fini, compte tenu de certains impératifs techniques.

« **Huile végétale** » : huile constituée par un mélange d'huiles végétales alimentaires.

Parmi les huiles végétales on retrouve les deux mentions suivantes :

«**Huile végétale pour friture et assaisonnement**»: si la teneur en acide linoléique ne dépasse pas 2%.

«**Huile végétale pour assaisonnement**»: si la teneur en acide linoléique est supérieure à 2%.

«**Huiles d'olives vierges**»: huiles obtenues à partir du fruit de l'olivier, uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques, dans des conditions thermiques notamment, qui n'entraînent pas d'altération de l'huile, et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration.

«**Huile d'olive vierge extra**»: huile d'olive vierge et dont la notation organoleptique est égale ou supérieure à 6,5, dont l'acidité libre est au maximum de 1%.

«**Huile d'olive vierge**»: (l'expression «fine» pouvant être employée au stade de la production et du commerce de gros), huile d'olive vierge est dont la notation organoleptique est égale ou supérieure à 5,5, dont l'acidité libre est au maximum de 2%.

«**Huile d'olive vierge courante, ou ordinaire**»: huile d'olive vierge et dont la notation organoleptique est égale ou supérieure à 3,5, dont l'acidité libre est au maximum de 3,3%.

«**Huile d'olive vierge lampante**»: huile d'olive vierge et dont la notation organoleptique est inférieure à 3,5, et/ou l'acidité libre est supérieure à 3,3% (ce type d'huile était utilisé autrefois comme combustible dans les lampes à huile, d'où ce nom).

«**Huile d'olive raffinée**» : huile d'olive obtenue par le raffinage d'huiles d'olive vierges, dont l'acidité libre ne peut être supérieure à 0,5%.

«**Huile d'olive** »: huile constituée par un coupage d'huile d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges autres que lampantes, dont l'acidité libre ne peut être supérieure à 1,5%.

II.3. Qualitatifs et mentions :

Les mentions « **vierge** » et « **naturelle** » sont exclusivement réservées aux huiles pures extraites par des moyens mécaniques de fruits ou de graines en bon état de conservation, propres et mûres, sans rancissement ni moisissures, bien clarifiées et qui n'ont été ni raffinées ni blanchies ou neutralisées par des moyens chimiques.

« **Pression à froid** » ne doit pas être incluse dans la dénomination de vente, ni accompagner directement celle-ci. Rien ne s'oppose cependant à ce que ces termes figurent dans un libellé expliquant le procédé d'obtention de l'huile.

II.4. Les huiles alimentaires :

Ce sont les huiles végétales utilisées en cuisine comme huiles de cuisson ou pour des fritures. Pour chaque huile, il existe une température critique ou (point de fumage) au-dessus de laquelle il ne faut pas la dépasser. Quand l'huile atteint la température critique, ses composants se dégradent, forment des composés toxiques et l'huile fume. C'est pour cela que certaines huiles comme l'huile de noix dont la température critique est faible sont déconseillées pour la cuisson.

Tableau N°06 : Point de fumage de quelques huiles alimentaires.

Huiles	Point de fumage
Huile d'arachide	220°
Huile de tournesol	160°
Huile de soja	150°
Huile de germe de maïs	140°
Huile d'olive	210°

II.4.1. Huile de palme

L'huile de palme est une matière grasse végétale issue de la culture du palmier à huile. (Voiturez, 2000)

Cette huile extraite par pression à chaud de la pulpe des fruits. Elle ne doit pas être confondue avec l'huile de palmiste qui est issu du noyau des fruits. (Lefevre, 2015)

Comme tout corps gras fluide ou concret, elle contient près de 100% de lipides sous formes de glycérides. Elle contient environ 50% d'acides gras saturés et 50% d'acides gras insaturés. (Lecerf, 2013)

II.4.2. Huile de coprah

L'huile de coco, aussi appelée huile de coprah, est une huile végétale concrète issu à partir de l'albumen séché de la noix de coco. Elle est utilisée dans différents domaines et tout particulièrement pour la fabrication du monoï. L'huile de coco peut aussi désigner l'huile issue de l'albumen frais de la noix de coco. Très utilisée dans l'industrie alimentaire pour la confection de chocolat, de crèmes glacées et de margarines, et aussi comme huile de cuisson.

Utilisée également dans l'industrie cosmétique où elle entre notamment dans la composition des savons. Sa couleur est généralement d'un jaune plus ou moins brunâtre. Sa qualité dépend de celle du coprah qui est très variable selon les conditions de séchage, de stockage et de transport. (Michel, 2012)

II.4. 3.Huile de soja

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

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

II.4.4.Huile de tournesol

Le tournesol est une plante oléagineuse annuelle dont le nom scientifique est *Helianthus annuus L.* L'appellation tournesol provient de sa tendance à se tourner vers le soleil pendant la journée, alors que son nom scientifique fait référence à la forme caractéristique de son inflorescence composée ou capitule. En grec *Helios* signifie soleil et *anthos* signifie fleur. L'appellation anglaise et allemande est quant à elle la traduction littérale du nom scientifique avec sun flower et sonnenblume, alors que l'appellation espagnole gerasol est la même que l'appellation française. (Kartika, 2005)

Les variétés classiques de tournesol produisent des huiles riches en acide linoléique (C18:2, \approx 60%), à faible teneur en acide oléique (C18:1, \approx 20%) et pratiquement sans acide linoléique (C18:3, $<$ 1%).

II.4.5.Huile de maïs :

L'huile de maïs, de la famille des graminées, originaire d'Amérique est de couleur ambrée et de saveur douce. Elle ne devrait pas s'appeler ainsi mais l'huile de germe de maïs. C'est le germe du grain de maïs, riche en lipides, qui fournit en fait l'huile. Mais comme il se trouve bien caché à l'intérieur du grain, c'est celui-ci entier qui est traité. Le germe de maïs utilisé pour la fabrication de l'huile représente environ 6% du poids de la graine entière. Les germes contiennent 45 à 50% d'huile. (Alfred Thomas, 2002)

Cette huile est particulièrement recommandée pour les assaisonnements. Elle peut être utilisée à chaud, mais elle est déconseillée en friture.

II.5.L'extraction des huiles :

Les huiles que nous consommons sont issues de végétaux différents (oléagineux), certaines proviennent de fruits, d'autres de graines.

L'huile contenue dans une graine ou un fruit oléagineux en est extraite selon deux méthodes :

A) Mécanique (à l'aide de presses) : elle s'effectue avec une pression relativement élevée de 500 bars dans des presses continues. (ALAIS et LINDEN, 1997)

B) Chimique (à l'aide de solvant) : cette méthode est utilisée pour récupérer l'huile restant dans le résidu (5 à 15% variable selon le produit. (LEGOFF, 2003).

Sur cette dernière, on procède à une extraction par un solvant volatil (hexane) qui permet de récupérer l'huile et d'obtenir un tourteau déshuilé, sans solvant, riche en protéine, amidon destiné à l'alimentation animale.

En fonction des diverses matières premières végétales, l'extraction mécanique et chimique est précédé par un traitement préparatif de la graine, cette préparation facilite l'extraction et donne de meilleurs rendements en huiles.

Cette étape comporte :

- ✓ Le nettoyage
- ✓ Le décorticage et dé pelliculage
- ✓ Broyage et tamisage
- ✓ Conditionnement thermique de la graine.

II.6.Les traitements subissent les huiles :

Il existe deux types de traitement des huiles, l'un est un procédé de purification, appelé encore raffinage, qui se doit de garantir un produit d'aspect engageant, neutre de goût, résistant à l'oxydation, l'autre est un procédé de transformation qui répand au développement des industries (margarine, biscuiterie,...etc.)

II.6.1. Raffinage (purification) :

Le raffinage est une suite d'opérations technologiques, qui ont pour but de conférer aux huiles destinées à l'alimentation, une stabilité et des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes, en éliminant au maximum les composés indésirables contenus dans l'huile brute (toxiques pour l'homme et nuisent la qualité de l'huile), tel que les AGL, les cires, les pigments colorés...etc.

Tableau N°07 : Constituants indésirables éliminés au cours du raffinage.

Cette opération se fait en passant par ces étapes :

II.6.1.1. Démucilagination ou (dégommage) :

La démucilagination est la première étape de raffinage, elle vise à éliminer sous forme de précipités, les mucilages (lécithines, phosphatides...) contenus en faibles quantités dans l'huile brute (1%), par traitement à l'acide phosphorique (1 à 3%), en présence de l'eau bouillante avec agitation durant 30 mn avant la centrifugation. (GRAILLE, 2003)

II.6.1.2. Neutralisation ou (désacidification) :

Elle permet d'éliminer presque complètement des AG libres responsables d'acidification et d'oxydation, et d'autres impuretés (phospholipides restants, colorants, métaux, protéines, l'excès d'acides phosphoriques).

L'huile chauffée à 80-90°C est agitée avec de la soude, les AGL et les autres impuretés passent dans la phase aqueuse sous forme de savons, et seront éliminés lors de la décantation ou de la centrifugation qui suivent :



(CHEFTEL, 1986)

II.6.1.3.Lavage :

C'est l'opération qui permet d'éliminer les substances alcalines (savon et soude en excès) présentes dans l'huile à la fin de la neutralisation ainsi que les dernières traces d'impuretés (VIERLING, 1999), pour le bien mener le lavage s'effectue en deux phases : une première avec une solution de NaCl (8 à 10%) et une seconde avec de l'eau chaude (90°). (DENISE, 1982)

II.6.1.4.Séchage :

Elle vise à déshydrater l'huile sous vide à une température de 105 à 110°C, afin d'éviter l'inactivation de la terre décolorante et le colmatage rapide des filtres. On obtient alors de l'huile séchée.

II.6.1.5.Décoloration (ou blanchiment) :

L'huile neutre est traitée par une terre adsorbante pour éliminer les dernières traces de pigments colorants principalement la chlorophylle et les caroténoïdes.

La décoloration s'effectue à 100°C sous azote ou à 80°C sous vide. La quantité de terre est de l'ordre 1%.

D'autres procédés ont été utilisés comme l'oxydation chimique mais les glycérides sont altérés par ces traitements. (SAOSENK et CHETY, 2004)

II.6.1.6.La filtration :

Permet la séparation de l'huile décolorée de la terre décolorante usée à travers des filtres semi perméables, suivis des filtres presses pour une meilleure séparation. Les matières solides se déposent à la surface des filtres.

II.6.1.7. Décirage (wentérisation):

Elle consiste à faire cristalliser à basse température des triglycérides à point de fusion élevés, et qui seront ensuite éliminés par filtration ou centrifugation, pour éviter leur cristallisation et formation d'un trouble correspondant aux cires dans les huiles pendant l'entreposage. (GRAILLE, 2003)

II.6.1.8. Désodorisation (ou vaporisation):

Elle vise à éliminer les molécules odorantes (aldéhydes et cétone), et les impuretés persistantes par un traitement à la vapeur d'eau (150 à 180°C) sous vide. Les aldéhydes et les cétones sont souvent responsables d'odeur désagréable, et les AGL dont certains sont très sensibles à l'oxydation. L'huile est ensuite séchée, pour éviter l'hydrolyse des triglycérides, refroidie, stockée à l'abri de l'air et de la lumière avant son utilisation (conditionnement ou transformation). (CHEFTEL, 1986 ; KARLSKIND, 1992)

II.6.1.9. La frigélisation :

L'huile est refroidie ce qui supprime les triglycérides à PF élevé (AGS, AG trans) en les cristallisant. Elle est ensuite filtrée entraînant ces produits concrets et on obtient une huile raffinée qui sera remise à température ambiante et conditionnée pour le stockage.

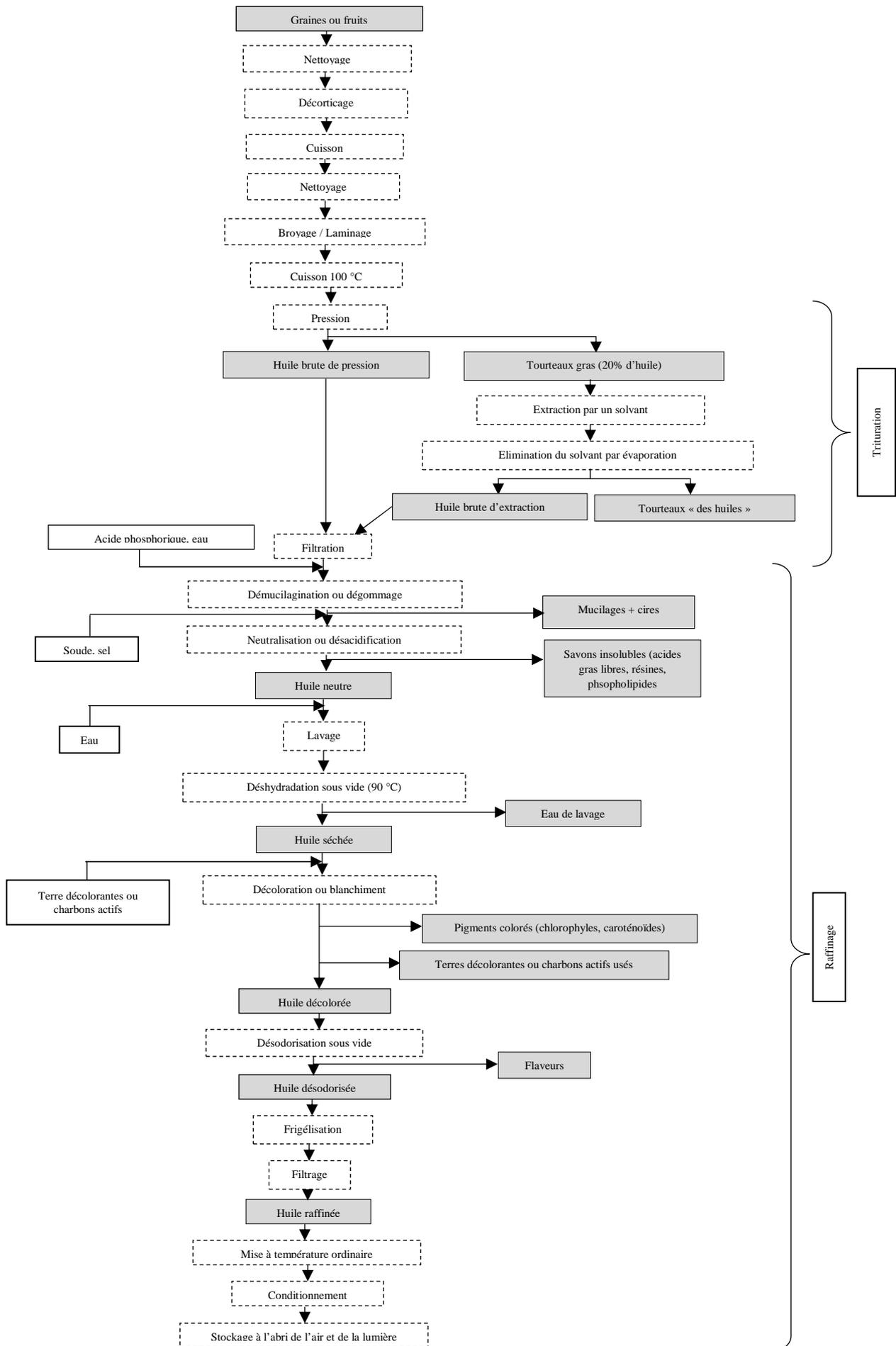


Figure N°23 : Schéma d'obtention des huiles alimentaires raffinées.

II.6.2. Transformation :

Les huiles végétales raffinées sont transformées par des processus technologiques à des produits secondaires (la margarine).

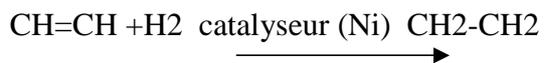
II.7. Autres traitements autorisés pour les huiles comestibles :

Leur but est de modifier leurs propriétés physico-chimiques afin d'élargir leurs propriétés technologiques.

II.7.1. Hydrogénation :

Elle consiste à saturer au moyen d'hydrogène tout ou une partie des doubles liaisons des acides gras insaturés au moyen d'un catalyseur approprié. Cela augmente le point de fusion, convertissant une huile liquide en une graisse semi-solide. (ALAIS, 2003)

L'hydrogénation provoque d'autres modifications comme l'isomérisation cis trans et la migration des doubles liaisons pouvant conduire à la conjugaison. (GRAILLE, 2003)



Il existe deux types d'hydrogénation :

- ✓ **Hydrogénation partielle ou sélective** : elle permet la stabilité à la chaleur et à l'oxydation des huiles (colza, soja) riches en AGPI en transformant par exemples l'acide linoléique à trois double liaisons ou l'acide linoléique en acide oléique ou des isomères à une double liaison, mais ce traitement provoque une certaine isomérisation de ces AG et formation d'isomère trans, et d'isomères de position, en revanche le choix de bonnes conditions (catalyseur, température, pression) permet de limiter leurs formation. (TREMOLIERES et al, 1984 ; FAUR, 1992)
- ✓ **Hydrogénation non sélective** : elle a pour but la préparation de matières grasses solides pour la fabrication de margarine. Ce type d'hydrogénation vise à saturer dans une forte proportion et parfois même totalement, les double liaisons des acides gras insaturé avec formation d'isomères. (ALAIS et LINDE, 1994)

Le tableau suivant donne les conditions d'hydrogénation sélective et non sélective :

Tableau N°08 : Conditions d'hydrogénation affectant la sélectivité.(GRAILLE, 2003)

Paramètres	Hydrogénation sélective	Hydrogénation non sélective
Température	Elevée	Basse
Pression d'hydrogène	Faible (1 atm)	Elevée (>3atm)
Agitation	faible	Elevée
Concentration de catalyseur	Elevée (0,05%Ni)	Faible (0,02%Ni)
Type de catalyseur	sélectif	Non sélectif
Formation d'isomère trans	beaucoup	Peu
Profil de teneur en solide	Abrupt	Pente douce

II.7.2.Le fractionnement :

Le fractionnement est une opération qui a pour but de diviser un corps gras, en deux ou plusieurs fractions de caractéristiques différentes, présentant chacune de meilleures propriétés que le corps gras d'origine. Il permet :

- ✓ Soit d'obtenir de nouveaux produits (fraction liquide, fraction solide) offrant plus de possibilités d'utilisation que le produit d'origine (emploi, performance et qualité).
- ✓ Soit d'éliminer les constituants à haut point de fusion qui, à l'état de trace ou de faible pourcentage, peuvent altérer les propriétés organoleptiques. (COSSUT, 2002)

Le processus consiste en une fusion totale, ou dissolution, dans un solvant approprié, puis en un conditionnement thermique suivi d'une cristallisation, et d'une séparation des fractions, liquides (oléine) et solides (stéarine). (GRAILLE, 2003)

II.7.3.Inter-estérification :

L'inter -estérification est une opération qui vise à modifier la structure glycéridique des matières grasses par réarrangement moléculaire des AG sur le glycérol, de manière à

obtenir une amélioration du corps gras sur le plan nutritionnel et sensoriel.(TREMOLIERES, 1984 ; FAUR, 1992)

Cette réaction est catalysée par l'éthylène de sodium (0,1 à 2% en poids par rapport à l'huile, 100 à 200°C) et le produit fini présente un PF abaissé et une texture fine et stable.

Il existe deux catégories de l'inter-estérification :

- ✓ **Inter-estérification au hasard** : la plus répandue, elle permet de réarranger les AG sur le triglycérol selon une répartition purement statistique, basée sur la concentration en AG du corps gras de départ.
- ✓ **Inter-estérification dirigée** : Moins pratiquée, au cours de laquelle on arrange, on jouant sur un facteur, la température de réaction, pour favoriser le changement d'état d'un triglycérol qui, passant de l'état liquide à l'état solide, modifie l'équilibre dans la phase liquide.

L'intérêt de l'inter-estérification résulte du fait que cette réaction améliore sensiblement les propriétés physiques et plastiques des corps gras (point de fusion, plasticité, dilatation). (DUPIN, 1992)

II.8. Conséquences de modifications sur le corps gras :

Les modifications apportées sur les corps gras ont des conséquences directes sur leurs propriétés physico-chimiques, tout en leur permettant d'obtenir quelques propriétés fonctionnelles particulières.

Les huiles de frites (température 200°C), résistent à l'oxydation et à la polymérisation, par leur appauvrissement en acide linoléique, et l'élimination des AG libres, des mono et des di glycérides ; responsables après décomposition de la production de fumées et de composés à odeur âcre (acroléine). (VIERLING, 2003)

L'inter estérification dirigée permet d'obtenir des graisses émulsifiables (shortenings) à partir du saindoux.

Pour les margarines qui sont obtenus par hydrogénation, inter estérification, la principale propriété fonctionnelle désirée est une consistance appropriée, variable dans des limites assez précises en fonction de la température. (CHEFTEL, 1986; VIERLING, 2003)

Chapitre III

Généralités sur la margarine

III.1.Historique :

La margarine a été développée en 1869 après que l'empereur Louis Napoléon III de France a offert un prix pour un produit de remplacement du beurre peu coûteux apte à se conserver sans s'altérer tout en gardant sa valeur nutritive.

La production beurrière traînait loin derrière la demande en raison d'un approvisionnement court en lait dans toute l'Europe occidentale. La migration des populations des fermes aux usines pendant la révolution industrielle avait créé une demande du beurre que l'offre de lait ne pouvait combler, causant des prix du beurre exorbitants. La situation était particulièrement sérieuse en France parce que le pays était dans une dépression sociale et économique, s'ajoute à cela la guerre imminente avec la Russie. Des tentatives avaient été entreprises durant des années pour créer un substitut du beurre, mais un chimiste français a gagné le prix la première année où il a été offert. Hippolyte Megè-Mouriès a obtenu le nombre de brevet français 86480 pour son développement qu'il a appelé « oléo-margarine », une combinaison du mot grec pour « homologue de perle » (parce qu'il manifeste un aspect de lustre nacré une fois cristallisé). (O'Brien, 2009)

Les premières margarines étaient composées d'une émulsion de graisses animales et marines, d'eau ou de lait. Ces graisses ont ensuite été remplacées par des graisses de palme, de coprah et de palmiste. (Apfelbaum et al, 2009)

Ces graisses végétales (coprah, palme et palmiste) ont pris une place de plus en plus grande dans la formulation de la phase lipidique des margarines. (Alais et Linden, 1997)

Dans une seconde étape de l'histoire de ce produit sont apparues les huiles végétales fluides, durcies par hydrogénation. Cette invention ouvrit la porte aux huiles d'arachide, tournesol, soja et colza dans la margarine. (Dupin 1992)

III.2.Définition :

La margarine est une émulsion du type eau dans l'huile (W/O) qui comprend deux phases essentielles :

- ✓ Une phase continue : la phase grasse (80%).
- ✓ Une phase dispersée : la phase aqueuse.

Elle contient aussi des additifs (lécithines, mono glycérides, sel, colorant, antioxydants, conservateurs, vitamines) répartis en partie dans la phase grasse (solubles dans les corps gras) et en partie dans la phase aqueuse (solubles dans l'eau et/ou le lait). (Karleskind, 1992)

III.3. Beurre ou margarine :

A la différence du beurre, la margarine n'est pas fabriquée à partir de lait. L'origine de ses acides gras est diverse, principalement végétale. La margarine était préparée au début en émulsionnant des graisses animales (suif ou saindoux) avec de l'eau et du lait ou de la crème. On emploie à l'heure actuelle une grande variété de corps gras, allant des huiles végétales plus ou moins hydrogénées. Les margarines sont actuellement préparées avec des huiles contenant principalement des acides gras en (C18) ; elles consistent en un mélange de 2 ou 3 qualités d'huile partiellement hydrogénée. Au moment de la fabrication, la graisse se présente sous forme de cristaux d'une taille en général de l'ordre de 5 μm . La margarine peut être un bon compromis nutritionnel entre l'huile et le beurre pour certaines utilisations. (Cheftel et Cheftel, 1977 ; Bauer, 2004 ; Aboke *et al.*, 2008).

III.4. La margarine est une émulsion :

Il existe de nombreuses situations où deux liquides non miscibles doivent être compatibilisés de manière que leur mélange puisse être manipulé, administré, utilisé sans séparation. L'une des techniques les plus répandues consiste à émulsifier une phase dans l'autre en utilisant une agitation mécanique, d'une part, et un composé émulsifiant d'autre part. La formulation obtenue, qui est une émulsion, peut le plus souvent être décrite comme une dispersion de gouttelettes de l'une des phases dans l'autre. On distingue donc une phase dispersée et une phase continue. On parle d'émulsion eau dans huile E/H si la phase continue est une phase grasse (cas du beurre et de la margarine) et d'émulsion huile dans eau H/E si la phase continue est constituée d'un liquide polaire associé d'ordinaire, il s'agit d'eau ou d'une solution aqueuse, (cas des crèmes glacées par exemple). (Brochette, 1999)

Pour que l'émulsion soit durable (c'est-à-dire que l'état dispersé demeure lorsqu'il n'y a plus d'agitation mécanique), il est nécessaire d'utiliser un agent émulsionnant ou émulsifiant. Bien qu'il puisse aussi faciliter le phénomène de dispersion en abaissant la tension interfaciale, le rôle de l'agent émulsifiant est surtout de stabiliser le système dispersé en inhibant les phénomènes de dégradation. Puisque ces molécules s'adsorbent fortement à

l'interface huile-eau et ont peu de contraintes stériques pour les empêcher de se lier étroitement, elles produisent de basses tensions inter-faciales et sont très efficaces pour abaisser l'énergie inter-faciale de Gibbs. (Brochette, 1999; Dalgleish, 2004)

Figure N°24 : Représentation d'émulsion de la margarine.

III.5. Composition de la margarine :

III.5.1. phase grasse (82%) :

La phase grasse (le blend d'huiles) représente la partie la plus importante de l'émulsion, qui peut être d'origine végétale, animale, marine selon les performances souhaitées par la production. En effet, le choix des huiles de cette phase détermine les qualités du produit fini et leur utilisation (margarine de table, pâte à tartiner, plat cuisiné, produits divers). (Morin, 2005)

- ✓ **Matière grasse d'origine végétale :** il s'agit des huiles liquides ou fluides à 15°C provenant en particulier d'arachide, colza, tournesol...etc. Des huiles concrètes fondant entre 15 et 40°C, obtenus à partir de noix de coco (coprah), du palmier à huile (palme et palmiste).
- ✓ **Matière grasse d'origine animale :** il s'agit des huiles de poisson hydrogénées, de saindoux et de matières grasses d'origine laitière (au plus 10 %).

III.5.2.Phase aqueuse (16% maximum) :

Elle est constituée soit d'eau, soit de lait ou d'un mélange des deux, elle est très sensible à des contaminations bactériennes, et donc nécessite une pasteurisation préalable. (Karleskind, 1992)

- ✓ **Eau** :qui est considérée comme le constituant le plus important de la phase aqueuse. Elle doit être pure et saine sur le plan microbiologique. (Faur, 1992)
- ✓ **Lait**: le lait doit être pasteurisé, écrémé, et généralement additionné de ferments lactiques qui développent un arôme agréable proche de celui du beurre. (Faur, 1992)

III.5.3.Additifs liposolubles et hydrosolubles :

Les émulsifiants : ce sont des composés ayant des propriétés tensioactives, dues à leurs structures chimiques composées à la fois de groupes hydrophiles et lipophiles et de ce fait pouvant se dissoudre dans les deux phases, permettant leur union sous forme d'émulsion homogène. (Luterotti et *al.*, 2006)

On utilise ainsi des lécithines de soja, des mono et di-glycérides, composés des acides stéarique, palmitique, oléique ou linoléique. (Émilie fredot, 2009)

Les colorants : La couleur de la margarine doit être assez voisine de celle du beurre. Elle est obtenue soit par addition d'huile de palme rouge riche en caroténoïdes ou de β -carotène de synthèse. (Luterotti et *al.*, 2006)

Les arômes: Les margarines sont souvent aromatisées par le diacétyle, arôme naturel du beurre, qui est un liquide jaunâtre à forte odeur qui donne à la margarine une odeur et un goût de beurre d'une manière permanente, au-delà d'une certaine limite, le goût n'est plus agréable et est jugé artificiel. (Faur,1992)

Vitamines : Il s'agit des vitamines A, D et E qui sont naturelles ou synthétiques. Peuvent également être employées comme anti oxygènes, additionnées de substances dites synergiques, comme l'acide citrique ou phosphorique qui complètent leur action stabilisatrice. (François, 1974; Faur, 1992)

Sel : il est employé pour donner à la margarine son goût propre, il intervient dans le profil de la saveur, à côté de son rôle dans l'amélioration de la sapidité, peut être bactériostatique. (François, 1974 ; Faur, 1992)

Conservateurs: les conservateurs les plus utilisés sont les acides faibles tels que l'acide sorbique (E200), qui possède un bon effet fongistatique, dont l'action inhibitrice est en fonction de sa concentration. L'acide sorbique est autorisé avec une teneur de 2g/kg. (Denis, 1992)

Correcteurs de pH: l'acide citrique est un antioxydant synergique avec l'acide sorbique puissant qui permet le contrôle du pH de la phase aqueuse, son utilisation est autorisée à des doses maximales de 0,1%. (Alaise et Linden, 1997)

Tableau N°09 : les additifs alimentaires autorisés dans la margarine selon la norme *CODEX STAN 256-2007*.

Classes fonctionnelles d'additifs	No. INS	Additif	Niveau maximum d'utilisation
Régulateurs de l'acidité	262(ii)	Diacétate de sodium	1 000 mg/kg
	334; 335(i), (ii); 336(i), (ii); 337	Tartrates	100 mg/kg (sous forme d'acide tartrique)
	338; 339(i), (ii), (iii); 340(i), (ii), (iii); 341(i), (ii), (iii); 342(i), (ii); 343(i), (ii), (iii); 450(i), (ii), (iii), (v), (vi); (vii), 451(i), (ii); 452(i), (ii), (iii), (iv), (v); 542	Phosphates	1 000 mg/kg (sous forme de phosphore)
Antimoussants	900a	Polydiméthylsiloxane	10 mg/kg (pour la friture uniquement)
Anti oxygènes	304, 305	Esters d'ascorbyle	500 mg/kg (sous forme de stéarate d'ascorbyle)
	384	Citrates d'isopropyle	100 mg/kg
	385, 386	EDTA	100 mg/kg (sous forme d'EDTA de calcium di sodique anhydre)
		...	

Colorants	100(i)	Curcumine	10 mg/kg
	101(i), 101(ii)	Riboflavines	300 mg/kg
	160b(i)	Extraits de rocou, sur base de bixine	100 mg/kg (sous forme de bixine)
Émulsifiants	432, 433, 434, 435, 436	Polysorbates	10 000 mg/kg (seuls ou en combinaison)
	484	Citrate de stéaryle	100 mg/kg (de graisse ou d'huile)
	491, 492, 493, 494, 495	Esters de sorbitane d'acides gras	10 000 mg/kg (seuls ou en combinaison)
	...		
Arômes	Substances aromatisantes naturelles et substances aromatisantes artificielles.		
Agents de conservation	200, 201, 202, 203	Sorbates	2 000 mg/kg (seuls ou en combinaison [sous forme d'acide sorbique])
	210, 211, 212, 213	Benzoates	1 000 mg/kg (seuls ou en combinaison [sous forme d'acide benzoïque])
Stabilisants et épaississants	405	Alginate de propylène glycol	3 000 mg/kg

La présente norme détermine aussi les contaminants autorisés qui peuvent être trouvés dans la margarine et leur concentration maximale.

Les métaux lourds Concentration maximale autorisée

Plomb (Pb) 0,1 mg/kg

Arsenic (As) 0,1 mg/kg

III.6. Les caractéristiques de la margarine :

III.6.1. Caractéristiques physiques :

La margarine est caractérisée par sa texture buccale et tactile, ces deux caractères sont conditionnés par les paramètres suivants :

- ✓ Son point de fusion qui doit être de l'ordre de 34-37°C, puisque la margarine doit fondre dans la bouche.
- ✓ Son état plastique, fait que la margarine n'est pas tout à fait solide, ni tout à fait liquide.
- ✓ Son état d'émulsion très fine eau dans l'huile (l'eau est dispersée dans le corps gras sous forme de gouttelettes de quelques micros de mètre). (François 1974)

III.6.2. Caractéristiques chimiques

Ces derniers sont assez variables du fait qu'il y a plusieurs sortes de margarines selon les emplois et méthodes de fabrication. Les valeurs intéressantes à connaître sont :

- ✓ La composition du produit.
- ✓ La composition en acides gras de la phase grasse et, en particulier, la teneur en AG essentiels.
- ✓ La nature et la teneur en divers éléments non glycérides (tocophérol).
- ✓ Les indices du degré de fraîcheur : acidité, indice de peroxyde. (Champtier, 1956)

III.6.3. Caractéristiques biologiques :

Comme tout produit alimentaire, les margarines risquent d'être contaminées par des microorganismes qui, en se développant, provoquent une altération des qualités organoleptiques (flaveur, apparence, texture). Ainsi le contrôle des matières premières et le respect des règles d'hygiène et de propreté au cours de la production sont indispensables pour réduire les risques de contamination. (Frey et Bach, 1992)

Les germes les plus fréquents rencontrés sont :

- ✓ **Les germes aérobies mésophile totaux** : c'est l'ensemble des microorganismes apte à se multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément la température optimale de croissance et située entre 30°C. Cet ensemble englobe les microorganismes pathogènes d'une part et d'autre part les microorganismes d'altérations.

✓ **Les coliformes** : ce sont des entérobactéries à gram négatif, vivent dans les intestins de l'homme et l'animal, elles fermentent le lactose avec production de gaz carbonique à une température de 37°C pendant 24 à 48 h, le lactose que l'on ajoute dans le milieu BCPL (bouillon lactose au bromocrésol pourpre) et contenant une cloche de durham pour détecter la fermentation par la production de gaz permet de déterminer :

- **Escherichia Coli** : en plus des caractéristiques des coliformes, elle produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C. Leur présence apporte la négligence d'hygiène.
- **Levures** : les levures sont des champignons microscopiques se présentant sous la forme unicellulaire au moins à un stade de leur cycle biologique est une cellule eucaryotique.
- **Moisissures** : appartiennent à divers familles de champignons, elles sont caractérisées par un thalle filamenteux. Le mycélium est un des contaminants fréquent dans les produits alimentaires.
- **Les clostridiiums Sulfito-réducteur** : Ces sont des bacilles anaérobies à gram positif, formant des endospores utilisés comme indice de contamination fiscale, deux espèces sont responsables de toxi-infection alimentaire.
- **Les staphylocoques** : les staphylocoques appartiennent au genre staphylococcus à la famille micrococcaceae. Ce sont des cocci à gram positif, immobiles et non sporulés. Cependant, ils sont aéro-anaérobies facultatifs. Leurs croissances dans les aliments constituent un risque pour la santé, car certaines souches appartenant spécialement d'espèce staphylococcus aureus produisent des interotoxines dont l'ingestion provoque une toxi-infection alimentaire.

III.6.4. Les caractéristiques nutritionnelles :

La valeur nutritive des corps gras est liée à leur apport en énergie (740 calories), en vitamines liposolubles (A, D, E et K) et en acides gras indispensables (oméga 3 et oméga 6). (Dupin, 1992)

Plusieurs types de margarines sont apparus sur le marché avec des propriétés diététiques ou thérapeutiques particulières : margarine à faible teneur en corps gras et margarine riche en acides linoléiques (régime pour maladies cardiovasculaires. (Champtier, 1956)

III.6.5. Les caractéristiques organoleptiques :

Il est indispensable que la margarine soit fraîche et parfumée, d'une part et appétissante et agréable au goût d'autre part. (François, 1974)

III.7. Les types de margarines :

Les margarines sont utilisées en substitution principalement du beurre pour un usage en tartine, fondue sur les aliments ou encore en remplacement de l'huile et du beurre en cuisson. (Jean et François, 2008)

III.7.1. Margarine à usage domestique :

Sont préparées le plus souvent à partir de triacyl-glycérol riches en acides gras insaturés. Leur teneur maximale en eau est de 16%, et doivent être suffisamment fermes à 20°C. On peut distinguer les nombreuses variétés selon leur teneur en acides gras polyinsaturés qui leur confère une dureté différente :

- Moins de 10% (dures),
- 10 à 20% (semi dures),
- 20 à 30% (molles),
- Plus de 30% (extra-molles). (Alais et Linden, 1997)

III.7.2. Margarine diététique ou spéciale (basses calories) :

Les margarines dites diététiques apportant des teneurs très réduites en calories, sont spécialement fabriquées pour des gens particuliers : les sportifs, les enfants, les personnes âgées et pour les régimes d'amaigrissement. (Djouab, 2007)

Les margarines diététiques appelées encore pâtes à tartiner, par rapport au beurre, elles présentent les caractéristiques suivantes :

- ✓ Elles sont facilement tartinables à la température du réfrigérateur et à poids égale apportent moins de calories (380 Kcal/100g) ;
Ces produits peuvent être fabriqués à partir de matière première laitière : matière grasse butyrique, ou de lactosérum ultrafiltré.
- ✓ Ils peuvent également contenir des matières grasses végétales : huile de soja, huile de tournesol, huile de colza et autres huiles. (Alais et al., 2008)

III.7.3.Margarine enrichie en phytostérols :

Visé à réduire de 15-20% le taux du cholestérol, correspondant à une réduction de plus de 40% des risques cardiovasculaires. Elle est enrichie en certains composés (la phytostérols, stérol d'origine végétale à une dose de 8%). (Djouab, 2007 ; Himed, 2011)

III.7.4.Margarine pour industrie alimentaire :

Sontselon l'usage, soit stables à haute température (graisse pour friture), soit présentant une bonne plasticité dans un large éventail de température (biscuiterie et pâtisserie). Ces produits doivent, nettement, ne pas contenir d'acide gras libre et être résistants à l'oxydation. (Alais *et al.*, 2008)

III.8.Procédés de fabrication :

La fabrication de la margarine se fait suivant deux procédés :

III.8.1.Procédé discontinu :

Dans lequel les différentes étapes (émulsion, refroidissement, cristallisation et malaxage) sont effectuées successivement mais avec des temps de repos. (François, 1974)

III.8.2.Procédé continu :

Où l'ensemble des opérations sont réalisé en une seule étape à travers un système de tubes refroidisseurs et cristalliseur. (Multon, 1992)

Comparé au procédé discontinu, le procédé continu présent certains avantages à savoir :

- ✓ Système totalement clos d'où la diminution du risque de contamination microbologique et de l'oxydation.
- ✓ Une grande capacité de production avec simplicité d'entretien.
- ✓ Un temps de travail et de main d'œuvre réduits par rapport au procédé discontinu.

III.9.Fabrication de la margarine :

Quel que soit le procédé choisi, le principe de fabrication est le même et comprend les étapes suivantes :

III.9.1. Préparation de la phase grasse :

Elle est préparée à partir d'un mélange des huiles fluides et des huiles concrètes raffinées, en l'état, fractionnées, inter-estérifiées ou hydrogénées ajoutés de lécithine, de mono glycérides, d'arômes, de colorants d'anti oxygènes ainsi que de vitamines (A et D3).

Les huiles concrètes comprennent l'huile de palme (40à 45% d'acide palmitique), l'huile de coprah et l'huile de palmiste de composition semblable (environ 85% d'AGI). Les huiles fluides sont représentées par l'huile de colza (75% AGMI), l'huile de soja (50 à 60% d'acide linoléique et 20 à 30% d'acide oléique ainsi que les tocophérols), l'huile de tournesol caractérisée par une fluidité à température ambiante et particulièrement instable à cause de sa teneur en AGPI.

L'huile de maïs peut être incorporée dans la margarine en raison de sa teneur élevée en AGI (50 à 60% d'acide linoléique et 1à2% d'acide linoléique).

Le choix des huiles de cette phase détermine en grande partie, les qualités du produit fini notamment :

- Sa texture.
- Sa consistance.
- Son point de fusion.
- Sa stabilité vis-à-vis de l'oxygène.
- Sa valeur nutritive.

III.9.2. Préparation de la phase aqueuse :

Elle est composée d'eau additionnée du lait et/ou des coproduits de l'industrie laitière (lait écrémé, lactosérum en poudre, babeurre) où sont incorporés le sel, les conservateurs et l'amidon.

En général, les microorganismes ne proviennent pas de la phase grasse, mais plutôt, de la phase aqueuse et de ses constituants. Pour cela, l'eau utilisée doit :

- ✓ Etre pasteurisée pour détruire les germes qu'elle peut contenir.
- ✓ Avoir une quantité suffisante de sel et un PH bas (4,5-5) pour inhiber la croissance bactérienne.

Les tailles des gouttelettes d'eau dans la margarine doivent être de petite dimension pour empêcher toute prolifération microbienne.

Donc, en modifiant les constituants de la phase aqueuse de la margarine, on jouant sur les proportions et la nature des matières premières utilisées, on peut obtenir des produits répondant à des besoins nutritionnels, technologiques et bactériologiques précis.

Remarque : dans les deux phases le bac de la préparation est équipé d'un mélangeur en hélice spiral permet l'homogénéisation de la solution et une dissolution efficace des additifs.

III.9.3.Préparation de l'émulsion :

Les deux phases, grasse et aqueuse sont pompées à des quantités précises dans la cuve d'émulsion munie d'un agitateur, permettant la dispersion de la phase aqueuse dans la phase grasse jusqu'à l'obtention d'une émulsion eau/huile suffisamment stable et homogène.

III.9.4.Pasteurisation :

Chauffage de l'émulsion à une température de 80 à 85°C pendant 3 à 4 secondes, sous pression de 5 bars. Cette étape a pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes.

III.5.Refroidissement et cristallisation :

Les étapes de refroidissement de la margarine se font généralement dans des tubes refroidisseurs successivement alignés.

L'émulsion entre dans le tube refroidisseur à une température de 40 à 50°C, ce dernier est équipé de rotors munis de racleurs à la paroi interne, laquelle est refroidie par la circulation d'un fluide réfrigérant (ammoniac), et permet ainsi le refroidissement de l'émulsion et l'élévation de PF des cristaux de la phase grasse.

L'émulsion refroidie menée dans des tubes cylindriques, de volume plus important dans lesquels se déroule la cristallisation. Ces cristallisateurs sont équipés d'un axe agitateur, constitué par un arbre sur lequel sont fixés perpendiculairement des doigts en acier, qui permettent à l'émulsion de se cristalliser, On obtient ainsi un produit solide, mais la margarine doit avoir des propriétés plastiques (souplesse, tartinabilité). Il faut donc réaliser un nouvel arrangement des cristaux, modifier leurs formes et réduire leurs dimensions, c'est le malaxage.

III.6.Malaxage :

Le produit sort de cristallisateur sous forme d'un film. Il est acheminé par la trémie jusqu'au malaxeur. Cet appareil va désaérer et malaxer le mélange en lui donnant consistance, souplesse et homogénéité.

III.9.7.Emballage et conditionnement :

La margarine ainsi obtenue alimente des mouleuses empaqueteuses automatiques qui la découpent en cubes de 250g et 500g.

- ✓ Pour les margarines ordinaires, le conditionnement est constitué de papiers opaques, sulfurisés avec parfois un film extérieur protecteur en plastique ou des complexes papiers-aluminium.
- ✓ Quant aux margarines molles végétales, elles sont « coulées » dans des pots en plastiques le plus souvent le PVC. (TREMOLIERES, 1984)

L'ensemble des pots sont ensuite rangés, dans des cartons ou des enveloppages plastiques de différentes tailles pour être organisés en palettes caractérisées par leur taille, leur poids et leur mode de palettisation.

Le conditionnement a pour but de préparer les produits pour la distribution et la vente, mais il doit aussi veiller à conserver les propriétés essentielles de la margarine, en particulier le goût, la fraîcheur et la couleur, qui ne doivent évoluer que très lentement au cours de la durée de vie du produit.

A cet effet et afin d'aboutir aux propriétés recherchées, l'emballage doit répondre aux exigences suivants :

- ✓ L'imperméabilité aux agents externes (airs, humidité, odeurs...).
- ✓ L'hygiène parfaite.
- ✓ Une résistance mécanique, permettant de résister aux tensions rencontrées dans les machines modernes à conditionner qui opèrent généralement, à des vitesses élevées, ainsi qu'aux aléas de manutention et de transport.
- ✓ Une teneur très faible en métaux (particulièrement : Fe, Cu, Pb et Mg) et en composés dangereux tels que les monomères de matériaux plastiques, qui doivent être compatibles avec les exigences de la législation.
- ✓ Une grande facilité de décoration (qualité demandée par le service de marketing).

(FAUR, 1992)

III.9.8. Etiquetage :

Les producteurs de la margarine doivent indiquer sur leur papier emballage :

- ✓ La définition du produit (émulsion de...).
- ✓ La composition et les procédés de fabrication (huiles végétales en état et hydrogénées, etc.).
- ✓ Le poids net.
- ✓ La date et heure de fabrication.
- ✓ La date limite de consommation.

III.9.9. Stockage et distribution :

La margarine avec sa composition peut subir des altérations, en particulier chimiques (oxydation) et microbiologique (développement des moisissures). Elle doit être stockée dans des bonnes conditions, en particulier dans des locaux secs tempérés (10 à 13 °C), à l'abri de toute source de chaleur et de lumière, ainsi que des odeurs fortes et persistantes. Sa distribution jusqu'au lieu de vente, où elle sera entreposée à froid, se fait par des camions frigorifiques.

Tableau N°10 : Le rôle des principales étapes de fabrication de la margarine.

(BRANGER et ROUSTEL, 2007)

Opérations unitaires	Types d'opération	Rôles
Préparation de la phase grasse, formulation.	Réaction chimiques Mélange	Transformation des huiles pour atteindre le point de fusion visé
Préparation de la phase aqueuse.	Mélange et stabilisation	Pasteuriser la phase aqueuse
Emulsion	Mélange	Dispersion d'une façon homogène la phase aqueuse dans la phase grasse
Refroidissement et cristallisation	Mélange et changement d'état	Cristallisation la phase grasse à une température <0°C selon la zone de fusion Emprisonner les gouttelettes de la phase aqueuse
Emballage	Conditionnement	Mouler en barquette
tempirage	Refroidissement	Baisser la température pour stabiliser la structure

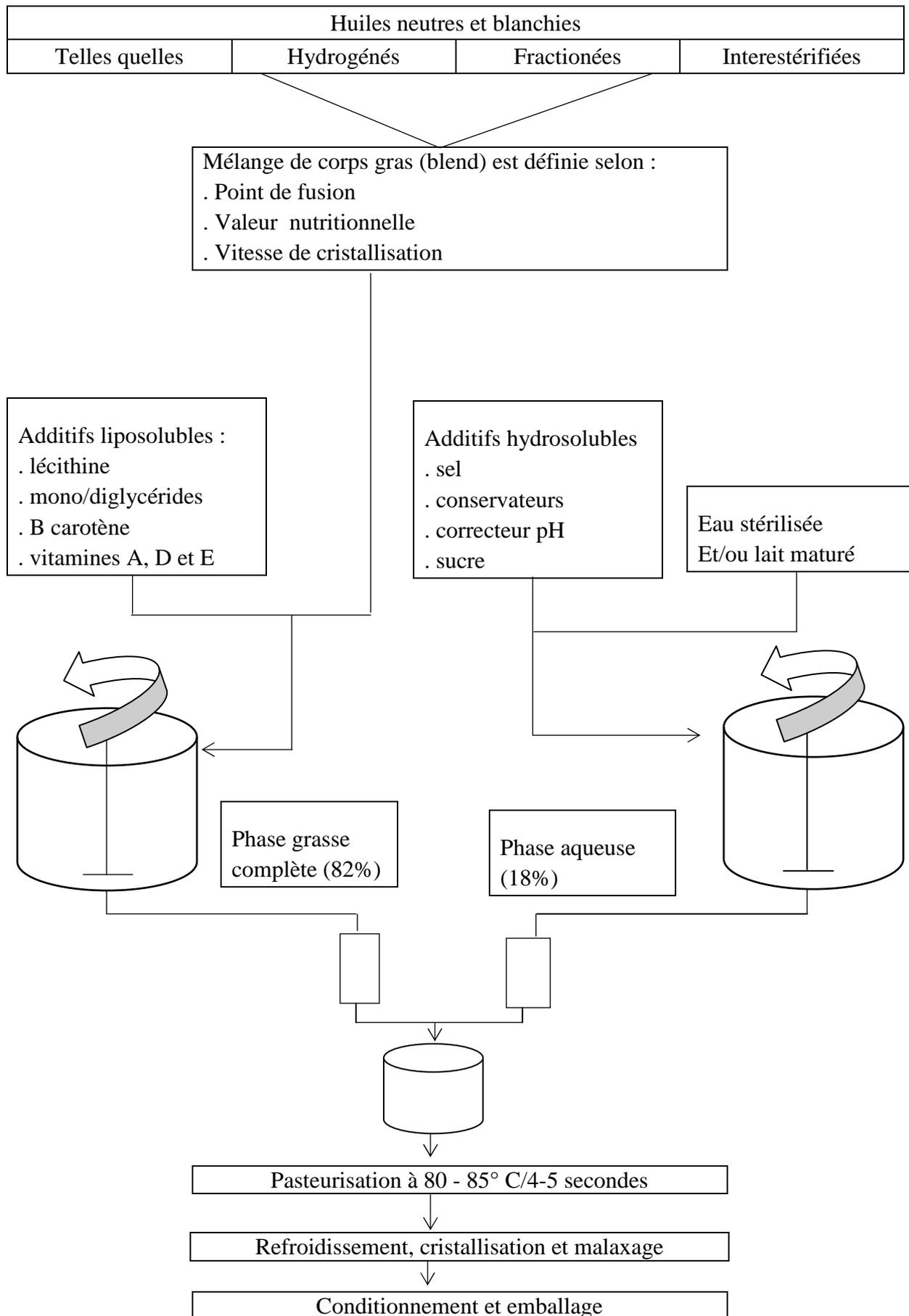


Figure N°25 : Diagramme de fabrication de la margarine. (KARLESKING, 1992)

III.10. Altération de la margarine :**III.10.1. Altération chimique :**

Les liaisons ester et les doubles liaisons sont la cause des deux principales formes de l'altération des corps gras alimentaires qui sont : l'acidification et l'auto-oxydation. (Trémolieres, 1980)

III.10.1.1. L'acidification :

Résulte de l'hydrolyse d'une ou de trois liaisons esters des triglycérides. Cette hydrolyse conduit à la formation d'acides gras libres (AGL) préjudiciable à la qualité du CG. (Dupin, 1992)

L'acidification est provoquée principalement par l'humidité (la présence d'eau) ; dans la margarine si la teneur en eau est élevée elle va permettre le développement des microorganismes (levures et moisissures) qui ont pour effet d'introduire des enzymes secrétées par *Aspergillus*, responsables de son acidification. Donc, il est nécessaires de diminuer la disponibilité de l'eau en assurant une bonne dispersion sous formes de fines gouttelettes, et de stoker la margarine à l'abri de la lumière.

III.10.1.2. L'auto-oxydation :

Elle est due à l'action de l'oxygène sur les doubles liaisons, la réaction est auto-catalytique et nécessite des quantités infimes d'O₂ pour se déclencher et se poursuivre. (Dupin, 1992).

Les réactions d'oxydation se déroulent à température ordinaire, elles donnent des composés volatils à odeur de rance.

L'oxydation est due le plus souvent à plusieurs facteurs :

- ✓ La lumière, en particulier les rayons UV qui exercent une action catalytique.
- ✓ La température élevée et la durée de stockage.
- ✓ L'exposition de la margarine à l'oxygène atmosphérique.
- ✓ La présence de certains agents pro-oxydants comme les métaux (Fe, Cu, Mn,...etc.) qui favorise la réaction d'oxydation. (Clements et Decker, 2000)

Tableau N°11: Les principales altérations chimiques des margarines. (UCCIANI et DEBAL, 1992)

Modifications	Conséquences	Facteurs	Précautions
Rupture des doubles liaisons et formation des molécules volatiles. Formation de radicaux libres très réactifs qui auto catalysent l'oxydation	Rancissement : Odeurs désagréable	Lumière	Emballage opaque
		Température	Stockage à basses température limités dans la durée
	Modification des couleurs (brunissement) Perte d'activité biologique des AGPI	Antioxydants (tocophérol)	Fermer les récipients contenant des corps gras (pots, boîtes)
		Pro-oxydants	Ajout des antioxydants dans les industries

III.10.2. Altération microbiologique :

La margarine peut faire objet d'une éventuelle altération microbiologique, les microorganismes les plus rencontrés sont :

- Les germes aérobies.
- Les coliformes.
- Levures et moisissures.

Ces microorganismes proviennent généralement de la phase aqueuse de la margarine (lait, l'eau), de l'air, de l'appareillage de fabrication ou du conditionnement, les emballages, les contacts humains, les insectes...etc. Ils sont favorisés par certaines conditions de température et d'un PH du milieu supérieur à 5 et peuvent provoquer une altération de la qualité organoleptique telle que la flaveur, l'apparence et la texture.

- ✓ **Goût de la levure :** il est provoqué par des levures telles que *Candida pseudo tropicalis* et *Torula sphaerica*.
- ✓ **Goût de moisi :** il est dû au développement de champignons tels que : *Mucor* et *Rhizopus*.
- ✓ **Goût acide :** il est dû à une dégradation de lactose en acide lactique dans le cas des margarines fabriquées à partir du lait.

III.10.3. Altération physique :

Les principales altérations physiques conduisent aux défauts cités comme suit :

- ✓ **Défauts d'aspect :** ils se traduisent par différentes colorations à la surface de la margarine dues à une dessiccation superficielle.
- ✓ **Défaut de structure :** un aspect inhomogène est dû à un excès de matière grasse libre, un aspect sableux est dû à une cristallisation trop lente et un aspect feuilleté est dû à un malaxage excessif.
- ✓ **Défaut de consistance :** il se traduit par une margarine dure et cassante due à une solidification de matière grasse trop poussée ou une margarine molle due à une solidification insuffisante.

III.11. Conseils d'utilisation :**Les margarines à tartiner :**

Margarines végétales, souvent allégées, dont la texture et le goût tendent à rassembler au beurre. Elles sont utilisées en pâtisserie ou en remplacement du beurre, fraîche, sur légumes ou les céréales.

Les margarines de cuisson :

Margarine végétales ou mixtes (grasses végétales et animales) et sont utilisées pour sauter, braiser, poêler ou pour confectionner des sauces (béchamel, roux, etc.).

Pour la cuisson :

La température critique (température à laquelle les corps gras commencent à se décomposer et à dégrader de fumée) à ne pas dépasser étant de 140°C, il est déconseillé de faire bouillir de la margarine. Si l'on poursuit le chauffage au-dessus de cette température, la décomposition s'accroît et il se dégage alors de l'acroléine (produit toxique) et les corps gras peuvent même s'enflammer. (BURGESS, 1982)

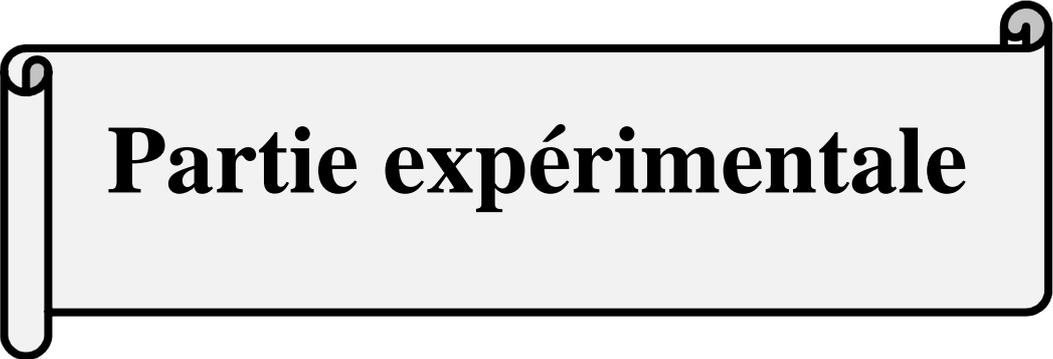
III.12. Intérêt d'application de la margarine

L'évolution du niveau de vie et celle de la société font qu'aujourd'hui les margarines sont confrontées à d'autres impératifs :

- ✓ Répondre aux besoins d'usage du consommateur, qu'il s'agisse d'utilisation individuelle (tartines) ou ménagère (cuisson, pâtisserie...).

- ✓ Satisfaire des exigences nutritionnelles, en particulier en termes d'apport d'acides gras essentiels et de vitamines liposolubles.
- ✓ Être adaptées à des utilisations spécifiques (applicabilité) à la demande des industries agro-alimentaires pour accompagner leur démarche de recherche et développement d'aliments nouveaux.
- ✓ Offrir des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes (couleur, flaveur, texture) ainsi qu'une très bonne aptitude à la conservation.
- ✓ Rester d'un prix attractif.

Pour atteindre ces résultats, l'industrie de la margarinerie a fait preuve d'imagination, de rigueur et de persévérance. Le choix des matières premières grasses, tant en ce qui concerne leur nature, leurs propriétés, leur qualité et leur coût, a dû être optimisé. (Jean et François, 2008)



Partie expérimentale

Technologie de fabrication

IV.1.Objectif de travail :

Notre objectif est de suivre les étapes de fabrication de la margarine de table, fabriquée par l'unité « La Belle », à partir de la matière première jusqu'au produit fini, et de déterminer leur qualité à travers des analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques.

IV.2.Présentation de l'unité « La Belle » :

L'unité « S.P.A La Belle » est une margarinerie créée en 2004 par MrDahmani Djilali, elle se trouve dans la zone industrielle de Dar-El-Beida à proximité de la gare ferroviaire et occupe une superficie de 500m². Elle est composée d'un atelier de production et un service administratif contenant (le directeur, secrétariat de directeur, service comptabilité, service personnel, service commercial, service technique, service laboratoire et service de production).

L'activité principale de l'unité est la fabrication de la margarine de table « La Belle » à 500g, sa capacité de production est de 40 tonnes/jours.

IV.3.Principales étapes de fabrication de la margarine de table « La Belle » :**IV.3.1.Le procédé de fabrication :**

Le procédé utilisé au niveau de l'unité « La Belle » est le procédé continu.

IV.3.2.Présentation des équipements de l'unité :

L'unité ne dispose pas d'un atelier d'interestérification et de raffinage, donc les huiles sont portées de l'entreprise « C.O.G.B La Belle » de Bejaia préparées.

Elle comprend deux laboratoires (un pour les analyses physicochimiques et l'autre pour les analyses microbiologiques), deux chambres froides, une chambre de stockage des huiles et un atelier de production.

Il comprend :

IV.3.2.1.La chambre de stockage des huiles :

Elle comprend 2 cuves pour le stockage des huiles raffinées et interestérifiées :

- ✓ **Cuves N°1 et 2** : de capacité 500m³.

IV.3.2.2.L'atelier de production :

Il comprend :

A) Cuves de préparation :

- ✓ Deux cuves de préparation de la phase grasse.
- ✓ Une cuve de préparation de la phase aqueuse.
- ✓ Quatre cuves d'émulsification.
- ✓ Une cuve de stockage de la margarine à recycler (refonte)

B) Stérilisateur :

La phase aqueuse subit une stérilisation par UV avant de passer à l'émulsification.

C) Combinateur :

Il est constitué de deux tubes refroidisseurs et un cristalliseur où l'émulsion pompée est refroidie, cristallisée et malaxée de manière à acquérir une souplesse et une homogénéité recherchée.

D) Conditionneuse :

L'unité dispose d'une conditionneuse linéaire (environ 200 pots par minute) et une rotative (environ 100 pots par minute) pour la margarine de table en pots de 500g.

E) La chambre froide :

La margarine est stockée dans une chambre froide à une température maintenue entre 6 et 9° C.

IV.3.3.Technologie de fabrication :

La quantité de mélange d'huiles (raffinées et interestérifier) est pompée à partir de cuve de stockage vers les deux cuves de préparation dans les quelles sont ajoutées les ingrédients liposoluble. Le tout est chauffé sous agitation jusqu'à dissolution complète de ces derniers.

La quantité d'eau aspirée est additionnée des ingrédients hydrosolubles. Les deux phases ainsi préparées sont pompées vers des cuves d'émulsification.

L'émulsion est pompée vers le cristallisateur où elle sera refroidie et cristallisée. Elle est ensuite malaxée pour avoir un aspect pâteux.

Enfin, la margarine est conditionnée dans des pots de 500g. Après conditionnement, la margarine est stockée à la température ambiante pendant 24 heures dans un espace libre juste en face de la conditionneuse, puis elle est stockée dans la chambre froide à une température entre 6 et 9°C jusqu'à sa commercialisation.

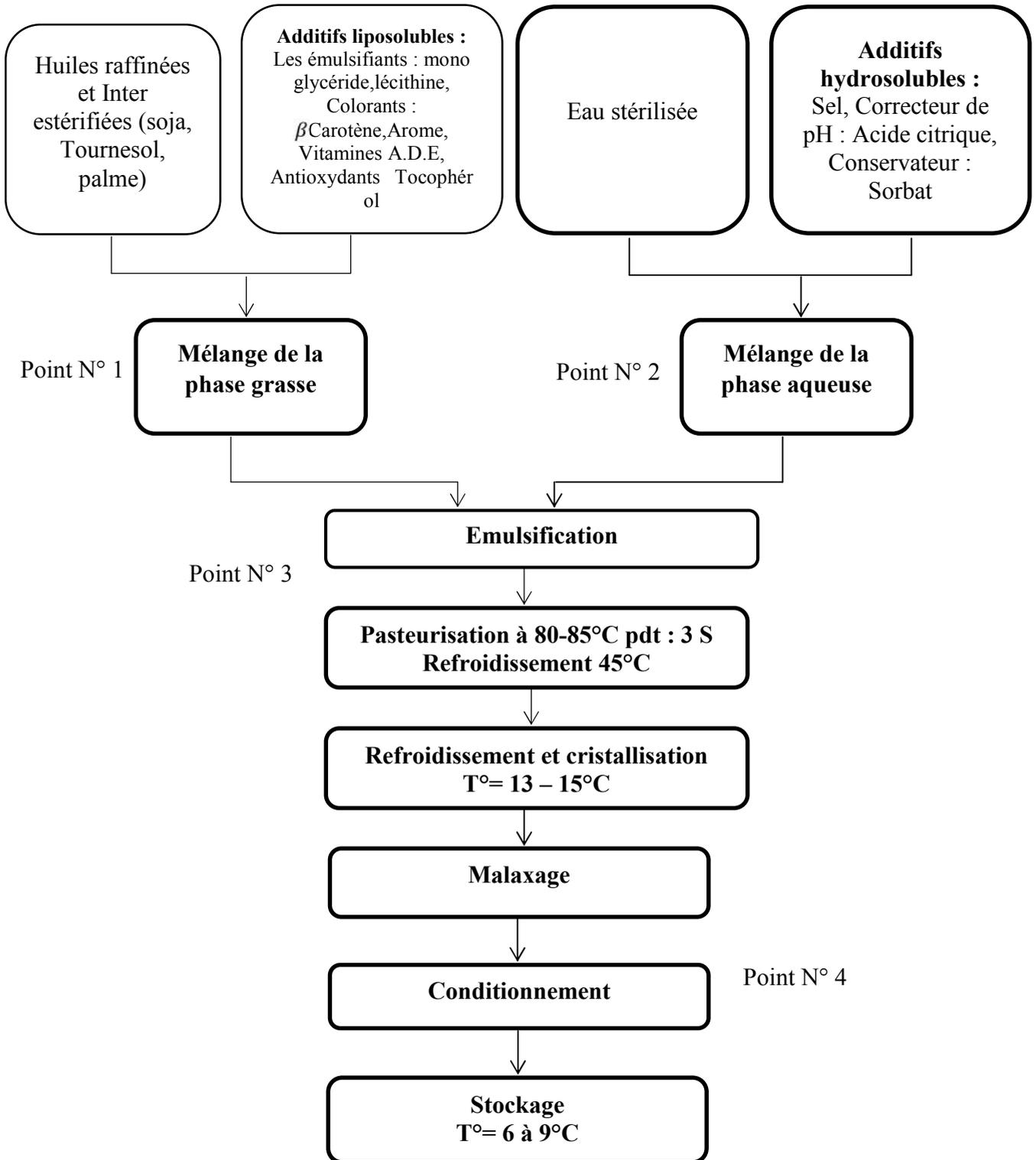


Figure N°26 :Le diagramme de fabrication de la margarine de table «La Belle»

IV.3.4. Conditionnement et emballage :

Cette opération est réalisée dans une série de machines qui automatiquement et en continu, forment, moulent et enveloppe la margarine en pots plastiques aux formes et dimensions diverses.

L'emballage qui est directement en contact avec la margarine doit être imperméable autant que possible aux agents extérieurs air, humidité, lumière... etc. Il doit aussi répondre aux normes d'hygiène sur le plan bactériologique.

Au niveau de l'unité « La Belle », on utilise des pots en plastique avec opercule pour la margarine de table (500g).

IV.3.5. Etiquetage :

C'est l'apposition d'inscription sur l'emballage afin d'identifier le produit et certains de ces aspect et qualités.

Les margarines doivent être conformes à la norme générale du « codex stem 146-1985 » relative aux allégations concernant les indications obligatoires portées sur l'étiquetage :

- Nom de produit.
- Liste des ingrédients.
- Etiquetage nutritionnel.
- Nom de producteur.
- Datage et entreposage.

Dans l'industrie « La Belle » les pots sont préparés, il ne rajoute que la date et l'heure de fabrication et la date de péremption.

IV.3.6. Stockage :

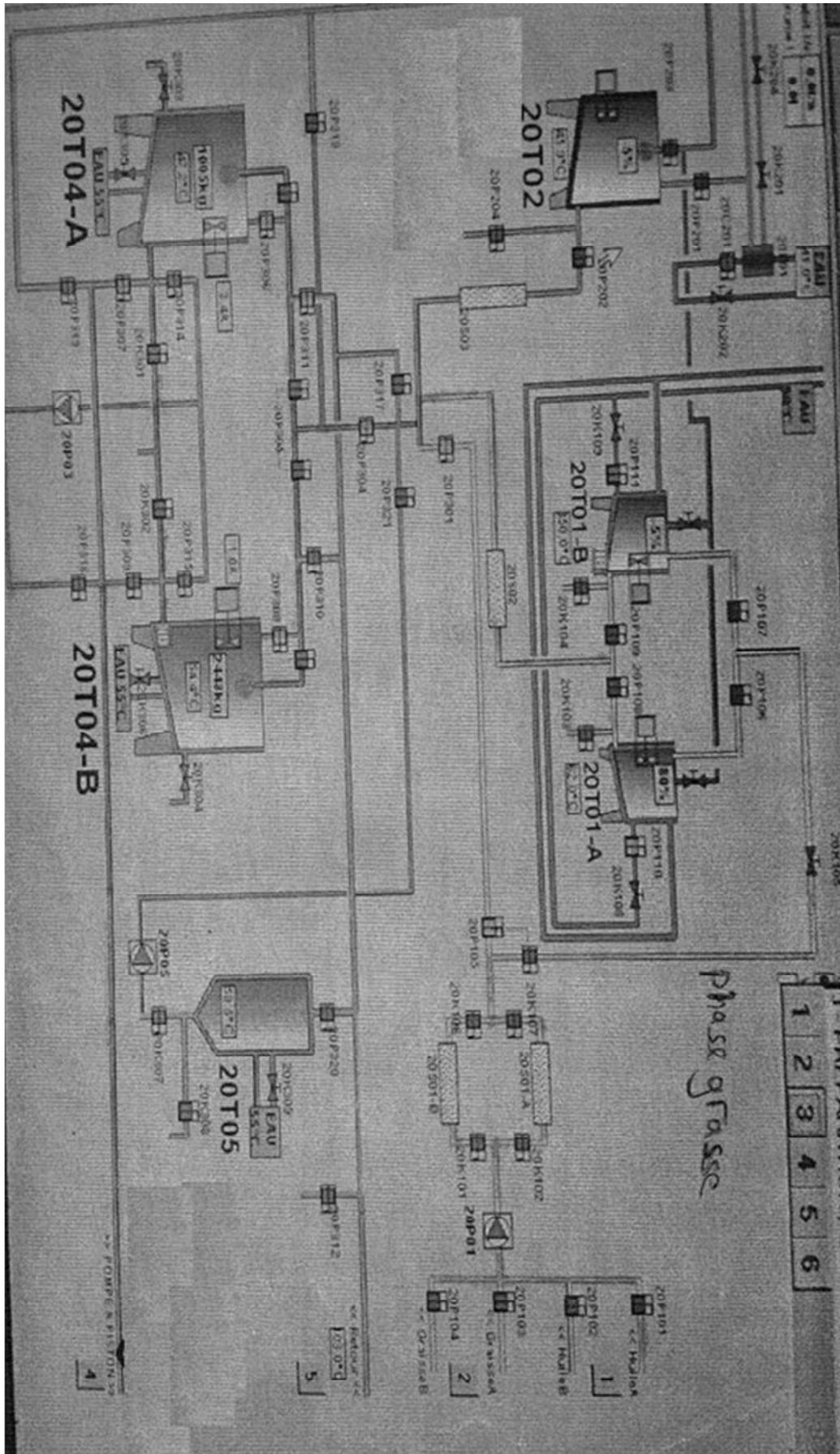
La margarine empaquetée et conservée, entreposée dans des chambres froides à une température de l'ordre de 6-9°C et cela pour :

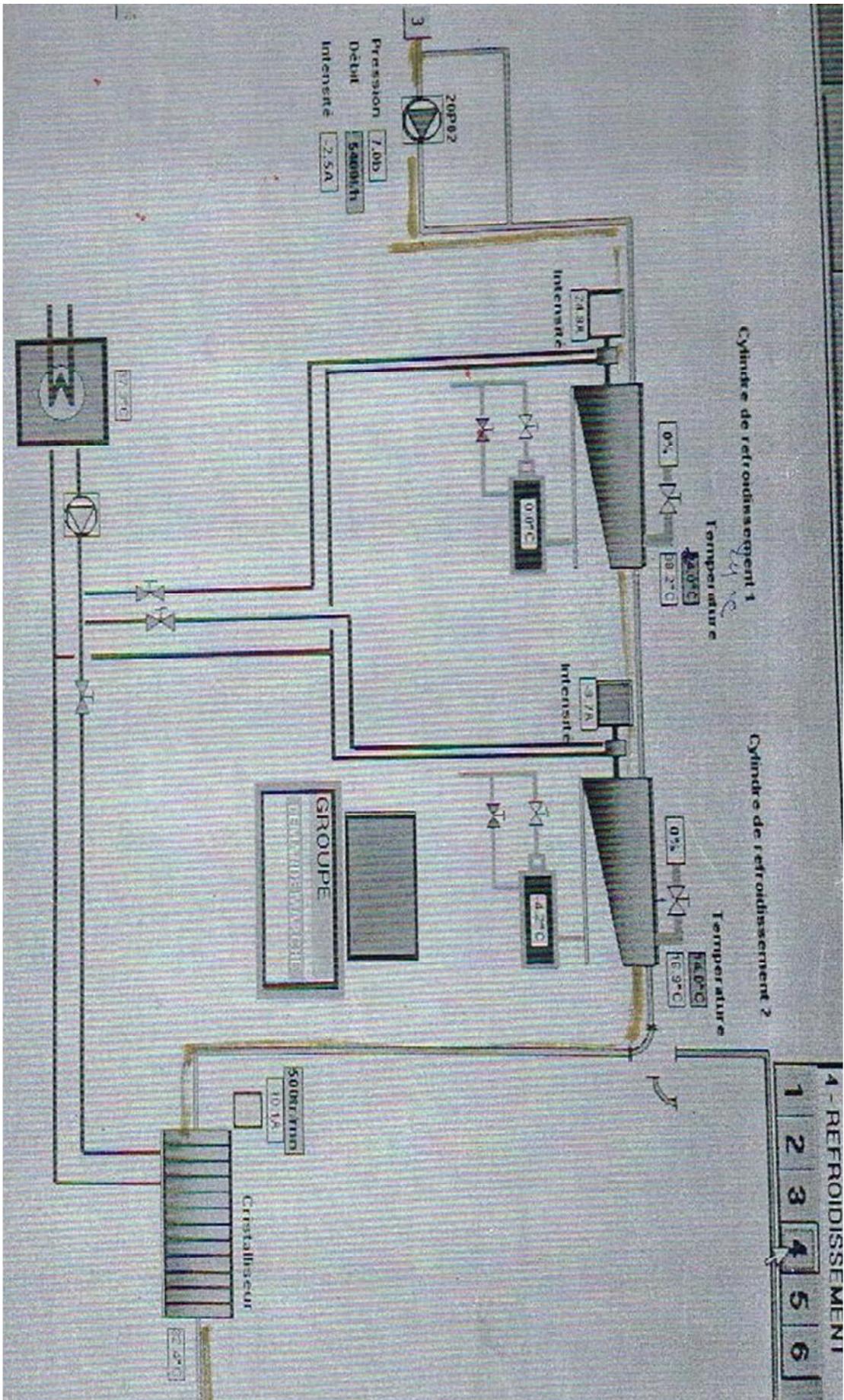
- Assurer une bonne stabilité de la texture de la margarine.
- Minimiser le risque d'oxydation.
- Ralentir l'activité bactériologique.

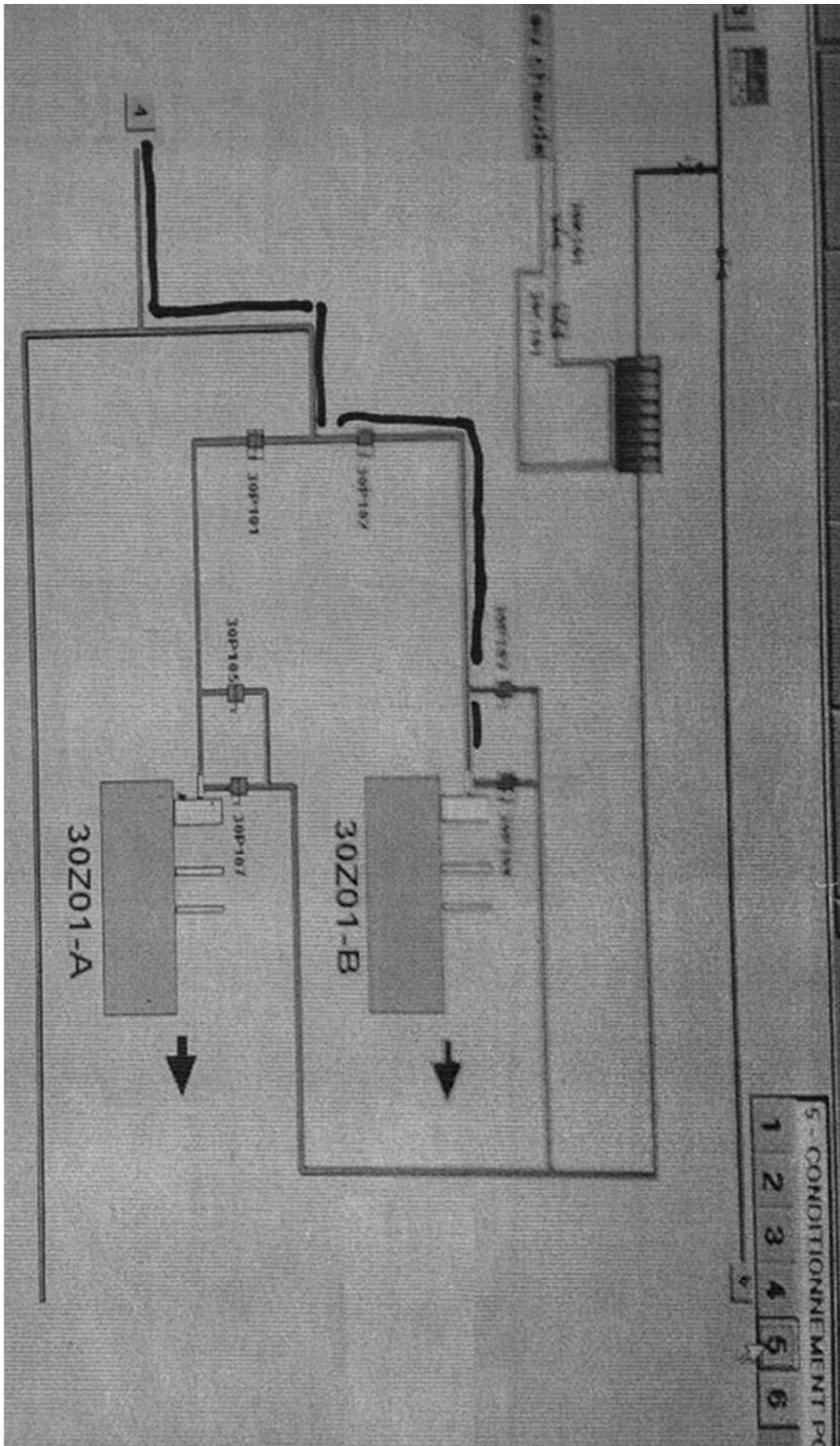
L'atmosphère est également contrôlée du point de vue pureté bactériologique.

La durée de stockage varie entre un minimum nécessaire pour tempérer le produit qui doit se stabiliser à la température d'entreposage (quelques jours) et un maximum compatible avec la conservation des qualités organoleptiques.

Figure N°27 : Schéma descriptif de processus de fabrication de la margarine « La Belle ».







Matériel et méthodes

V.1 Prélèvement et échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon, est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène et représentatif, et ne doit pas modifier les caractéristiques physico-chimiques du produit.

V.1.1. Points de prélèvements :

Afin d'étudier la qualité de la matière première utilisée pour la fabrication de la margarine de table et le produit fini, nous avons fixé 4 points de prélèvements :

1^{er} point : mélange d'huile (raffinée et interestérifier)

2^{ème} point : l'eau

3^{ème} point : l'émulsion de margarine

4^{ème} point : produit fini (margarine)

Tableau N°12:Principaux points de prélèvements.

Echantillons	Fréquences de prélèvements	Durée de prélèvement	Paramètres organoleptiques	Analyses microbiologiques	Paramètres physico-chimiques
Mélange d'huiles	1/jour	10 jours	Gout et odeur couleur		Indice peroxyde (IP) Point de fusion (PF) Acidité Humidité
Eau brute et adoucie	1/jour	10 jours		Germes aérobies mésophiles Coliformes totaux et fécaux Clostridium sulfito-réducteur Les streptocoques	TH TA TAC Dosage des chlorures pH
Emulsion (produit semi fini)	1/jour	10 jours	Gout et odeur Couleur Homogénéité		Indice peroxyde (IP) Point de fusion (PF) Acidité Humidité Teneur en sel pH
Margarine (produit fini)	1/jour	10 jours	Gout et odeur Couleur Tartinabilité	Germes totaux aérobies mésophiles Coliformes totaux et fécaux Levures et moisissures Staphylococcus aureus Les Salmonelles	Température de sortie

V.1.2. Identification des échantillons :

Les flacons contenant les échantillons doivent être impérativement étiqueté de façon claire et durable : nature de l'échantillon, date et heure de prélèvement et référence de l'échantillon prélevé.

Il faut noter au moment de l'échantillon, les détails qui permettent d'interpréter correctement les informations obtenues.

V.2. Méthode d'analyse :**V.2.1. Analyses organoleptiques :****V.2.1.1. Mélange d'huiles :****V.2.1.1.1. Odeur :**

L'huile est mise dans des boîtes de pétri, et présentée au personnel du laboratoire afin de donner leur avis sur l'odeur de cette dernière, c'est-à-dire est ce que l'odeur est caractéristique d'une huile ou pas, et donner leur avis sur la présence ou l'absence d'odeur rance.

V.2.1.1.2. Couleur :

L'huile est mise dans des flacons, et présentée au personnel du laboratoire pour donner leur avis sur la couleur de cette huile, c'est-à-dire est que la couleur est caractéristique d'une huile ou pas, et donner leur avis sur la présence ou l'absence de la couleur.

V.2.1.1.3. Gout :

L'huile est mise dans des flacons, et présentée au personnel du laboratoire pour donner leur avis sur le gout de cette huile, c'est-à-dire est que le gout est caractéristique d'une huile ou pas, et donner leur avis sur la présence ou l'absence de picotement de la gorge.

V.2.1.2. La margarine :**V.2.1.2.1. Odeur :**

Prendre des boîtes de margarine, et les présentées au du laboratoire afin d'apprécier l'odeur qui se dégage en ouvrant la boit de margarine, et la comparer à celle du beurre.

V.2.1.2.2. Couleur :

Prendre des boîtes de margarine, les présentées au personnel du laboratoire afin de donner leur avis sur la couleur de la margarine, et la comparer à la couleur caractéristique de la margarine (ivoire).

V.2.1.2.3. Gout :

Prendre des boîtes de margarines, les présentées au personnel du laboratoire afin de donner leur avis sur le gout de la margarine, et le comparer à celui du beurre.

V.2.2. Analyses physico-chimiques :

Le contrôle physico-chimique joue un rôle préventif pour le maintien de la qualité gustative et nutritive des produits fini.

V.2.2.1. Mélange d'huile, l'émulsion et la margarine :**V.2.2.1.1. Détermination de l'humidité :****A) Principe :**

Il consiste à faire évaporer l'eau d'une prise d'essai afin de déterminer par la pesée, la quantité de matière sèche restant après dessiccation totale.

B) Mode opératoire :

- Dans une pane d'aluminium ;
- On pèse entre 3g d'échantillon ;
- Après en mis cette pane dans un humidimètre.

C) Expression des résultats :

Le pourcentage en humidité s'affichera directement sur l'écran de l'appareil.

L'humidité est mesurée pour l'émulsion et non pas pour l'huile.

V.2.2.1.2. Détermination de ph :**A) Principe :**

C'est la mesure des doses d'acides citriques ajoutées au niveau de la phase aqueuse.

B) Mode opératoire :

Prolonger le papier PH dans la solution échantillon.

Attendre quelques secondes et relever la couleur affichée sur la boîte.

Le ph est mesuré pour l'émulsion et non pas pour l'huile.

V.2.2.1.3.Détermination du point de fusion :

Le point de fusion est la température à laquelle une matière grasse solidifiée. Dans un tube capillaire se ramollit jusqu'à tel point qu'elle remonte dans le tube. Le protocole suivi est celui de la norme de l'entreprise : **NE-1-2-50/19985**.

A) Principe :

Il est basé sur le passage de matière grasse de l'état solide à l'état liquide, sous l'effet de la chaleur. (Wolf, 1968)

B) Mode opératoire :

Deux tubes capillaires sont remplis sur une longueur de 1 cm par immersion de ces derniers dans la matière grasse. Les tubes sont maintenus à (-18°C) pendant 10 mn avant d'être fixés au réservoir du thermomètre puis introduit dans le béccher contenant de l'eau de telle manière que le thermomètre soit au même niveau avec les tubes capillaires.

Le béccher est ensuite placé sur la plaque chauffante jusqu'à ce que la matière grasse se déplace d'un bloc sous la pression de l'eau.

V.2.2.1.4.Détermination de l'indice de peroxyde :

En présence de l'oxygène de l'air, les acides gras insaturés entrant dans la composition des corps gras s'oxydent en donnant des peroxydes. L'indice de peroxyde est défini comme étant le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de corps gras oxydant l'iodure de potassium.

A) Principe :

Une prise d'essai en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme est traitée par une solution d'iodure de potassium. L'iode, libéré en milieu acide par les peroxydes, est tiré par une solution de thiosulfate de sodium.

B) Mode opératoire :

Une prise de 2g du corps gras à analyser est additionnée de 10 ml de chloroforme. Après dissolution du corps gras sous agitation, un volume de 15 ml d'acide acétique puis 1 ml de solution d'iodure de potassium saturé (KI) sont ajoutés.

Le flacon est aussitôt bouché, agité pendant 1 mn, puis mis à l'abri de la lumière pendant 5 mn, au bout de ce temps, un volume de 75 ml d'eau distillée contenant quelques gouttes d'empois d'amidon est ajouté au mélange pour servir d'indicateur.

Le titrage est effectué avec la solution de thiosulfate de sodium 0,1 N en agitant vigoureusement jusqu'à décoloration. Parallèlement et simultanément, un essai témoin est effectué.

C) Expression des résultats :

L'indice de peroxyde exprimé en méq d'O₂ /Kg de corps gras est donné par la formule suivante :

$$\text{IP (\%)} = \frac{(V - V_0)}{m} \times 10$$

IP : indice de peroxyde.

V : volume en millilitres de la solution de thiosulfate de sodium utilisé avec l'échantillon.

V₀ : volume en millilitre de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai témoin.

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

V.2.1.5.Détermination de l'acidité :

L'acidité est le pourcentage d'acides gras libres exprimé, conventionnellement selon la nature du corps gras, en acide oléique de poids moléculaire suivi est celui de la norme de l'entreprise : **NE 1-2-43/1985**.

A) Principe :

Il consiste à la mise en solution d'une prise d'essai dans l'éthanol, puis titrage des acides gras libres présents à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium.

B) Mode opératoire :

Un volume de 75 ml d'éthanol, préalablement neutralisé par une solution d'hydroxyde de potassium (KOH à 0,1 N) et mis en présence de quelques gouttes de phénolphaléine jusqu'à coloration rose persistant, est porté à ébullition avant d'être additionnée à 10 g de matière grasse.

Le titrage se fait avec une solution d'hydroxyde de potassium 0,1 N jusqu'au virage de l'indicateur au jaune.

C) Expression des résultats :

L'acidité exprimée en pourcentage d'acide oléique est donnée par la formule suivante :

$$A (\%) = \frac{V \times C \times 282}{10m}$$

A : acidité.

V : volume de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisé.

C : concentration en mol/l d'hydroxyde de potassium 0,1 N.

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

282 : masse moléculaire de l'acide oléique.

V.2.2.1.6. Détermination de la teneur en NaCl :

La teneur en NaCl est exprimée en pourcentage de chlorure de sodium contenue dans la matière grasse. Le protocole suivi est celui de la norme de l'entreprise : **NE 1.2.429.1989**.

A) Principe :

La méthode est basée sur la formation d'un précipité de chlorure d'argent par addition de nitrate d'argent. Le chromate de potassium forme un complexe de coloration rouge brique en présence d'un excès de nitrate d'argent en fin de réaction.

B) Mode opératoire :

Une prise de 5g d'émulsion est mise dans 100 ml d'eau distillée bouillante puis refroidie pendant 10 minutes. Après addition de 2ml de chromate de potassium 10%, le titrage

est effectué sous agitation, avec une solution de nitrate d'argent (AgNO_3) jusqu'au virage de la couleur jaune vers le rouge brique qui persisterait au moins 30 sec. Parallèlement, un essai témoin est effectué.

C) Expression des résultats :

Le pourcentage de NaCl est donné par la formule suivante :

$$\text{NaCl}(\%) = \frac{5,85 \times (V - V_0) \times N}{m}$$

V : volume en millilitre de la solution de nitrate d'argent utilisée

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

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

5,85 : coefficient de proportionnalité.

Remarque : la teneur en NaCl est mesurée pour l'émulsion et pas pour l'huile.

V.2.2.2. Analyses physico-chimiques effectuée sur l'eau :

V.2.2.2.1. Détermination du titre alcalimétrique (TA) et alcalimétrique complet de l'eau (TAC) :

Le titre alcalimétrique simple ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libre et en carbonates alcalins. (AFNOR, 1986)

Le titre alcalimétrique complet ou TAC, correspond à la teneur de l'eau en alcalins libre, carbonates et bicarbonates. (AFNOR, 1986)

A) Principe :

Le principe est basé sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minérale dilue en présence d'un indicateur coloré. Les indicateurs sont la phénolphtaléine pour le (TA), et le méthyle-orangé pour (TAC).

B) Mode opératoire :✓ **Titre alcalimétrique simple (TA) :**

Un volume de 50 ml d'échantillon d'eau est additionné de 6 à 8 gouttes de phénolphthaléine. En absence de coloration rose, le titre alcalimétrique simple est égale à zéro, PH inférieur à (eau naturelle).

En présence de coloration rose, le titrage est effectuée avec la solution d'acide sulfurique (N/10) jusqu'à disparition de la coloration rose.

✓ **Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Deux gouttes de méthyle-orange à 0,1% sont ajoutées à 50 ml d'échantillon d'eau le titrage est effectuée avec l'acide sulfurique dilué à (N/10) jusqu'au virage au jaune orangé.

C) Expression des résultats :

TA et TAC sont exprimés en milliéquivalent par litre ou en degrés français dont :

$$TA = V_1 \cdot 5$$

$$TAC = V_2 \cdot 5$$

$$1m = 5^\circ F$$

V_1 et V_2 : représentent les volumes exprimés en millilitre de la solution acide utilisée au cours de l'opération.

V.2.2.2.2.Détermination du titre hydrométrique (TH) :

La dureté de l'eau est un concept ancien, utilisée pour décrire la teneur en calcium et en magnésium. (AFNOR, 1986)

A) Principe :

Le titrage molaire des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} s'effectue avec la solution acide « éthylène diamine tétra-acétique » (EDTA) à PH = 10, en utilisant lenoir Erichrome qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium.

B) Mode opératoire :

Un volume de 50 ml d'eau est additionné de 4 ml de la solution tampon ammoniacale à PH = 10 et 3 gouttes de l'indicateur noir Erichrome.

- ✓ Si la couleur devient bleu, le TH = 0°F.
- ✓ Si la couleur devient rouge foncée ou violet, on titre avec la solution EDTA, tout en agitant jusqu'au virage au bleu foncée.

C) Expression des résultats :

La dureté de l'eau est exprimée en degrés français (F°). Elle est donnée par la formule :

$$\text{TH} = \frac{C_x \times V_1}{V_2} \times 100$$

C : la concentration d'EDTA, exprimée en moles par litre.

V₁ : le volume de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage, exprimé en millilitre.

V₂ : le volume d'échantillon à analyser exprimé en millilitre.

V.2.2.2.3. Dosage des chlorures :**A) Principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rouge caractéristique du chromate d'argent.

B) Mode opératoire :

Un volume de 50 ml d'eau à analyser est additionné à 1 ml de chromate de potassium 0,1 N puis titre avec une solution de nitrate d'argent 0,1 jusqu'au virage de la couleur jaune obtenue au rouge brique.

C) Expression des résultats :

$$(\text{Cl}) = \frac{N \times V \times 35,45}{V_{\text{eau}}} \times 100$$

(Cl) : concentration de Cl en mg/l.

N : normalité de nitrate d'argent (0,1 N).

V : volume utilisée de nitrate d'argent en ml pour obtenir le virage.

V_{eau} : volume d'eau utilisée (50 ml).

Détermination du pH :**A) Principe :**

C'est la mesure de l'acidité ionique de l'eau, elle consiste à introduire l'électrode d'un PH Mètre dans la solution à analyser.

B) Mode opératoire :

Plonger le papier pH dans la solution échantillon.

Attendre quelques secondes et relever la couleur affiché sur la boîte.

C) Expression des résultats :

La lecture est effectuée directement sur l'appareil, après la stabilisation du pH.

V.2.3. Analyses microbiologiques :

L'objectif principal du contrôle microbiologique de la margarine est de révéler la présence ou le risque de prolifération des microorganismes indésirables.

V.2.3.1. Analyses microbiologiques effectuées sur l'eau :

Dans les eaux destinées à l'industrie margarinerie, la recherche de FAMT ainsi que la flore indicatrice de contamination fécale (coliformes fécaux, entérocoques fécaux et clostridium sulfite-réducteurs) permet de vérifier l'efficacité du traitement de stérilisation.

V.2.3.1.1. Recherche et dénombrement des totaux aérobies mésophiles :

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprise entre +20°C et +45°C.

Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogène pour l'homme et l'animale mais également des microorganismes d'altération variés. (Bonney et *al.*, 2002)

A) Principe :

La recherche et le dénombrement des germes totaux aérobies mésophiles dans l'eau sont basés sur un ensemencement en profondeur dans la gélose plate count agar (PCA). (Joffin et Joffin, 1985)

B) Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette stérile, nous portons aseptiquement 1ml d'eau à analyser dans deux boîtes de pétrie stérile auxquelles nous ajoutons 15 ml de la gélose PCA en surfusion à environ 45°C. Des mouvements circulaires de va et vient permettent d'homogénéiser l'ensemencement. Après solidification à température ambiante, une boîte est incubée à 22°C pendant 72h et l'autre à 37°C pendant 24h.

C) Lecture :

Les colonies des FAMT se présentent sous forme lenticulaire, et le résultat final sera exprimé en germes/ml de l'eau analysée.

V.2.3.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux :

Les coliformes sont des bacilles à gram-négatif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs.

Les coliformes fécaux principalement *E. coli* sont caractérisés par la fermentation du lactose avec production de gaz à 44°C et produisent de l'indole à partir de tryptophane. Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose et rendus sélectifs par addition de sels biliaires. (Haslay et Lecterc, 1993, Larpent, 1997)

L'intérêt de la recherche et du dénombrement des coliformes totaux et fécaux est de déterminer pour le produit testé une contamination fécale. Notant qu'*Escherichia coli* représente un indice de contamination fécale récent. (Joffin et Joffin, 1985)

A) Mode opératoire :

La numération en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs, à savoir.

B) Test présomption :

Ce test est réservé à la recherche des coliformes totaux, et il a consisté à ensemercer :

- ✓ Un (1) flacon de 50ml de bouillon BCPL à double concentration muni d'une cloche de Durham avec 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ Cinq (5) tubes de 10 ml de bouillon BCPL à double concentration muni d'une cloche de Durham avec 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ Cinq (5) tubes de 10 ml de bouillon BCPL à simple concentration muni d'une cloche de Durham avec 5 ml d'eau à analyser.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

C) Lecture :

Les tubes positifs sont ceux qui présentent simultanément un trouble microbien, un virage du bouillon au jaune, et un dégagement gazeux dans la cloche.

D) Test de confirmation :

Les tubes positifs du test de présomption font l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse stérile dans le milieu Indole-Mannitol (milieu Schubert) muni d'une cloche de Durham.

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 à 48 heures.

E) Lecture :

Les tubes positifs (présence d'E coli) sont ceux qui présentent un dégagement gazeux dans la cloche et un anneau rouge en surface après addition de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture s'effectue selon la méthode du nombre le plus probable.

Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes fécaux par 100 ml d'eau.

V.2.3.1.3. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfite réducteurs :

Les Clostridium sont des bacilles à gram⁺, souvent de grande taille, isolés ou en chaînettes, elles sont capables de sporuler. Les Clostridium sont catalase et anaérobies strictes. Les Clostridium sulfite-réducteurs sont capables de réduire le sulfite. Cette réaction est mise en évidence par formation de sulfure de fer dans un milieu contenant du sulfite de sodium et un sel de fer.

A) Principe :

Après destruction des formes végétatives par choc thermique, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré, additionné de sulfate de sodium et de sel de fer. (Rodier et al., 2005)

B) Mode opératoire :

Un volume de 25 ml de l'eau à analyser est placé dans un flacon stérile qui est porté au bain marie à 80°C pendant 10 mn. Le flacon est ensuite refroidi immédiatement sous un courant d'eau. L'eau ainsi traitée est répartie à raison de 5 ml dans 4 tubes stériles.

Environ 15 ml de gélose viande foie en surfusion à 45°C additionnée de 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 0,5 ml de la solution d'Alun de fer sont ajoutés aux tubes qui sont, après solidification, incubés à 37°C pendant 24 à 48 heures.

C) Lecture :

Les colonies apparaissent sous forme de pelotes noires dans la profondeur de la gélose.

La première lecture doit se faire après 16 heures d'incubation, car les colonies de Clostridium sulfito-réducteurs sont envahissantes. Dans le cas contraire, les tubes sont ré-incubés pour une deuxième lecture au bout de 24 à 48 heures.

Les résultats sont exprimés en nombre de spores bactéries sulfito-réductrices dans 20 ml d'eau.

V.2.3.1.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques:**A) principe :**

La présence des Streptocoques dans l'eau est un signe de contamination fécale. Leur dénombrement dans l'eau se fait en milieu liquide sélectif par la technique de nombre le plus probable (NPP) cette technique fait appel à tests.

B) test de présomption :

Sur le milieu ROTH contenant de l'azohydrate de sodium et de l'éthyle violet.

C) Technique :

Après on fait le même mode opératoire des coliformes fécaux.

D) Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien. On note le nombre de tubes positifs et se réfère à la technique de nombre le plus probable (N.P.P).

E) Le test de confirmation :

Après agitation des tubes positifs, on prélève quelques gouttes à l'aide d'une anse de platine et on ensemence dans les tubes de milieu Litsky. Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

F) Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette au fond du tube.

Le nombre de streptocoques fécaux est exprimé en (N.P.P) selon la table de mac Grady.

V.2.3.2. Analyses microbiologiques effectuées sur la margarine :

Les normes de l'entreprise « la belle » sont tirées du journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire N°35 du 27 mai 1998.

Dans le cas de la margarine, les germes recherchés sont :

La flore mésophile totale, les coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures, les Salmonelles et Staphylococcus aureus.

❖ Préparation de la solution mère et des dilutions :

A l'aide d'une spatule stérile, une quantité de 40g de margarine est prélevée et introduite dans un flacon stérile auquel un volume de 34 ml du diluant Ringer ou de l'eau physiologique est additionné. Cette suspension constitue la solution de mère.

Le flacon est ensuite porté dans un bain marie à 45°C pendant 30 mn. Après agitation et repos, il y a séparation de la phase grasse et aqueuse.

Les dilutions sont préparées en introduisant aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile 1 ml de la phase aqueuse dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique, réalisant ainsi la dilution 10^{-1} .

Un volume de 1 ml est prélevé à partir de la dilution 10^{-1} puis introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique obtenant ainsi la dilution 10^{-2} . Les dilutions qui suivent sont réalisées de la même manière.

V.2.3.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux aérobies mésophiles :

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de qualité des aliments dans le contrôle industriel. (Bonnefoy et *al.*, 2002)

A) Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de chaque dilution décimale est prélevé et déposé dans une boîte de pétri stérile à laquelle un volume de 15 ml de gélose (PCA) en surfusion à 50°C est ajouté. Après homogénéisation et solidification à température ambiante, la boîte est incubée à 30°C pendant 27h.

D) Lecture :

Il ne faut prendre en considération que les boîtes contenant un de colonies compris entre 15 et 300 colonies.

Le dénombrement de (FAMT) se fait selon la loi de KASS :

$$\text{Nombres de bactéries} = \text{nombre de colonies} \times \frac{1}{\text{Dilution}}$$

Le résultat final sera exprimé en nombre de germes /g du produit analysé.

V.2.3.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux :

La numérotation sur milieu solide est effectuée sur milieu VRBL contenant du lactose et rendu sélectif par la présence des sels biliaries et de cristal violet. (Bonnefoy et *al.* ; 2002)

A) Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de chaque dilution décimale est portée dans deux boîtes de pétri stérile auxquelles 15 ml de la gélose VRBL, en surfusion à 50°C sont ajoutés.

Après homogénéisation et solidification, une boîte sera incubée à 37°C pendant 24 à 48h et servira à la recherche des coliformes totaux.

L'autre boîte sera incubée à 44°C pendant 24 à 48h et servira à la recherche des coliformes fécaux.

B) Lecture :

Les colonies apparaissent bombées et rouge foncées par la réduction du lactose.

Le dénombrement se fait en multipliant le nombre de colonies par l'inverse de la dilution.

V.2.3.2.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures :

Les levures sont des champignons unicellulaires alors que les moisissures sont des champignons filamenteux unis ou multicellulaires. Ils sont hétérotrophes, aérobies, acidophiles et mésophiles. (Guiraud, 2003)

A) Mode opératoire :

Un volume de 1 ml de chaque dilution décimale est déposé dans une boîte de pétrie stérile à laquelle un volume de 20 ml de gélose OGA en surfusion est ajouté. Après homogénéisation et solidification, les boîtes ainsiensemencées sont incubées à 25°C pendant 5 jours.

B) Lecture :

Les colonies des levures sont rondes et bombées, brillante de couleur blanche mais parfois pigmentées, alors que les colonies des moisissures sont cotonneuses ou granulaire et souvent pigmentées.

La dénomination se fait en multipliant le nombre de colonies par l'inverse de la dilution.

V.2.3.2.4. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* :

Ce sont des cocci (famille des Staphylococcaceae). Les Staphylococcace sont des gram⁺, immobiles, asporulés, groupés généralement en amas irréguliers.

Leur caractère saprophyte de la peau et des muqueuses des êtres vivants en fait des agents de contamination par manipulation. (Guiraud, 2003)

La plupart des souches de *Staphylococcus aureus* engendrent une entérite staphylococcique, associée à la synthèse de toxines extra cellulaires. (Prestott et al., 2003)

A) Mode opératoire :

La recherche des Staphylocoques nécessite un enrichissement sur bouillon Giolitti-Cantoni additionnée de tellurite de potassium puis un isolement sur milieu Chapman.

- Enrichissement :

Un prélèvement de 1 ml de chaque dilution décimale est introduit aseptiquement dans un tube stérile auquel on ajoute 10 ml du milieu Giolitti-Cantoni additionné du tellurite de potassium.

Quelques gouttes d'huile de vaseline sont ajoutées afin de créer l'anaérobiose et pour sélectionner les staphylocoques des microcoques qui sont des aérobies stricts.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

B) Lecture :

Les résultats positifs se traduiront par un noircissement du milieu qui est dû à la réduction de tellurite en tellure noir révélant ainsi la croissance des Staphylocoques.

- Isolement :

A partir des tubes noirs, un isolement sur la gélose Chapman est effectué à l'aide d'un râteau étaleur stérile.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

C) Lecture :

Les colonies des Staphylococcaceae apparaissent jaunes dorées entourées d'un halo jaune.

Il faut faire un test de confirmation (coagulase) pour confirmer la présence de *Staphylococcus aureus*.

V.2.3.2.5. Recherche des Salmonelles :

Les Salmonelles sont des entérobactéries lactose. La contamination des produits alimentaires peut provenir de manipulateurs malades ou porteurs de germes. (Guiraud, 2003)

Le principe consiste en un processus de revivification et de multiplication correspondant à un pré-enrichissement des Salmonelles, cette opération est suivie de l'isolement de ces bactéries sur gélose Hecktoen. (Petranxiene et Lapied, 1981)

A) Mode opératoire :

- **Pré-enrichissement :**

Une quantité de 25g de la margarine est prélevé aseptiquement puis transférée stérilement dans un erlen- meyer stérile qui sera complétée avec 225 ml du diluant ringer.

Après fusion de la margarine dans un bain marie réglé à 45°C au bout de 20 mn environ, l'incubation se fait dans une étuve à 37°C pendant 24 heures.

- **Enrichissement sélectif :**

Un volume de 1 ml de la solution de pré-enrichissement estensemencé à l'aide d'une pipette stérile dans 10 ml du bouillon (SFB).

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

B) Lecture :

Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent un virage de la couleur jaune au rouge brique.

- **Isolement sur gélose Hecktoen :**

A partir des cultures d'enrichissement, un prélèvement à l'aide d'une anse de platine stérile estensemencé en stries gélose Hecktoen.

L'incubation se fait dans une étuve à 37°C pendant 24 heures.

Les Salmonelles se présentent sous forme de colonies de 2 à 4 mm de diamètre et de couleur bleu verdâtre à centre noir.

Résultats et discussions

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques de la matière première (le mélange d'huiles et l'eau), le produit semi fini et le produit fini sont reportés sur les tableaux ci-dessous, tous les résultats sont comparés aux normes appliquées au niveau de l'entreprise « **La Belle** ».

VI.1.Phase grasse (mp):

Elle correspond à un mélange des huiles végétales raffinées (tournesol, soja) et des huiles inter-estérifiées (palme et palmiste).

VI.1.1.Résultats et interprétations des analyses organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques correspondent à l'appréciation de la qualité du mélange d'huiles par le sens, essentiellement la vue, le gout et l'odorat.

VI.1.1.1.Gout et odeur :

Les résultats de la détermination du gout et de l'odeur du mélange d'huile raffinées et inter-estérifiées des dix prélèvements sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°13: Résultats du gout et d'odeur du mélange d'huile.

Paramètre \ Jour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Gout et odeur	Caractéristique										Caractéristique

Les résultats de l'analyse du gout et de l'odeur, montrent qu'ils sont caractéristiques d'une huile, nous avons l'absence d'odeur rance et aucune répulsion gustative.

VI.1.1.2 Couleur :

Les résultats de l'observation de la couleur du mélange d'huile raffinées et inter-estérifiées des dix prélèvements sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°14: Résultats de la couleur du mélange d'huile.

Journal / Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Couleur	Jaune										Jaune

La couleur des huiles est due à la présence des pigments colorés (chlorophylle, caroténoïde...etc.)

Le mélange d'huile utilisé pour la fabrication de la margarine est constitué d'huiles raffinées, il est caractérisé par une couleur jaune, comme l'exige la norme appliquée par l'entreprise « La Belle ». Cette couleur signe d'un bon raffinage donc d'une bonne qualité de la matière grasse.

VI.1.2. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques :

VI.1.2.1. L'humidité :

Les résultats de la détermination du pourcentage d'humidité du mélange d'huile raffinées et inter-estérifiées des 10 prélèvements sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N°15: Pourcentage d'humidité du mélange d'huile.

Journal / Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Humidité (%)	0	0	0		0		0	0	0		Absence

La présence de l'eau dans le corps gras raffinés peut provoquer l'hydrolyse de ces derniers.

D'après les résultats des analyses effectuées sur le mélange des corps gras, on remarque que tous les échantillons présentent une teneur nulle en humidité, ce qui reflète la bonne qualité de la matière première utilisée de point de vue raffinage.

VI.1.2.2. Acidité :

Les résultats de l'acidité des 10 prélèvements du mélange d'huile raffinées et inter-estérifiées sont portés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°16: Résultats de l'acidité du mélange d'huile.

Journal Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Acidité (%)	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	≤ 0,2

L'acidité est mesurée sur des huiles brutes et des huiles raffinées mais aussi pour s'assurer de l'efficacité de la neutralisation. Elle ne se perçoit jamais sous forme de goût acide, mais sous la forme de telle ou telle dégradation, comme par exemple un goût de moisi. (Vigneron, 2003)

Seules des analyses en laboratoire signalent l'acidité, elle indique la dégradation hydrolytique des huiles. (Dupin, 1992)

On remarque que l'acidité varie de (0,04 à 0,07)%, ce sont des valeurs faibles par rapport à la norme recommandée par la belle qui exige une acidité inférieure ou égale 0,2%. Cette faible acidité des huiles raffinées utilisées montre que celles-ci sont de bonne qualité.

VI.1.2.3. Indice de peroxyde :

Les résultats de l'indice de peroxyde des dix prélèvements du mélange d'huile raffinées et inter-estérifier sont représentés ci-dessous :

Tableau N°17: Résultats de l'indice peroxyde du mélange d'huiles.

Journal Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Indice peroxyde (méq d'O ₂ /Kg)	2	1,25	1,5 0	1	2,5 0	1,5 0	1,25	2,5 0	1,5 0	1	< 5

La vitesse de l'auto-oxydation des lipides est influencée par la composition en acide gras, le nombre, la position et géométrie des doubles liaisons.

Donc l'indice de peroxyde est le test le plus courant d'évaluation du niveau d'oxydation des huiles. Il représente donc la mesure du vieillissement de l'huile et augmente avec le temps. (Benhayoun, 2007)

Les résultats obtenus pour l'ensemble des prélèvements d'huile ont été comparés à la norme de l'entreprise qui prévoit des valeurs d'indice de peroxyde inférieur à 5meq d'O₂/kg de corps gras. Ces résultats varient de 1 à 2meq d'O₂/kg, sont inférieurs à la norme, ce qui indique que les huiles utilisées sont nouvellement raffinées.

VI.1.2.4. Le point de fusion :

Les résultats du point de fusion du mélange d'huile raffinées et interestérifiées sont mentionnés sur le tableau suivant :

Tableau N°18: Résultats du point de fusion du mélange d'huile.

<div style="display: inline-block; transform: rotate(-45deg);"> Jour Paramètre </div>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Point de fusion (°C)	35	37	38	36	38	35	37	37	38	36	35- 38

La présence d'une double liaison sur une chaîne carbonée d'une longueur donnée a pour effet d'en abaisser le point de fusion, l'acide stéarique, par exemple, a un point de fusion de 69,6°C, alors que l'acide oléique (C18 :1) se liquéfie à 10,5°C, une deuxième ou troisième double liaison sur une chaîne de même longueur en abaissera proportionnellement le point de fusion.(Germain, 1982)

Les résultats de la détermination de point de fusion, montrent que les prélèvements présentent un point de fusion qui varie entre 35 et 38°C et cela est conforme à la norme de l'entreprise (35-38°C).

Remarque : absence totale des impuretés (pierres, débris de verre ou de métal...etc.) dans le mélange d'huile et cela pour tous les prélèvements.

VI.2.La phase aqueuse (eau) :

La phase aqueuse, est constituée de l'eau adoucie et stérilisée.

Dans cette partie, on ne représente que les résultats d'analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées sur l'eau.

VI.2.1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques :

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau brute et eau adoucie (eau de processus) sont portés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°19: Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et eau adoucie.

		Paramètre	TH(F°)	TA(F°)	TAC (F°)	CI(mg/l)	pH
		Echas					
01	Eau brute		58,40	0	41	205,09	7
	Eau adoucie		1,00	0	42	198,70	7
02	Eau brute		62,08	0	41	213	7
	Eau adoucie		0,60	0	40	205,90	7
03	Eau brute		70,20	0	42	168,80	7
	Eau adoucie		1,60	0	38	205,09	7
04	Eau brute		70	0	38	205,90	7
	Eau adoucie		1,80	0	42	205	7
05	Eau brute		60	0	38	205,90	7
	Eau adoucie		1	0	40	209,80	7
06	Eau brute		74	0	40	213	7
	Eau adoucie		1,50	0	40	213	7
07	Eau brute		70	0	38	220,10	7
	Eau adoucie		0,60	0	39	227,20	7
08	Eau brute		60	0	40	205,80	7
	Eau adoucie		1,80	0	38	213	7
09	Eau brute		75	0	41	213	7
	Eau adoucie		1,20	0	40	191,70	7
10	Eau brute		80	0	37	234	7
	Eau adoucie		2	0	39	248	7
Norme			≤10	00	35-42	100-300	7

- ✓ Le pH est un paramètre important pour la détermination de l'agressivité d'une eau.

Dans les eaux brutes et les eaux adoucies, les valeurs de pH sont égales à 7, c'est un pH neutre incluse dans l'intervalle de la norme.

- ✓ L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'ions d'hydroxydes (OH⁻), de carbonates (CO₃⁻²), de bicarbonate (HCO₃⁻) et dans une moindre mesure aux ions phosphate (PO₄⁻³) et silicate (HSiO₃⁻). Etroitement liée à la dureté, sa valeur est un généralement proche lorsqu'elle est due à la présence de (CO₃⁻²) de (HCO₃⁻).

Dans les eaux, la concentration en OH étant faible et donc négligeable et pour toutes les analyses le (pH = 7) donc (TA=0), et c'est le cas de nos résultats.

Le TAC correspond au dosage des bicarbonates seuls, cette mesure donne pour tous les échantillons des valeurs variant de 37 à 42°F pour l'eau brute, et de 38 à 42°F pour l'eau adoucie, ces valeurs sont conformes aux normes établies.

- ✓ La dureté de l'eau et due aux ions métalliques polyvalents dissous, les principaux ions responsables de la dureté sont les ions Calcium et Magnésium.

L'eau brute présente des teneurs en TH comprises entre 55 à 80°F, C'est une eau très dure car au-delà de 30°F, l'eau est classée comme très dure. Donc un traitement d'adoucissement est nécessaire.

Dans l'eau adoucie, les valeurs de PH diminuent pour atteindre des valeurs très faibles entre 0,60 et 2°F, cette eau est très douce (<3°F).

- ✓ La teneur en chlorure d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse.

L'eau brute présente des valeurs en chlorures variant entre 168,80 et 234 mg/l ces valeurs sont élevées.

Et pour l'eau adoucie, les valeurs sont augmentées par rapport à l'eau brute pour atteindre 191,70 à 248, mg/l, cela est due essentiellement à l'étape de désinfection, (ajout de chlore), mais ça reste que les valeurs sont inférieures aux recommandations (< 300 mg/l).

VI.2.2. Résultats et interprétation des analyses microbiologiques :

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'eau stérile sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau N°20 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau stérile.

Germes recherchés	Echantillons										Norme *
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Germes aérobies mésophiles (22°C)	Absence										60-200
Germes aérobies mésophiles (37°C)											300-1000
Coliformes (37°C)											< 100
Coliformes fécaux (44°C)											Abs
Entérocoques fécaux											Abs
Clostridium sulfitu-réducteurs											Abs

Norme* : Journal officiel de la république algérienne N°35 du 27 MAI 1998.

La qualité microbiologique du produit fini est relative à la qualité microbiologique de la phase aqueuse (eau), pour cela l'analyse de sa qualité demeure impérative.

Il est théoriquement, chimiquement et financièrement impossible de contrôler dans l'eau tous les microorganismes pathogènes susceptibles d'engendrer des infections d'origine hydrique.

Les résultats obtenus montrent une absence totale des germes aérobies mésophiles dans les prélèvements d'eau ainsi que l'absence des germes révélateurs d'une contamination fécale.

L'ensemble de ces résultats révèlent l'efficacité de désinfection par le chlore. Notons que ce dernier, élimine les microorganismes pathogènes ainsi que la majorité des germes banaux.

Aussi la stérilisation par les UV qui a un effet bactéricide instantané, d'où l'absence totale des germes recherchés.

VI .3.Produit semi fini (émulsion)

VI.3.1.Résultats et interprétation des analyses organoleptiques :

VI.3.1.1.Gout et odeur

Les résultats de gout et d'odeur de l'émulsion sont portés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°21 : Résultats de gout et d'odeur de l'émulsion.

Prélèvements Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Odeur/gout	Caractéristique										Caractéristique

Les résultats obtenus, montrent que le gout et l'odeur de ces prélèvements est caractéristique d'une émulsion et comparable à celui du beurre. Il y a absence d'odeur rance et aucune répulsion gustative.

VI.3.1.2.Couleur

Les résultats de la couleur d'émulsion sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°22 : Résultats de la couleur d'émulsion.

Prélèvements Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Couleur	Jaune										Jaune

Les résultats de la détermination de la couleur, indiquent que les dix prélèvements présentent une couleur jaune, qui correspond à la couleur caractéristique de beurre.

La couleur jaune est une couleur qui se rapproche de la couleur du beurre, celle-ci proviens des colorants incorporés à la phase grasse de l'émulsion, soit par addition d'huile de palme rouge, soit B carotène, ils donnent une coloration rouge aux fortes concentrations et jaune à jaune orangé une fois dilués.

VI.3.1.3.Homogénéité

Les résultats d'homogénéité de l'émulsion sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°23 : Résultats d'homogénéité de l'émulsion.

Prélèvements Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Homogénéité	Bonne										Bonne

Les dix prélèvements présentent une bonne homogénéité de l'émulsion, en raison de la durabilité de l'état dispersé des deux phases grasse et aqueuse (émulsification) à l'aide d'un agent émulsifiant ainsi que l'absence de matière grasse libre.

VI.3.2.Résultats et interprétation des analyses physico- chimique :

VI.3.2.1.Humidité :

Les résultats d'humidité de l'émulsion sont portés sur le tableau ci-dessous :

Tableau N°24: Résultats d'humidité de l'émulsion.

Prélèvements Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Humidité %	16,00	16,71	18,46	20,01	16,07	17,50	16,41	17,40	16,66	17,02	16-19%

La mesure en continu de la teneur en humidité dans l'émulsion est essentielle pour obtenir le réglage optimum, car elle permettrait de réduire les variations de la teneur en eau.

L'humidité à forte teneur favorise l'hydrolyse enzymatique et l'oxydation de la margarine. (Karles Kind, 1992)

On remarque que les résultats trouvés varient de 16,00 à 18,46% ils sont compris dans l'intervalle de la norme (16-19%), sauf pour le prélèvement n°4 où la teneur en humidité est égale à 20,01, cette valeur est supérieure à la norme recommandée, mais on ne peut dire que le produit n'est pas conforme car l'émulsion va poursuivre d'autres étapes, ainsi que le responsable de la production va faire le nécessaire pour régler le taux de l'humidité dans l'intervalle établie.

VI.3.2.2 Acidité :

Les résultats de l'acidité d'émulsion de la margarine sont représentés par le tableau suivant :

Tableau N°25: Résultats de l'acidité d'émulsion.

Prélèvements Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Acidité (%)	0,14	0,12	0,14	0,13	0,11	0,11	0,14	0,14	0,10	0,12	≤ 0,2%

Définissant l'acidité comme étant la mesure des acides gras libres, qui nous renseigne principalement sur l'altération des triglycérides lorsqu'ils se trouvent dans des conditions propices.

Les dix prélèvements présentent une acidité comprise entre 0,10 et 0,14%, ces valeurs sont inférieures à 0,2% la norme recommandée par le fabricant, ces faibles valeurs de l'acidité sont la conséquence de l'utilisation d'un mélange de corps gras de bonne qualité.

VI.3.2.3. Point de fusion

Les résultats de point de fusion de l'émulsion sont portées dans le tableau suivant :

Tableau N°26 : Résultats de point de fusion de l'émulsion de la margarine

Prélèvements Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Point de fusion °C	36,80	36,50	38	37	37,5	38	38,50	37,80	36	38	<35

Le point de fusion dépend de la composition d'émulsion de la margarine en acides gras saturés ou insaturés, il doit être inférieurs à la température du corps (37°C). Pour que la margarine de table fonde dans la bouche.

Les matières grasses riche en acides gras saturés sont solides à température ambiante et nécessitent un apport d'énergie pour être liquéfiées.

La présence d'acide gras à courtes, ce qui tend à diminuer leur PF. De la même manière, la présence AGI sur les triglycérides réduit leur PF.

Nous remarquons que les résultats trouvés varient de 36 à 38°C, ces résultats sont légalement supérieurs à la norme fixée par l'entreprise qui préconise un point de fusion de la margarine de table qui doit être inférieur à 35°C. On ne peut donner un jugement sur ce paramètre car il manque un donné très important qu'on n'a pas réalisé au niveau de l'unité « La Belle », c'est la connaissance de la composition en acide gras.

VI.3.2.4. Indice peroxyde

Les résultats de l'indice peroxyde de l'émulsion sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N°27 : résultats de l'indice peroxyde d'émulsion.

Prélèvements Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Indice peroxyde (meq d'O ₂ /Kg)	1,25	2	1,50	1,25	2	1	1,50	1,75	1,50	1,25	<5

Le développement du rancissement et d'autres mauvais goûts est la manifestation la plus connue de l'oxydation lipidique. Un ralentissement de cette auto-oxydation peut être obtenu par addition d'antioxydants (tocophérol, propyl gallate, butylhydroxyanisol (BHA)...etc.).

Le peroxyde est un indice très utile et d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative. (Karles Kind et Wolff, 1992)

Les résultats des indices de peroxydes estimés pour les échantillons étudiés, présentent des valeurs variant de 1 à 2 meq d'O₂/Kg, ils sont nettement inférieurs à la norme appliquée par le fabricant qui est de 5 meq d'O₂/Kg d'échantillon.

VI.3.2.5. Le pH :

Les résultats de pH de l'émulsion sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°28: Résultats de pH de l'émulsion.

Prélèvements Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
pH	4,8	5,3	5,8	4,9	5,5	5,3	4,8	5,9	4,5	5,00	4,5-6

Les faibles valeurs du pH, conduisent à une sensation acide, qui peut ne pas plaire aux consommateurs.

Les valeurs du pH enregistrées pour tous les échantillons varient de 4,5 à 5,9, ces résultats sont conformes à la norme qui exige un pH entre 4,5 et 6.

VI.3.2.6. Teneur en sel :

Les résultats de la teneur en sel de l'émulsion sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°29 : Résultats de la teneur en sel de l'émulsion de la margarine

Prélèvements Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Teneur en sel %	0,60	0,62	0,55	0,70	0,69	0,61	0,63	0,62	0,69	0,59	< 1

Le sel est employé pour donner à la margarine son goût propre, il intervient dans le profil de la saveur, amélioration de la sapidité et peut être bactériostatique.

Les valeurs de la teneur en sel enregistrées pour tous les échantillons varient de 0,55 à 0,70, ces résultats sont conformes à la norme qui exige une teneur inférieure à 1%.

VI.4. Produit fini (la margarine de table) :**VI.4.1. Résultats et interprétation des analyses organoleptiques :****VI.4.1.1 Gout et odeur :**

Les résultats du gout et d'odeur de la margarine sont portés dans le tableau suivant :

Tableau N°30: Résultats du gout et d'odeur de la margarine.

Prélèvements Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Gout/odeur	Caractéristique										Caractéristique

Les arômes naturels affirment le gout et que les vitamines améliorent la valeur nutritionnelle du produit. Avant d'être utilisée, la margarine est pasteurisée. On y ajoute du sel qui rehausse le gout et parfois de l'acide citrique qui corrige le degré d'acidité et la margarine un gout frais tout en prolongeant son temps de conservation. (Hervé énonce, 2003)

La margarine sans lait est souvent aromatisée avec le diacétyle (un des nombreux constituants de l'arôme de beurre), le diacétyle est un liquide jaunâtre à forte odeur qui donne à la margarine une odeur et un gout de beurre de manière permanente. Les résultats obtenus, montrent que le gout de ces prélèvements est comparable à celui du beurre, et qu'il y a absence d'odeur rance et aucune répulsion gustative.

VI.4.1.2 Couleur :

La couleur des dix prélèvements de la margarine est déterminée à l'œil nu, les résultats obtenus sont portés ci-dessous :

Tableau N°31 : Résultats de la couleur de la margarine.

Prélèvements Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Couleur	Ivoire										Ivoire

Les résultats de la détermination de la couleur, indiquent que les dix prélèvements présentent une couleur ivoire, qui correspond à la couleur caractéristique de la margarine.

La couleur ivoire est une couleur qui se rapproche de la couleur du beurre, celle-ci proviens des colorants incorporés à la margarine, soit par addition d'huile de palme rouge, soit B carotène, ils donnent une coloration rouge aux fortes concentrations et jaune à jaune orangé une fois dilués. (Hautier et *al.*, 2005)

VI.4.1.3. Tartinabilité :

La tartinabilité des dix prélèvements de la margarine est déterminée à l'œil nu, les résultats obtenus sont portés ci-dessous :

Tableau N°32 : Résultats de tartinabilité de la margarine.

Prélèvements Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entreprise
Tartinabilité	Bon										Bon

La margarine est caractérisée par sa texture buccale et tactile qui est due à son état plastique et son état d'émulsion très fine (eau dans l'huile).

Les dix prélèvements présentent une bonne tartinabilité de la margarine qui reflète un bonne cristallisation et malaxage de l'émulsion.

VI.4.2. Résultats et interprétation des analyses physicochimiques :

Les analyses physicochimiques (point de fusion, acidité et l'indice de peroxyde) de produit fini sont les mêmes que le produit semi fini (l'émulsion).

Reste à vérifier la température de sortie de produit finie et l'aspect commercial (poids net, datage, sertissage de l'opercule).

VI.4.2.1. Température de sortie :

La température de sortie des dix prélèvements de la margarine est déterminée à l'aide d'un thermomètre, les résultats obtenus sont portés ci-dessous :

Tableau N°33 : Résultats de température de sortie de la margarine.

Pré lèvements Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Norme d'entrepri se
T°C de sortie	21,4 0	21,7 0	20,5 0	21,1 0	20,3 0	20,5 0	21,00 0	20,7 0	21,5 0	21,3 0	20-22°C

Les dix prélèvements présentent une température comprise entre 20,10 et 21,70°C, ces valeurs sont dans l'intervalle de la norme recommandée par l'entreprise. Le poids net est de l'ordre de 500g pour chaque pot avec un opercule bien sertisser et dater.

VI.4.3. Interprétation des analyses microbiologiques :

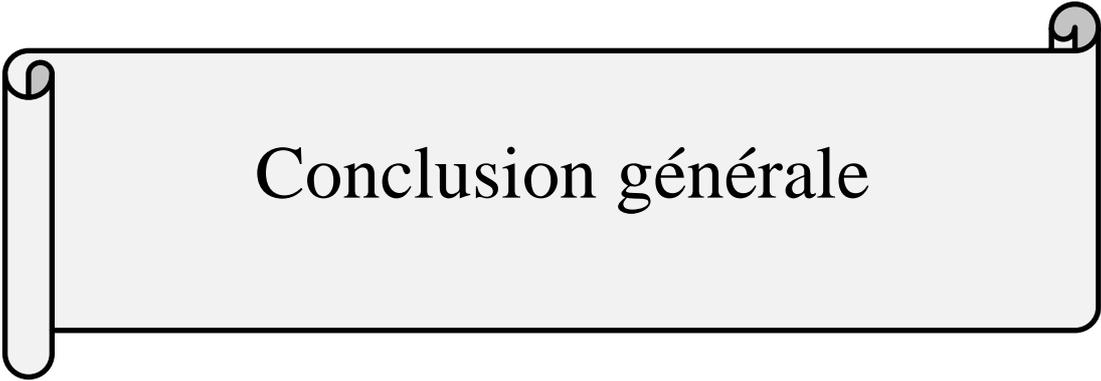
Les résultats de l'analyse microbiologique de la margarine ont montrés l'absence totale de la flore indicatrice d'une contamination fécale de la flore d'altération ainsi que les germes pathogènes.

Ces résultats reflètent la maîtrise parfaite des risques microbiologiques qui repose avant tout sur le respect des règles d'hygiène tout au long des filières de production. La désinfection des surfaces et des matériaux a permis évidemment d'éviter les phénomènes de contamination. Par ailleurs, l'inhibition du développement des microorganismes est renforcée par l'addition de conservateur tel que l'acide sorbique qui est actif sur la majorité des microorganismes, notamment les microorganismes.

Ainsi que l'ajout de l'acide citrique qui est considéré comme un agent antimicrobien potentiel.

Par ailleurs l'utilisation des antioxydants (BHA, BHT) qui ont des propriétés de conservateurs a certainement contribué également à la stabilité microbiologique de la margarine. En effet, ces derniers ont une action inhibitrice sur de nombreuses bactéries, champignons et même virus.

De plus, le recours à l'utilisation des matières premières, anhydres, l'emploi d'une eau stérile dans la fabrication de la margarine ainsi que la conduite du procédé en système clos sont autant des facteurs qui permettent de diminuer le risque de contamination. La pulvérisation de la phase aqueuse en fines gouttelettes au sein de la matière grasse est un facteur important de conservation de la margarine, dans la mesure où les germes ne se développent que dans la phase aqueuse.



Conclusion générale

Conclusion générale :

Notre stage pratique au niveau de l'industrie « La Belle » nous a permis de nous familiariser avec la technologie de fabrication de la margarine, de mettre en pratique et d'enrichir nos connaissances théoriques dans ce domaine.

La fabrication de la margarine est une technologie propre et maîtrisée qui ne présente pas de risques pour les travailleurs. Cependant, ce produit reste très sensible à différentes altérations chimiques, physiques et bactériologiques.

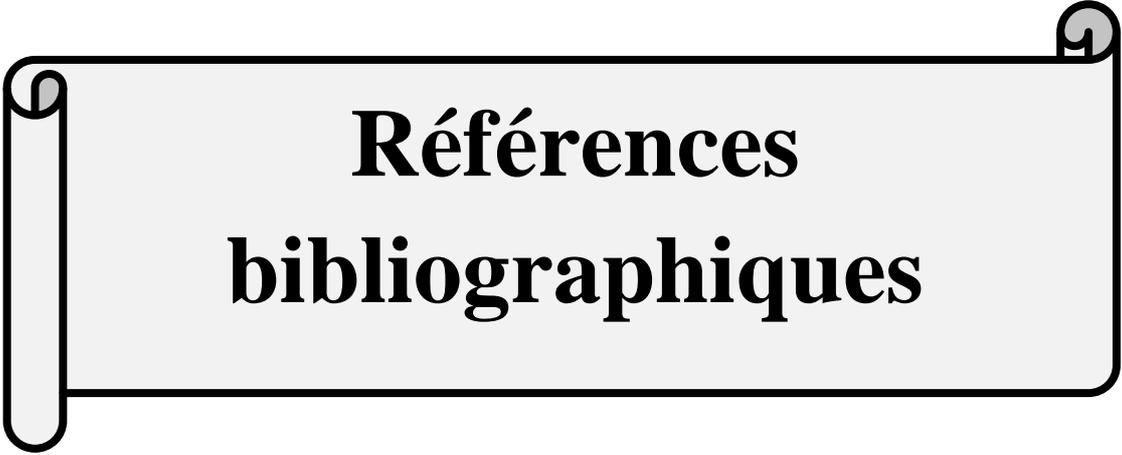
Au vu des résultats obtenus au cours de ce travail et sur la base des observations et des manipulations faites au cours de notre stage, en étudiant chaque étape de la fabrication, des conclusions peuvent être prises notamment sur les points suivants :

Il est impératif de respecter et appliquer les règles d'hygiène et de fabrication pour obtenir une margarine d'une qualité supérieure et pour cela il convient de veiller à :

- ✓ Traiter le produit dans une chaîne fermée de telle façon qu'aucune contamination ne puisse s'y développer.
- ✓ Ne pas laisser de temps morts où les produits peuvent être contaminés par l'air.
- ✓ Des lavages doivent être effectués après chaque production, avec des désinfectants efficaces.
- ✓ Une hygiène stricte pour l'atelier de fabrication.

En résumé, d'après notre stage au niveau de l'unité de fabrication de la margarine de table « La Belle » on n'a constaté que l'entreprise a suivi le processus tel qu'il est décrit dans le diagramme tout en respectant les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication, ainsi que les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques obtenus sont généralement dans l'intervalle exigé par l'entreprise et conformes aux normes. Mais ces dernières nous semblent incomplètes. En effet, certaines analyses indispensables ne sont pas régulièrement effectuées comme :

- ✓ L'indice d'iode déterminant l'insaturation globale des acides gras.
- ✓ La composition en acides gras de la margarine, de manière à apprécier sa valeur nutritive.
- ✓ Les pourcentages de solides en fonction de la température en vue de maîtriser la consistance de produit.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques :

Alias C. et Linden G. (1997). Corps gras in : biochimie alimentaire. Masson, Paris. ISBN : 2-225-808880-5. pp : 202-207.

ALAIS C, LINDING : « Biochimie alimentaire. 3^{ème} édition révisée et complétée » Edition MASSON.1994.

Brochette P. (1999). Emulsification : élaboration et étude des émulsions. Dans : techniques de l'ingénieur, traité de Génie des procédés. J 2. p150.

Branger Alain et Boustel Sebastien. (2007) : Alimentation et processus technologique. Edition Educagri, ISBN : 978-2-8144-559-9.

Bonnefoy C, Guillet F, Leyral G. et Vernes-Bourdaïs E, 2002 : Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Ed : Doin, pp : 87-106.

Christian BOUVIER : Chimie 7^{ème} année. Ecole Européenne. Chapitre n° 12 : les lipides.

Cuvelier C et al, 2004 : Acides gras : nomenclature et sources alimentaires.

Cheftel J.C. et Cheftel H. (1977). In : « Oxydation des lipides ». Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments.1. pp : 303-331.

Cossut J., Defrenne B., Desmedt C., Ferroul S., Garnet S., Humbert S., Roelstraete L., Vanuxeem M. et Vidal D. (2002). Les corps gras : entre tradition et modernité. Lille, Université des Sciences et Technologies de Lille. p140.

Champetier G. (1956). Les industries des corps gras, chap. 4 : la margarine. Ed. Tec et Doc., Lavoisier, Paris. pp : 283-291.

Cheftel, 1979 : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 2. Edition Paris. p295.

Denis J. (1992) : Raffinage des corps gras. In : Manuel des corps gras. Tom 2, Paris : Tec et Doc. Lavoisier, p806. ISBN : 2-85206-662-9.

Dupain et al. (1992). Alimentation et nutrition humaine .ESF éditeur : ISBN : 2-7101-0892-5.

Dupin H, (1992), Alimentation et nutrition humaine. Ed : Esf éditeur, pp : 899-907.

François R. (1974). Les industries des corps gras : biochimie, extraction, raffinage ; nuisances et réglementation. Tec & Doc- Lavoisier. Paris, pp : 59-288.

Faur L, (1992) : Transformation des corps gras. Ed : Tec et Doc, p1579.

François R, (1974) : industries des corps gras. « Biochimie-extraction-raffinage ». Ed : Tec et Doc, pp : 566-747.

Four, (1991) : L'essentielle sur les AGI, information lipodietétique. Tome 1. Edition (Société ASTRA-CALUE). p258.

Juliette COSSUT et al ; 2001 : Gestion de la Qualité Nutritionnelle et Marketing des Produits Alimentaires.

Jonathan Aboiron ; Elise Hameury, 2004 : Additifs alimentaires : Les lécithines.

Joffin C. et Joffin J-N, (1985) : Microbiologie alimentaire. Ed : Centre Régional de Documentation, pp : 114-159.

Graille J. (2003). Lipides et corps gras alimentaires .Tec et Doc, Lavoisier, Paris. ISSN : 0243-5624. ISBN : 2-7430-0594-7. pp :1-183.

Guiraud J-P, (2003) : Microbiologie alimentaire. Ed : Dunod Paris, pp : 81-101.

Karleskind A. (1992).Manuel des corps gras. Tome 2.Technique et documentation Lavoisier.

P : 803-988.

Karleskind A. (1992). Manuel des corps gras. Tome2. Lavoisier. Ed : Tec Et Doc, pp : 1571-1578.

Karlesking A, (1992) : Manuel des corps gras. Ed : Tec et Doc, pp : 938-989.

Lecerf J-M. (2008). Acides gras et maladies cardiovasculaire: de l'épidémiologie à la pratique clinique. Centre de Recherche et de l'information Nutritionnelle. pp : 1-6.

Larpen J-P, (1997) : Microbiologie alimentaire « Technique de laboratoire ». Ed : Tec et Doc Lavoisier, pp : 15-17.

O'Brien R.D. (2009). Fats and oils: formulating and processing for applications. Ed: CRC Press, CRC Press, Taylor & Francis Group, London, New York.

Pr. Y. Touitou, 2005 : Biochimie : structure des glucides et lipides.

Petraxiene D, et Lapied L, (1981) : Qualité bactériologique « analyses et tests ».Ed : Tec et Doc Lavoisier, p226.

Prescott L-M, Harley J-P et Klein D-A, (2003) : Microbiologie. 2^{ème} Ed Française : De Boeck-Université, p976.

Rodier J, Bazinc C, Broutn J-P, Chambon P, Champsaur H, et Rodi L, (2005) : L'analyse de l'eau. Eau naturelle, au de mère et eau de résiduaire. Ed : Dunod, Paris, p1383.

TrimolieresJ, Dupain. (1984). Manuel d'alimentation humaine : tome 2. Edition : Tech et Doc Lavoisier, Paris.

Vierling E. (2003). « Aliments et boissons, filières et produits : 2^{ème} édition. In : Sciences des aliments.

Vierling E. (2008) : Aliments et boissons : Technologie et aspect réglementaire. Ed : Din, pp : 67-70.

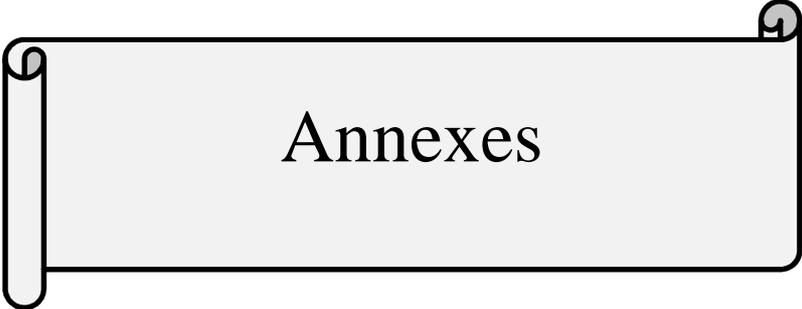
Wolf F-P, (1968). Manuel d'analyse des corps gras. Ed Azoulay, pp : 311-399.

Autres références :

- AFNOR : NF T 90-14/1952 : Essais des eaux. Dosage des ions chlore.
- AFNOR : NF V 08-010/1982 : Règles générales pour la préparation en vue de l'examen microbiologique.
- AFNOR, 1985 : Corps gras d'origine animale et végétale. Détermination des indices, humidité, peroxyde et iode par la méthode titrimétrie. Edition. Association française de normalisation. p210.
- Codex alimentarius (2007) : Normes Codex pour les additifs alimentaires autorisés dans la margarine Codex STAN 256.
- FAO OMS. 1975 : Norme internationale recommandée pour la margarine. Bulletin N°28. p54.
- Journal officiel de la république Algérienne N°35 du 27 Mai 1998.

Sites internet :

- Site 1 : [http : //WWW.Novastell.Com/ les phospholipides-lécithines-et – phospholipides.Html](http://WWW.Novastell.Com/les-phospholipides-lécithines-et-phospholipides.Html)
- Site 2 : [http : //WWW.Google scholar/les huiles végétales/huile de palme-huile de soja-huile de tournesol.Com](http://WWW.Google scholar/les huiles végétales/huile de palme-huile de soja-huile de tournesol.Com)
- Site 3 : [http : //WWW.Membres multmania. Fr/ tsaoseng/ rapports/ corps-gras. Html # graisses plastiques.](http://WWW.Membres multmania. Fr/ tsaoseng/ rapports/ corps-gras. Html # graisses plastiques)
- Site 4 : [http : //WWW.Lacentrale-eco.Com/eau/traitement-et-stérilisation-UV. Html](http://WWW.Lacentrale-eco.Com/eau/traitement-et-stérilisation-UV. Html)
- Site 5 : [http : //WWW.Google scholar/Corps gras/Margarine-Beurre .Com](http://WWW.Google scholar/Corps gras/Margarine-Beurre .Com)
- Site 6 : [http : //WWW.Google scholar/les acides gras/saturés-insaturés.Com](http://WWW.Google scholar/les acides gras/saturés-insaturés.Com)



Annexes

Tableau N°01 : Représente le point de fusion en fonction du nombre d'atomes de carbone. (DENIS-1982)

Désignation	Nombres d'atomes de (C)	Nombre de doubles liaisons	Point de fusion
A-Butyrique	4	0	-7,9°C
A-Stéarique	18	0	69,5°C

Tableau N°02 : Représente le point de fusion en fonction du nombre de double liaison. (DENIS-1982)

Désignation	Nombres d'atomes de (C)	Nombres de doubles liaisons	Point de fusion
A-Oléique	18	1	13,4°C
A-Linoléique	18	2	-5°C
A-Linolénique	18	3	-11°C

Tableau N°03 : Les acides gras saturés et acides gras insaturés.(KESSOURS-1993)

Les acides gras insaturés	Les acides gras saturés
Acide Oléique (C 18 : 1)	Acide Caprylique (C8 : 0)
Acide Linoléique (C 18 : 2)	Acide Palmitique (C16 : 0)
Acide Linolénique (C18 : 3)	Acide stéarique (18 : 0)
	Acide Arachidique (C20 : 0)
	Acide Sirotique (C26 : 0)