

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa

Université A. MIRA-BEJAIA
Faculté de Technologie
Département de Génie des Procédés



Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme Master
Filière : Génie des Procédés
Option : Génie Alimentaire

Thème

Elaboration d'une Margarine enrichie d'Huile d'olive
Algérienne et extrait de Laurier noble

Présenté par :
BROURI Hanane et GHOUAR Salima

Soutenu le 26/06/2023

Devant le jury composé de :

/	Nom et prénom	Grade	Université
Président	SAHNOUNE Mohamed	MCB	Université de Bouira
Examineur	SELLAMI Ferhat	MCB	Université de Bejaia
Encadrant	ZEMBOUAI Idris	MCA	Université de Bejaia
Co-encadrant	BEKHOUCHE Nour el-islam	Ingénieur	CEVITAL-Bejaia

Année universitaire : 2022/2023



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 ZEMBOUAI Idris** Pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses Conseils et ses orientations ainsi que pour la confiance qu'IL nous a Donnée tout au long de la réalisation de ce travail.*

Nous tenons également à remercier à tous les membre de jury, d'avoir accepté de présider et d'examiner ce travail. Veuillez trouver, ici l'expression de notre reconnaissance et notre respect.

Nous remercions l'entreprise CEVITAL de nous avoir accueilli et mettre à notre disposition toutes les condition nécessaire pour la réalisation de ce travail, particulièrement Mr KARIM, Mr ISLAM , MME SAMIA et tous les membres de l'équipe du laboratoire Physicochimique de CEVITAL ainsi que Mr MALEK, Mr BERAHIM

Et Mr SAMIR TOUTOU.



Dédicace

*A l'aide de dieu tout puissant, qui m'a tracé
Le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la
Flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur : **Maman**
Lahbibah que j'adore.*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien
Moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours Sacrifié
pour me voir réussir, à toi **mon père**
Le3zize.*

*A ma sœur **Lydia** et son mari **Mourad** et leur anges **Nihal, Thanina,**
Billal et Assil et A mes chers frères **Mohand** et sa femme et **Hacene**
pour leurs encouragements permanents.*

*A mes grand-parent
A toute la famille **BROURI** et **TOUTOU***

*A mon cher encadreur monsieur **Zembouai Idris** pour son soutien,
encouragement, et l'aide précieuse qu'il m'a apportée tout le long de
ce parcours en vue de la concrétisation de ce mémoire*

*Je ne peux clôturer cette dédicace sans adresser à ma chère amie et
ma binôme **Salima** et sa famille un grand remerciement pour sa
patience et sa ténacité durant les bons et parfois durs Moments qu'on
a passés ensemble*

*A mes chères amies proches : **Feriel, Samia, lamia, Thiziri....***

*A tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à me remonter le
moral et me soutenir dans les moments difficiles.*

Merci d'être toujours là pour moi.

Enfin à toute la promotion de master II Génie Alimentaire

HANANE



Dédicace

*J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail A celle qui attendue avec
patience les fruits de sa bonne éducation,*

*Qui m'a tout donné, qui a toujours été là pour moi, à celle qui tient le
paradis sous ses pieds, à mon ange, « **ma mère** » que Dieu te
donne santé et de longue vie.*

*A la mémoire de mon très cher **papa** qui a guidé mes premiers pas à
l'école, qui fus tout au long de sa vie le soutien des tiens, Tu me
manqueras pour toujours ; Que la paix soit avec toi dans la maison de
l'éternelle.*

*Mon très cher frère **SADI**, et notre petite ange **Imane**
Mes très chères sœurs **Katia**, **Mélissa** et leurs maris, mon âme jumelle
Soraya, et mes **grands-parents** qui m'ont toujours encouragé.*

*A toute la famille **Ghouar** et **Berd***

*A tous mes amis(es), mes copines
Et tous ce qui me connaissent de loin ou de pré.*

*Je ne peux clôturer cette dédicace sans adresser à ma chère binôme
Hanane et sa **famille** un grand remerciement pour sa patience et sa
ténacité durant les bons et parfois les durs moments qu'on a passés
ensemble.*

Enfin à toute la promotion de master II Alimentaire

SALIMA



Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

DAE : direction agricole d'El-Oued.

Qx : quintaux

GAE : Gallic Acid Equivalent

TP: Total polyphenols

Tab : tableau

d : densité relative.

IR : infrarouge.

A : acidité libre

IP : indice de peroxyde

Meq : milliéquivalents

UV : le rayonnement ultraviolet

pH : potentiel d'hydroxyde

ha : hectare

LDL : low-density lipoprotein (lipoprotéines de basse densité), (mauvais cholestérol).

HDL : high density lipoprotein (lipoprotéines de haute densité), (bon cholestérol).

COI : conseil oléicole international

W/O : water in oil (eau dans huile).

Pb : plomb

As : arsenic

°C : degré Celsius

AG : acide gras

h : heur

SSHE : un échangeur thermique à surface raclée

AGPI : acide gras polyinsaturés

BHA : butylhydroxyanisole

BHT : butylhydroxytoluene

PG : la gallate propylée

TBHQ : la tetra-butylhydroquinone

HE : huile essentielle

CAS : conditional access system

HMPC : comittee on Herbal Médicinal products

E : échantillons
HOEV : huile d'olive extra vierge
Kcal : kilocalorie
LN : laurier noble
RN°9 : route numéro 9
PET : poly-éthylène-téréphtalique
EV : extra vierge
MARG : margarine
HO : huile d'olive
RMN : Résonance magnétique nucléaire
SFC : Solide Fat Content
AGS : acide gras saturé
AGI : acide gras insaturé
AGT : acide gras trans
IC50 : concentration inhibitrice à 50%
COGB : complexe des corps gras de
Bejaïa
N : normalité
nm : nanomètre
ppm : partie par million
MCFL : margarine cevital fleurial
MCFT : margarine cevital feuilletage

Liste de figure

Liste de figures

Figure I.1 : Carte oléicole d'Algérie	3
Figure I.2 : Représentation des olives.....	5
Figure I.3 : Huile d'olive.....	7
Figure I.4 : Production mondiale d'huile d'olive.....	9
Figure I.5 : Schéma récapitulatif de la classification des huiles d'olive	10
Figure II.1 : Classification des margarines disponibles sur le marché mondial... ..	24
Figure II.2 : Procédé de préparation de la phase huileuse et de l'émulsifiant.....	25
Figure II.3 : Procédé de préparation de la phase aqueuse.....	25
Figure II.4 : Procédé de préparation de l'émulsion	26
Figure II.5 : Pasteurisateur... ..	27
Figure II.6 : Cristallisateur.....	27
Figure II.7 : Ephédra alata subsb alanda.....	30
Figure II.8 : Artémisia herba alb	30
Figure II.9 : Urtica dioïca	30
Figure II.10 : Zingiber officinale.....	30
Figure II.11 : Curcu l ma longa.....	30
Figure II.12 : Allium sativum L.....	30
Figure II.13 : Nigella sativa L.....	31
Figure II.14 : Thymus vulgaris L.....	31
Figure II.15 : Moringa oleifera	31
Figure II.16 : Cinnamomum verum	31
Figure II.17 : laurier noble	31
Figure II.18 : zeste de citron... ..	31
Figure II.19 : Plante laurier noble	34
Figure II.20 : Schéma du principe de la technique d'hydro distillation.....	35
Figure II.21 : Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau	36
Figure II.22 : Montage d'extraction par solvant... ..	36
Figure II.23 : Montage d'hydro diffusion... ..	37
Figure II.24 : Montage d'extraction assistée par micro-ondes... ..	38
Figure II.25 : Schéma de la technique d'extraction par le CO ₂ supercritique.....	38
Figure III.1 : L'huile d'olive extra vierge utilisée	44
Figure III.2 : Lavage.....	45

Figure III.3: Séchage	45
Figure III.4 : Laurier noble en poudre	45
Figure III.5 : Dispositif de l'hydrodistillation... ..	46
Figure III.6 : La poudre de laurier noble avec le solvant.....	46
Figure III.7 : Montage de décantation... ..	47
Figure III.8 : Conservation de l'HE extraite	47
Figure III.9 : Situation géographique de CEVITAL.....	48
Figure III.10 : Schéma général de la fabrication de la margarine	49
Figure III.11 : Préparation de la margarine au niveau du laboratoire.....	51
Figure III.12: Margarines élaborées... ..	52
Figure III.13 : Spectromètre à résonance magnétique nucléaire (RMN).....	53
Figure III.14 : Dosage des acides gras libre dans l'échantillon... ..	54
Figure III.15 : Dosage volumétrique des ions chlorure	55
Figure III.16 : pH-mètre	56
Figure III.17 : pycnomètre.....	57
Figure III.50 : Spectrophotomètre IRTF.....	58
Figure IV.1 : spectres IR-TF d'échantillon étudié	62
Figure IV.2 : Taux de solide des différentes margarines.....	64
Figure IV.3 : Point de fusion de différentes margarines... ..	65
Figure IV.4 : Teneur en eau des différentes margarines... ..	66
Figure IV.5 : Acidité de différentes margarines élaborées.....	67
Figure IV.6 : Teneur en sel des différentes margarines étudiées.....	68
Figure IV.7 : Potentiel hydrogène (pH) des différentes margarines élaborées... ..	69
Figure IV.8 : Variation de l'indice de peroxyde (meq O ₂ / kg) de la margarine pendant le temps de stockage à 4°C.....	70
Figure IV.9 : gâteaux sable avant la cuisson.....	71
Figure IV.10 : gâteaux sable après la cuisson... ..	71

Liste de tableau

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Les Principales variétés d'oliviers cultivées en Algérie Orientations variétés de l'olivier en Algérie.

Tableau I.2 : Composition chimique de fruit d'olive.

Tableau I.3 : Composition physique de fruit d'olive.

Tableau I.4 : Composition chimique de l'olive (%)

Tableau I.5 : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive

Tableau II.1 : Composition de la margarine.

Tableau III.1 : Produits chimiques utilisés

Tableau III.2 : Informations nutritionnelles de HOEV pour 100g

Tableau III.3 : Codes des margarines élaborées

Tableau IV.1 : Rendements en huile essentielle des feuilles de Laurier noble

Tableau IV.2 : Acidité en pourcentage d'acide oléique (%)

Tableau IV.3 : Indice de peroxyde en meq d'O₂ /kg

Tableau IV.4: Densité de l'huile d'olive utilisée.

Tableau IV.5 : Bandes d'absorption caractéristiques de l'huile d'olive utilisée.

Tableau IV.6 : Valeur de potentiel d'hydrogène (pH)

Tableau IV.7 : Caractéristiques sensorial

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Références bibliographiques 3

Synthèse bibliographie

Chapitre I : L'huile d'olive

I.1. L'olivier... 4

I.1.1. Culture de l'olivier 4

I.1.2. L'oléiculture 4

I.1.3. Les variétés d'olivier Algérienne 6

I.2. L'olive 7

I.2.1. Définition 7

I.2.2. La composition d'olive 8

I.3. Huile d'olive 8

I.3.1. Définition 8

I.3.2 Composition chimique de l'huile d'olive 9

I.3.3. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive 11

I.3.4. Production mondiale de l'huile d'olive 12

I.3.5. Production de l'huile d'olive en Algérie 12

I.3.6. Consommation de l'huile d'olive en Algérie 12

I.3.7. Classification 13

I.3.8. Valeur nutritionnelle de l'huile d'olive et bienfaits thérapeutiques 15

I.3.9. Les facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive 16

I.3.9.1. La récolte 16

I.3.9.2. Lors de la transformation 17

I.3.9.3. Le stockage 18

Références bibliographiques 19

Chapitre II : Généralités sur la margarine et les antioxydants

II.1. La margarine 20

II.1.1 Historique	22
II.1.2. Définition.....	22
II.1.3. Composition globale des margarines.....	23
II.1.4. Caractéristiques des margarines.....	25
II.1.5. Classification des margarines.....	27
II.1.6. Processus de fabrication de la margarine.....	28
II.1.7. Facteurs d'altération de la margarine.....	32
II.1.8 Oxydation de la margarine.....	32
II.2. Les antioxydants	33
II.3. Quelques exemples sur les plantes riche en antioxydants.....	34
II.4. Laurier noble.....	35
II.4.1. Historique	36
II.4.2. Caractéristiques.....	36
II.4.3. Classification.....	37
II.4.4. Le genre Laurus	37
II.4.5. Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	38
Références bibliographiques... ..	43
Partie expérimentale	
Chapitre III : Matériels et méthodes	
III.1. Produits chimiques utilisés.....	47
III.2. Huile d'olive.....	48
III.3. Laurier noble.....	49
III.3.1. Traitement des feuilles de Laurier noble.....	49
III.4. Présentation de l'organisme d'accueil CEVITAL.....	52
III.4.1. Situation géographique.....	52
III.4.2. Activités de l'entreprise CEVITAL.....	52
III.4.3. Procédé de fabrication de la margarine.....	53
III.5. Elaboration des différentes margarines.....	54
III.5.1. Composition de la formulation.....	54
III.5.2. Préparation du Blend.....	54
III.6. Procédé de fabrication à l'échelle laboratoire.....	55
III.7. Techniques de caractérisation.....	56
Références bibliographiques	63

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Rendement en huile essentielle des feuilles de Laurier noble.....	64
IV.2 Caractérisation d'huile d'olive.....	64
IV.2.1. Acidité.....	64
IV.2.2. Indice de peroxyde.....	65
IV.2.3. Densité.....	65
IV.2.4. Analyse par IRTF.....	66
IV.2.5. Potentiel hydrogène (pH).....	67
IV.3. Caractérisation physico-chimique des margarines élaborées.....	67
IV.3.1. Analyses physiques.....	67
IV.3.1.1. Taux de solide par RMN.....	67
IV.3.1.2. Point de fusion.....	69
IV.3.1.3. Teneur en eau.....	69
IV.3.2. Analyses chimiques.....	70
IV.3.2.1. Acidité.....	70
IV.3.2.2. Teneur en sel.....	71
IV.3.2.3. Potentiel hydrogène (pH).....	72
IV.3.2.4. Indice peroxyde.....	73
IV.4. Application.....	75
Références bibliographiques.....	77
Conclusion.....	79

Introduction

Introduction

Depuis une trentaine d'années, de nombreuses recherches sont à l'origine d'une prise de conscience d'un effet délétère de nos modes de consommation sur notre santé. De manière générale, les habitudes de consommation sont responsables de nombreux effets sur la santé, tels que l'augmentation du risque de maladies cardiovasculaires, d'hypertension, de réponse inflammatoire disproportionnée ou chronique ou bien encore l'augmentation du risque de cancers ou de diabète de type II [1].

L'huile d'olive est le produit méditerranéen par excellence. Elle est la principale source de matières grasses du régime crétois ou du régime méditerranéen qui sont bien connus pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. Si l'huile d'olive est un produit intéressant d'un point de vue nutritionnel c'est tout d'abord pour sa composition en acides gras. En effet elle est largement insaturée et contient une petite partie d'acides gras essentiels. Outre cette composition particulière en acides gras, l'huile d'olive est surtout intéressante pour ses composés minoritaires tels que les polyphénols. L'intérêt nutritionnel de ces composés phénoliques réside dans leur forte capacité antioxydante qui pourrait prévenir ou ralentir l'apparition de certaines maladies dégénératives ainsi que les maladies cardiovasculaires [1-3].

Ainsi, l'enrichissement des produits alimentaires comme la margarine avec de l'huile d'olive et antioxydants naturelles peut apporter une meilleure qualité sur les plans technologiques, économique et sur le plan nutritionnel [3].

Dans ce contexte, ce travail vise à évaluer l'enrichissement de la margarine CEVITAL par de l'huile d'olive algérienne et un antioxydant naturel extrait de Laurier noble.

Le mémoire est structuré en quatre (4) chapitres, répartis comment suit :

Les chapitres 1 et 2 concernent la partie bibliographique. Le chapitre 1 présente des généralités sur l'olive et l'huile d'olive. Le deuxième chapitre est consacré à une synthèse bibliographique présentant les principales connaissances sur la margarine et les antioxydants. Dans le troisième chapitre nous présenterons l'entreprise d'accueil, l'ensemble des matériaux et protocoles utilisés ainsi que les différentes méthodes d'analyses physicochimiques

effectuées pour étudier les propriétés des produits. En fin, le dernier chapitre, présente les résultats obtenus avec leurs discussions.

Références bibliographiques

- [1]. Himed L., Barkat M. (2014). Élaboration d'une nouvelle margarine additionnée des huiles essentielles de Citrus limon. p1.
- [2]. Gargouri B., Ammar S., Zribi A., Ben Mansour A and Bouaziz M. (2013). Effect of growing region on quality characteristics and phenolic compounds of chemlali extra-virginolive oils. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35 : 2801–2812.
- [3] Himed, L. (2011). Evaluation de l'activité antioxydant des huiles essentielles de citrus limon : applications à la margarine, Thèse de doctorat, Faculté des Science Alimentaires. Institut INATTA, Université de Constantine 98p

Synthèse bibliographique

Chapitre I

L'huile d'olive

Chapitre I

L'huile d'olive

I.1. L'olivier

I.1.1. Culture de l'olivier

En Algérie D'après la Direction de l'Agriculture d'El-Oued DAE, (2019), la surface oléicole de l'Algérie est de 383 443 ha en 2019. Les trois principales wilayas de Kabylie, à savoir Tizi Ouzou, Bejaïa et Bouira, enregistrent plus de 40% du verger nationale. Pour sa part, la wilaya de Mascara se distingue dans la production de l'olive de table avec près de 488 900 Qx, suivie par la wilaya de Relizane avec 399 550 Qx. Quand la wilaya d'El-Oued, la surface oléicole totale est estimée 2 913 ha, la production oléicole est 11 790 Qx d'olive de table et 4 290 Qx d'olive d'extraction. Pour l'huile d'olive la production de la wilaya est de 390 hl [1].

I.1.2. L'oléiculture

a) La production oléicole mondiale

La culture de l'olivier se concentre principalement dans le bassin méditerranéen, zone de culture historique de l'olivier. Cependant, cet arbre est cultivé sur les cinq continents : aux États-Unis (Californie), en Amérique Latine (Argentine, Mexique...), en Afrique du Sud, en Australie et même en Chine. La production oléicole mondiale est très variable d'une année à l'autre (entre 2 700 t et 3 200 t lors des 10 dernières années) car très dépendante des aléas climatiques et impactée par la pression des ravageurs. Chaque année, la planète produit en moyenne plus de 3 millions de tonnes d'huile d'olive (moyenne de 2010 à 2020). L'Europe représente près de 68 % de la production mondiale, principalement réalisée par les trois leaders mondiaux — l'Espagne, l'Italie et la Grèce — qui produisent à eux seuls près de 95 % de la production européenne [2].

Parmi l'ensemble des huiles végétales produites dans le monde, l'huile d'olive est très minoritaire. En effet, en 2013, on estimait que l'huile d'olive ne représentait que 3 % des huiles végétales produites dans le monde, derrière l'huile de soja, l'huile de palme, l'huile de colza et l'huile de tournesol [3].

Cependant, c'est sur le plan de la qualité que l'huile d'olive se démarque, en bénéficiant d'une image de produit sain et naturel. Depuis les années 1990, la consommation d'huile

D'olive ne cesse d'augmenter, avec une consommation mondiale record de plus de 3,2 millions de tonnes en 2019/2020 [4].

Si la demande européenne a tendance à diminuer, celle de pays comme les États-Unis, l'Australie, la Chine et le Japon augmente progressivement. Ainsi, l'huile d'olive constitue un marché en pleine expansion offrant des opportunités intéressantes aux pays producteurs.

b) Importance de l'olivier en Algérie

En Algérie, l'oléiculture joue un rôle économique, social et environnemental important. Le verger oléicole national couvre une superficie de plus 450 mille hectares avec un nombre d'olivier atteignant les 6.200.000 arbres. La connaissance des coûts de production au niveau des exploitations oléicoles est utile de plusieurs points de vue car elle permet de rendre compte de la compétitivité de la filière et elle apporte des éléments d'appréciation sur la sensibilité des différentes agricultures aux changements de politique agricole notamment quand les coûts de production sont mis en relation avec les prix.

L'étude des coûts de production au niveau des exploitations oléicoles à travers les différents systèmes de production a révélé un avantage comparatif de l'huile d'olive algérienne.

L'analyse des marges brutes fait apparaître une filière performante sur le plan financier [5].

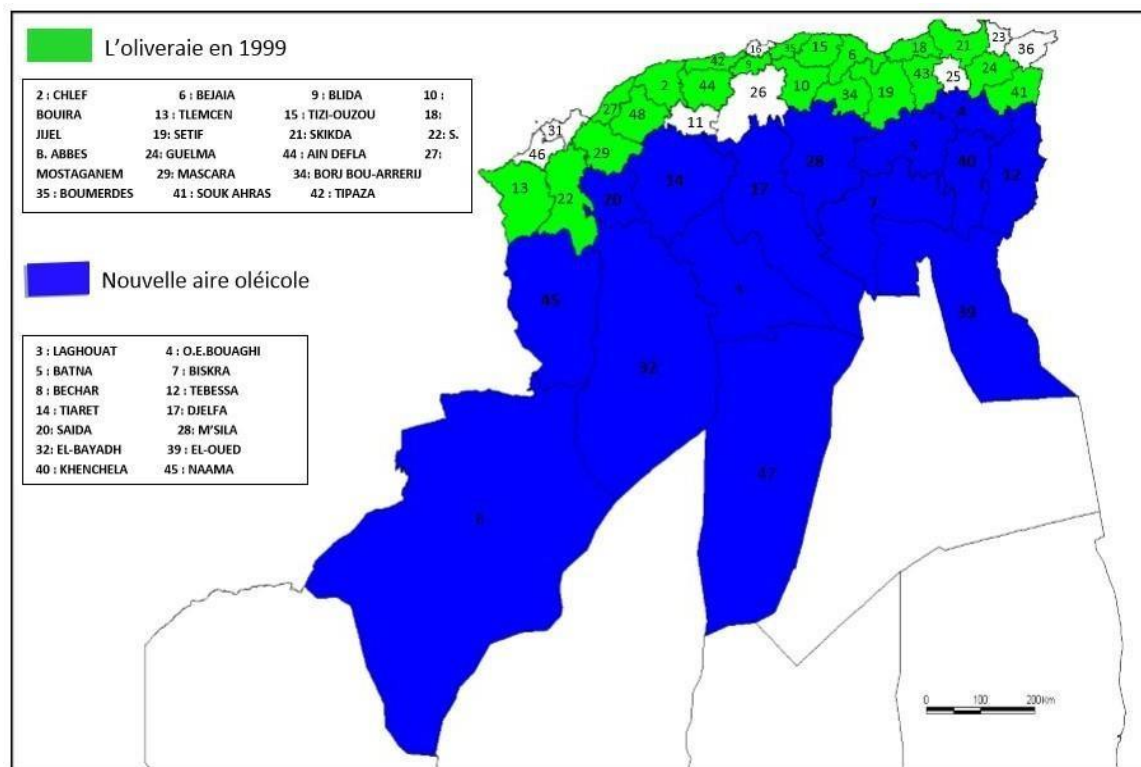


Figure I.1 : Carte oléicole d'Algérie

I.1.3. Les variétés d'olivier Algérienne

L'oléiculture algérienne (tableau I.1) est caractérisée par une large gamme de variétés, dans le Centre et dans l'Est prédominent les variétés : Hamma (**pour la confiserie**) ; Chemlal ; Azeradj ; Bouchouk ; Rougette ; Blanquette et Limli (**pour l'extraction d'huile**). Dans la région occidentale, les variétés les plus diffusées sont : Sigoise ; Verdial ; Cornicabra et Gor.

Tableau I.1 : Les Principales variétés d'oliviers cultivées en Algérie Orientations variétés de l'olivier en Algérie [6].

Variétés	Air de culture	Destinations	Caractéristique
Sigoise	Ouest algérien (Oranie, Tlemce)	Table + huile	Très estimée pour la conservation et L'huilerie, rendement élève en huile variété auto fertile.
Chemlal	Centre Algérien Kabyle	Huile	Huile très appréciée. Résiste en culture sèche. Inconvénients : autostérile, floraison tardive
Azeradj	Centre Algérien	Table+huile	Très bon pollinisateur de Chemlal
Bouchouk La Fayette	Centre Algérien	Table +huile	Intéressante pour la région de Bougà
Lmili	Est Algérien	Huile	Variété conseillée dans la région de Sidi- Aiche

Hamma de Constantine	Est Algérien	Table	Meilleures variétés de la région constantinoise pour la conservation nécessitent des Irrigations.
Aberkane	Kabylie	Huile + table	/
Bouricha	Est Algérien Collo-Oued ElKebir	Huile	Cultivée dans les régions à forte pluviométrie
Ferkani	Tébessa; Autres	Huile	Vigueur moyenne Résistante au froid et à la sécheresse fruit moyen de Forme allongée

I.2. L'olive

I.2.1. Définition

L'olive est une drupe plus ou moins ellipsoïdale de taille variable selon la variété. Elle se compose de trois parties : le noyau (ou endocarpe), la pulpe (mésocarpe) et la cuticule (épicarpe) comme le montre la Figure suivante :

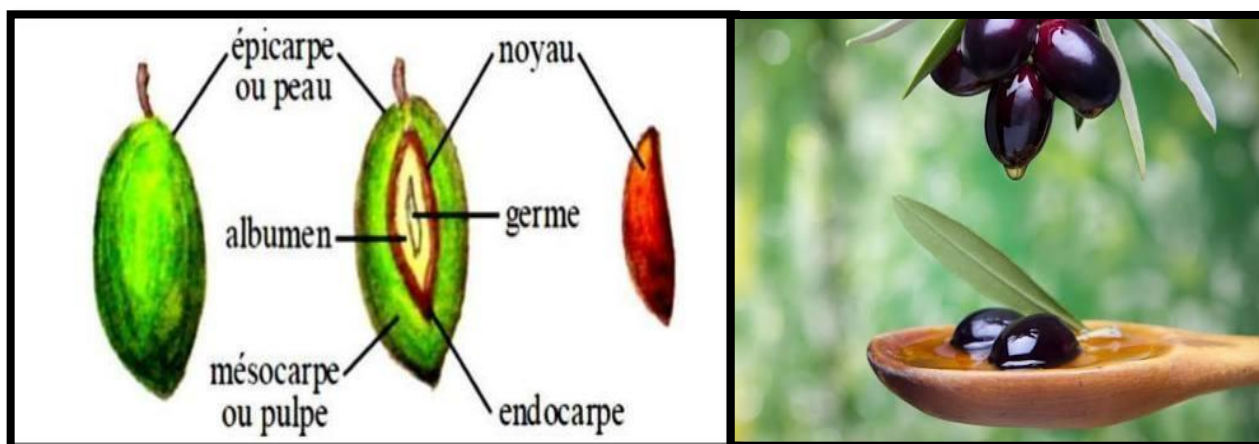


Figure I.2 : Représentation des olives.

I.2.2. La composition d'olive

Les olives consistent à des compositions chimiques et des compositions physiques sont représentées dans les tableaux ci –dessous

Tableau I.2 : Composition chimique de fruit d'olive [7].

	Lipides % (En poids)	Eau % (En poids)	Glucides % (En poids)	Protides % (En poids)	Cendres % (En poids)
Pulpe épicarpe	56 ,4	42 ,2	9,9	6,8	2,66
Coque de noyau	5,25	4,2	70,3	15,6	4,16
Amandon	12,26	6,2	65,6	13,8	2,16

Tableau I.3 : Composition physique de fruit d'olive [8].

Composition	% Poids de l'olive
Epicarpe	2,0 à 2,5
Mésocarpe	71,5 à 80,5
Endocarpe	17,5 à 23,0
Amandon	20 5,5

I.3. Huile d'olive

I.3.1. Définition

L'huile d'olive est considérée comme un jus de fruit obtenu à partir des olives, fruits de l'olivier, uniquement par des procédés mécaniques, dans des conditions thermiques notamment qui n'entraînent pas l'altération de l'huile et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, ladécantation, la centrifugation et la filtration [9].



Figure I.3 : Huile d'olive [9].

I.3.2 Composition chimique de l'huile d'olive

D'un point de vue chimique, les huiles végétales sont principalement composées d'un mélange de triglycérides (95-99%, trois acides gras esterifiés avec le glycerol), avec quelques quantités mineures de diacylglycérols, de monoacylglycérols (< 5%), et d'autres composants mineurs tels que les acides gras libres, les tocophérols, tocotriénols, phospholipides, phytostérols, entre autres. Les acides gras (AG) qui contiennent plus d'une double liaison dans leur squelette (Acides Gras Poly Insaturés, AGPI) ont un intérêt nutritionnel majeur, en particulier ceux de la série n-3, qui affectent positivement plusieurs processus physiologiques, modulant ainsi l'état de santé et l'apparition de maladies chroniques [10].

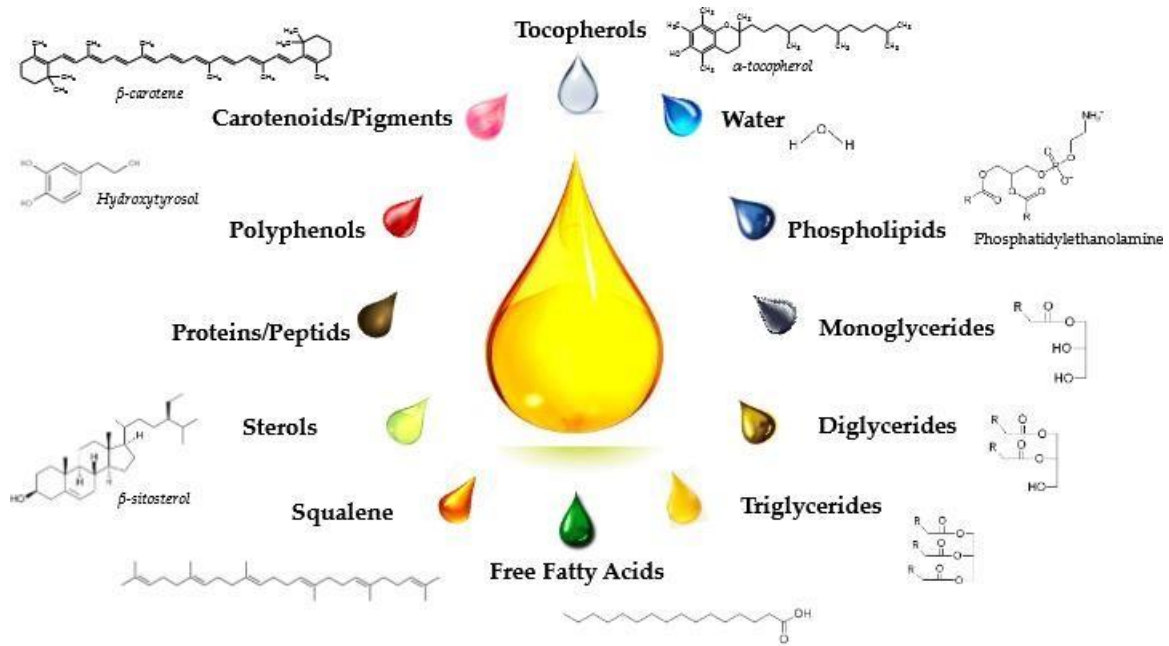


Figure I.4 : Composition générale des huiles végétales [10].

Major components in vegetable oils

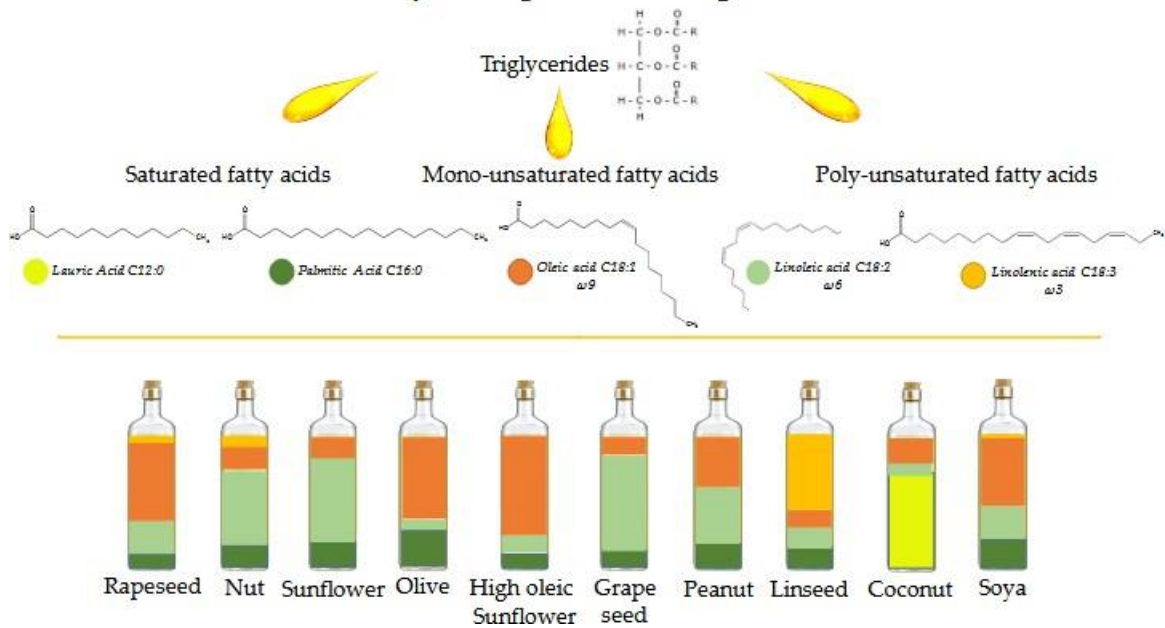


Figure I.5 : Composition chimique (principaux composants) de quelques huiles végétales [10].

L'huile d'olive est un système chimique complexe constitué de plus de 250 composés [11]. La composition de l'huile d'olive change selon la variété, les conditions climatiques et l'origine géographique.

Les constituants de l'huile d'olive sont souvent classés en deux catégories :

- ✓ Substances saponifiables (triglycérides, acides gras,) (de 96 à 98% de l'huile) ;
- ✓ Substances insaponifiables (de 2 à 4% de l'huile).

a) Fraction saponifiable

La fraction saponifiable est constituée d'acides gras et de leurs dérivés. Elle représente environ 99% de l'huile et lui confère la plupart de ses caractéristiques physiques, chimiques et métaboliques [12].

b) Fraction insaponifiable

Cette fraction représente environ 2 % de la composition totale de l'huile d'olive et compte plus de 230 composés différents [13].

I.3.3. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive

La qualité de l'huile d'olive est définie comme étant l'ensemble de la caractéristique chimique et physique, permettant de la classer en différentes catégories conformément aux définitions de la norme commerciale adoptée par le conseil oléicole international (tableau) [14].

Tableau I.5 : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive [14].

Caractéristique physico-chimique	NORME
Densité relative	0,910 – 0,916
IR	/
Acidité libre	0,3 - 1% (g d'acide oléique libre/100g d'huile)
Indice de peroxyde	<20 (Milliéquivalents d'oxygène actif/kg d'huile)
Absorbance dans l'ultraviolet	2,50-2,60 (à 232nm) 0,22 (à 270nm)
PH	4-4,5

I.3.4. Production mondiale de l'huile d'olive

La production mondiale de L'huile d'olive augmente tendanciellement, à un rythme qui s'accélère de manière significative [15]. Elle est marquée toutefois par d'importantes fluctuations d'une récolte sur l'autre, du fait d'une part du cycle biologique de l'olivier et d'autre part des aléas climatiques [16].

La production mondiale d'huile d'olive évaluée à 2,565 en 2000-2001 s'est élevée à 2,948 millions de tonnes en 2010/2011 avec 2,094 millions de tonnes pour la Communauté Européenne [16].

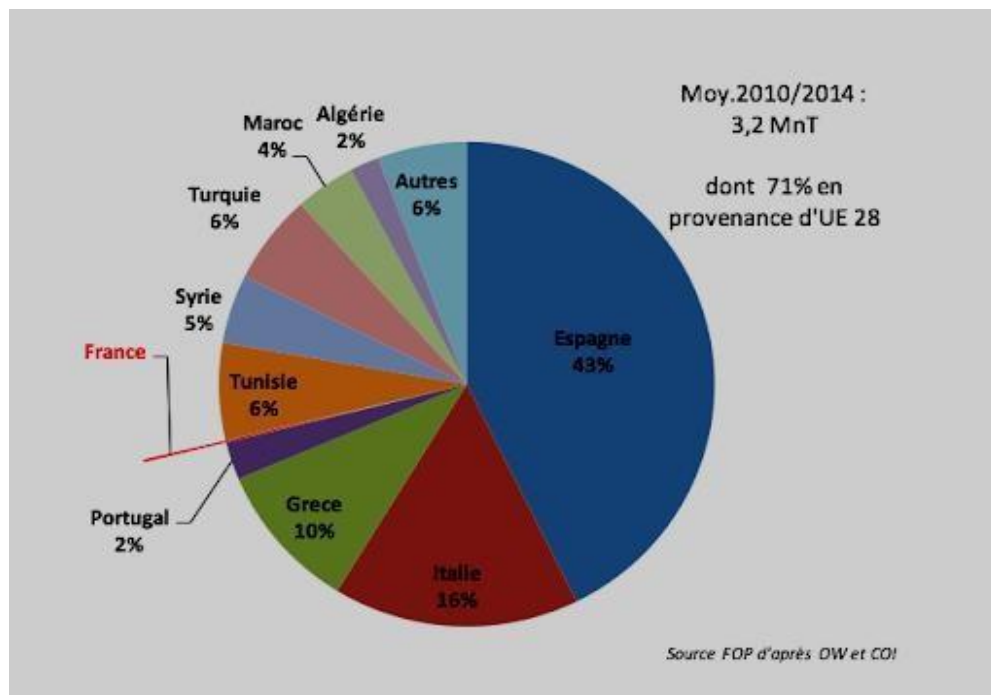


Figure I.4 : Production mondiale d'huile d'olive

I.3.5. Production de l'huile d'olive en Algérie

En Algérie, on compte actuellement 16 millions arbres sur les quatre coins du pays sur une surface d'environ 1670000 ha. La production moyenne annuelle se situe entre 10000 et 15000 tonnes d'huiles d'olive, avec cette production l'Algérie occupe la dixième place parmi les producteurs mondiaux. Toutefois 90% des huileries traditionnelles [17].

I.3.6. Consommation de l'huile d'olive en Algérie

La consommation algérienne d'huile d'olive est passée d'une moyenne de 1% à 1,86% de la consommation mondiale au cours de cette décennie. La consommation moyenne par habitant est d'environ 1,1Kg/ans. L'huile d'olive est consommée là où elle est produite ;

toutefois l'installation des chaînes de conditionnement par les opérateurs privés a donné un certain essor à sa commercialisation dans les différentes régions du pays [18].

I.3.7. Classification de l'huile d'olive

Les huiles d'olive peuvent être classées selon diverses catégories établies selon les caractéristiques des huiles :

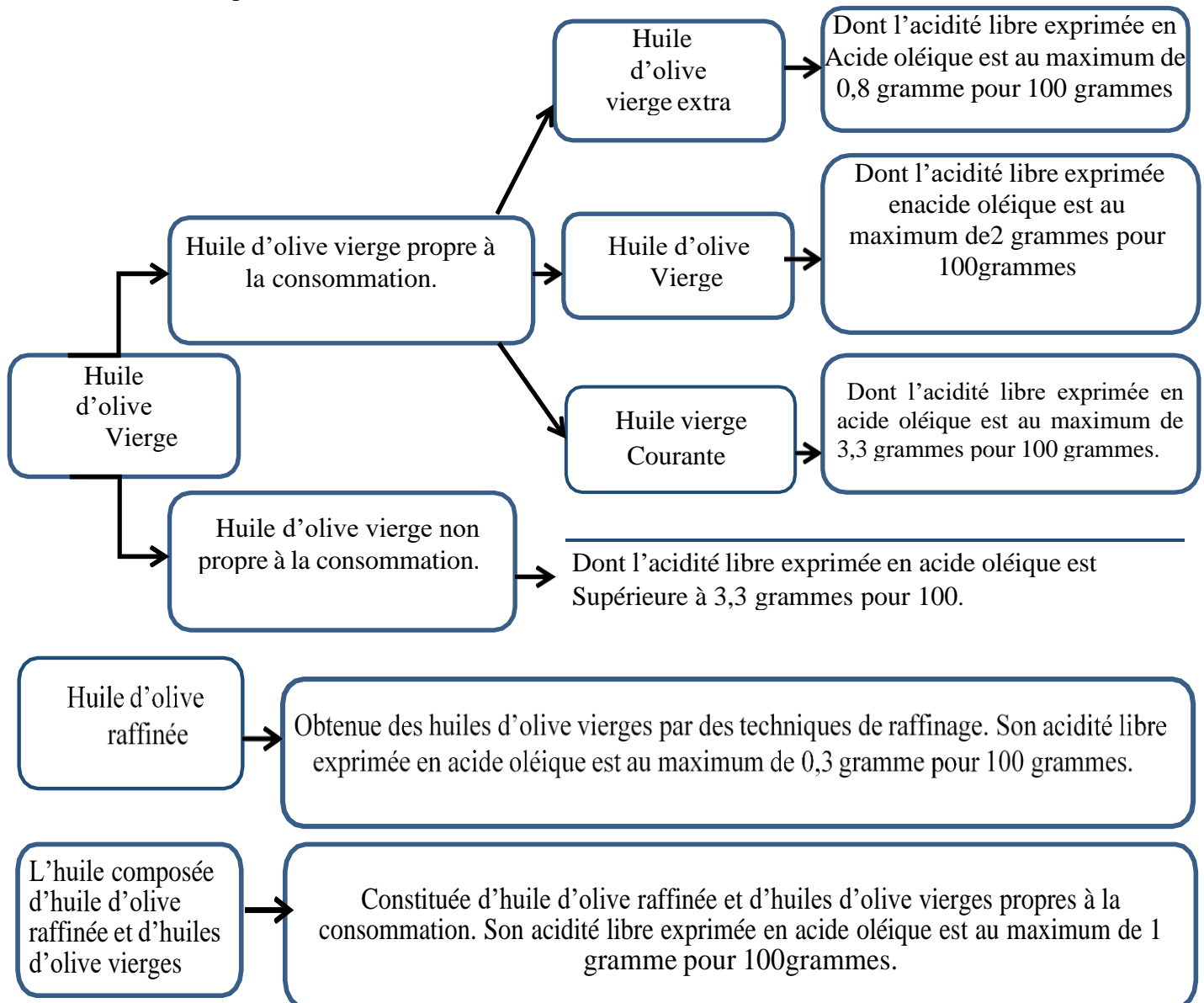


Figure I.5 : Schéma récapitulatif de la classification des huiles d'olive [19].

Tableau I.6 : Données physico-chimiques de classification des huiles d'olive, codex alimentaire [10].

	Densité relative (à 20°C)	Acidité (% acide oléique)	Indice peroxyde (meq O2/kg)	Extinction spécifique à 270 nm E _{1cm} [%]	Acides gras saturé en position 2 (%)
Huile d'olive vierge extra		<1	<20	<0,25	<1,5
Huile d'olive vierge		<2	<20	<0,3	<1,5
Huile d'olive vierge ordinaire	0,910	<3,3	<20	<0,3	<1,5
Huile d'olive raffinée	- 0,916	<0,3	<5	<1,1	<1,8
Huile d'olive		<1,5	<15	<0,9	-
Huile de grignon d'olive raffinée		<1,5	<5	<2,0	<2,2
Huile de grignon d'olive		<1,5	<15	<1,7	-

Les normes de qualité en industries agroalimentaires étant de plus en plus rigoureuses, d'autres critères doivent cependant être pris en considération (Tableau ci-dessous).

Tableau I.7 : Caractéristiques complémentaires des huiles d'olive.

	Indice de réfraction (n _D 20°C)	Indice de saponification (mg KOH/g)	Indice d'iode (Wijs)	Insaponifiable	Cires
Huile d'olive vierge	1,4677-				<250
Huile d'olive raffinée	1,4705	184-196	75-94	<15g/kg	<350
Huile de grignon d'olive raffinée	1,4680- 1,4707	182-193	75-92	<25 g/kg	<350

Une simple analyse chimique ne peut suffire pour déterminer la qualité d'une huile. En effet, les composés volatiles qui se développent au cours du procédé de fabrication de l'huile puis pendant son stockage sont capables de modifier l'odeur et la saveur de l'huile. Pour cela une analyse sensorielle codifiée et détaillée a été développée par le COI. Les attributs

Sensoriels d'une huile ont été classés en deux catégories : les attributs positifs (amer, piquant, fruité) et les défauts (moisi/humide, vineux, etc.) [10].

I.3.8. Valeur nutritionnelle de l'huile d'olive et bienfaits thérapeutiques

L'huile d'olive est la principale source d'apport de matière grasse dans les régimes alimentaires méditerranéens dont plusieurs études scientifiques s'intéressent au contenu de l'huile d'olive afin de comprendre les mécanismes d'action pouvant expliquer ces phénomènes.

Les vertus et bienfaits santé de l'huile d'olive sont intrinsèquement liés à sa richesse en acide gras oméga 9 et à la présence de très nombreux polyphénols. Les acides gras oméga 9 représentent les acides gras mono- insaturés qui signifient que la molécule ne contient qu'une seule liaison insaturée alors que les acides oméga 3 et oméga 6 en possèdent plusieurs ce qui implique une certaine fragilité avec le risque d'oxydation ou d'altération de la molécule en présence de l'oxygène de l'air ; mais aussi ces liaisons insaturées permettent une meilleure fluidité des cellules lorsque les acides gras se retrouvent au cœur de la membrane ce qui conduit à une meilleur pénétration des constitutions dont elle ont besoin pour se nourrir et aussi les déchets de leur métabolisme sont évacués facilement.

Ainsi que 36 polyphénols bénéfiques ont été identifiés dans l'huile d'olive dont on peut citer : l'hydroxytyrosol, tyrosol, l'oleuropéine, lutéoline et l'oléocanthal ; et ces derniers ont la propriété d'être bien absorbés par l'organisme.

On trouve que l'huile d'olive joue un rôle important dans la protection contre les maladies cardiovasculaires dont la cohorte PREDIMED (Prevencion Condieta Meterranea) a étudiée les effets préventifs de l'huile d'olive contre ces maladies, en démontrant que sa consommation était associée à une réduction de moins de 35% des évènements cardiovasculaires et de moins de 43% de mortalité. Cet avantage est lié à la baisse et l'inhibition de l'oxydation des LDL « Mauvais cholestérol » ; l'augmentation des HDL « bon cholestérol » et l'inhibition de l'agrégation plaquettaire et une baisse des facteurs de coagulation. De plus ; une étude euralive a montré que la consommation de 25 ml d'huile d'olive par jour et pendant trois semaines augmente le taux de bon cholestérol et baisse les dommages oxydatifs. Ainsi que, cette denrée alimentaire a une action antidiabétique (contre le diabète type 2) où une étude datant de 2017 a prouvé que l'oleuropéine présent dans l'huile d'olive favorise la sécrétion d'insuline. Également, dans une autre recherche parue dans une revue « nutrition & diabètes » ; il a été démontré que sa consommation améliore le taux du glucose dans le sang.

L'huile d'olive peut avoir également un effet antibactérien dont une étude a fait l'objet de prouver que l'oleuropéine contenue dans ce produit alimentaire (14%) joue un rôle contre plusieurs microorganismes tel que : *Escherichia-colis*, *Staphylococcus aureus*, *Helicobacter pylori* ...etc. En plus, il a été démontré que l'hydroxytrytol est utile dans le traitement des infections intestinales vue que ce composé retarde et même empêche la croissance de certaines bactéries à titre exemple : *Pseudomonas syringae* et *Corynebacterium michiganense*.

Outre, une méta-analyse faite sur 38 études publiées entre 1990 et 2011 concernant 13800patients cancéreux et 23340 personnes témoins a montré que celles consommant plus de ce produit avaient la plus faible probabilité (moins de 59%) de souffrir d'un cancer. Encore ; une étude parue dans une revue « *Molécular & Cellular Oncology* » a prouvé que l'oléocanthal donc un des composés phénoliques de l'huile d'olive a un réel potentiel anti cancer en tuant trois types de cellules cancéreuses en provoquant la rupture de leur membrane

I.3.9. Les facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive

Afin d'obtenir une huile d'olive de qualité et avec de caractéristiques répondant aux normes du COI ; il faut veiller à ce que toutes les étapes concernant la production, la transformation et ou le conditionnement soient effectuées par des techniques culturales convenables [20].

Par conséquent la qualité de l'huile d'olive a une relation directe avec deux facteurs dont le premier représente des paramètres agronomiques qui affectent directement la matière première de l'huile ; parmi eux on peut citer la récolte et le transport. Alors que le second correspond aux agents de transformation des olives et de conservation [21].

I.3.9.1. La récolte

La récolte est l'une des opérations les plus importantes de la culture de l'olivier [22].

La qualité d'huile d'olive qui sera obtenue sera dépendante de différents paramètres liés à la récolte à savoir le degré de maturité physiologique des olives, leur durée de séjour sur le filet ; leur contact avec le sol humide lors de leur chute et les méthodes de leur récolte (battage, utilisation de peignes, ...) [23].

Donc pour assurer une meilleure production oléicole, il est nécessaire de procéder à la récolte à un stade optimal de maturité [24].

On estime que le moment idéal de récolte est atteint lors de la chute naturelle des fruits [22]. Le degré de maturité correspond à la période où la couleur des olives passe du vert-jaune au violet-noir [23].

En effet ; les fruits à maturité précoce (Stade vert) sont peu riches en huile ; et cette dernière a également moins de composés phénoliques [24].

Mais aussi il faut tenir en compte que si la récolte sera retardée ; les fruits deviennent très mûrs ce qui conduit à la détérioration de la qualité d'huile extraite et à la diminution du temps de sa conservation car elle devient vulnérable à l'oxydation [25].

Quant au système de récolte ; il est nécessaire d'utiliser les modalités qui ne détériorent pas l'olive en provoquant des blessures ou une rupture des rameaux [26].

L'opération qui convient le mieux pour obtenir la meilleure qualité c'est la cueillette à la main car les olives seront récoltées sélectivement selon leur degré de maturité mais elle est coûteuse en main d'œuvre. Alors que ; l'usage de gaules pour faire tomber les fruits dont ces derniers se trouveront par terre où ils vont subir des lésions à travers les quelles pénètrent les parasites du sol, ce qui contribue à l'élévation de l'acidité et à la modification du goût, l'arôme et l'odeur de l'huile d'olive.

I.3.9.2. Lors de la transformation

Le système d'obtention d'huile d'olive a aussi un impact sur la qualité de ce produit alimentaire ; d'où il s'est avéré nécessaire d'examiner le cycle d'extraction au cours des différentes phases à titre exemple :

Pendant le broyage des fruits ; il est préférable d'utiliser les marteaux car ils permettent l'élimination de la rugosité de la pâte et l'augmentation des teneurs en tocophérols et en pigments.

Lors du malaxage ; il est nécessaire de maintenir la température réduite avec une durée comprise entre 30-40 min parce que si ces deux paramètres soient élevés ils peuvent affecter les processus enzymatiques, d'hydrolyse et d'oxydation.

Au cours de la séparation des phases avec les différents systèmes utilisés, la présence ou l'absence d'eau a une incidence sur la teneur finale de l'huile d'olive en composés phénoliques [27]. Ainsi que ; la dilution de la pâte d'olive avec l'eau chaude se traduit par une réduction de la teneur en antioxydants naturels (phénols totaux, diphénols, alcools) en vue de leur solubilité dans l'eau [28].

En effet ; l'élaboration du système de séparation avec centrifugation à deux phases induit une meilleure qualité nutritionnelle par rapport à celui à trois phases, en vue des volumes d'eau réduits [27].

Par conséquence ; l'huile extraite par le premier système se trouve plus riche en polyphénols et avec de caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques satisfaisantes.

Alors que ; celle obtenue par le second procédé, elle est appauvrie en composés aromatiques et phénoliques ce qui diminue sa résistance à l'oxydation à cause du passage de ces deux constituants dans les margines [29].

Par contre ; la qualité d'huile d'olive produite par pression dépend de la propreté des courtins. En outre ; s'ils ne sont pas nettoyés et lavés régulièrement, ils causeront une acidification pour l'huile extraite. Mais aussi ce système conduit à l'obtention d'un produit plus riche en antioxydants [28].

I.3.9.3. Le stockage

Les conditions de stockage (que ce soit la durée ; la température et /ou le type d'emballage...Etc.) ; ont un impact direct sur la stabilité, la couleur, l'acidité, l'indice de peroxyde et à la composition en tocophérols et en acides gras de l'huile d'olive. En effet ; cette dernière doit être conditionnée soigneusement à tous les stades jusqu'à sa mise en consommation [25].

Références bibliographiques

- [1]. D.A.E. (2019). Direction de l'Agriculture d'El-Oued. Evaluation de la mise en œuvre du programme de développement du programme oléicole. P 01
- [2]. CIO. (2020b). Production of world olive oil figures.
- [3]. France Olive. (2013b). Market Olea n°20—Le marché mondial de l'huile d'olive.
- [4]. CIO. (2020a). Consumption of world olive oil figures.
- [5]. Amrouni Sais .H, R. Fethallah, M. Fahas. (2021). Les exploitations oléicoles en Algérie ; quelle performance économique ? Recherche Agronomique, 2021 Vol. 19, N° 1, p. 65-76
- [6]. LOUSSERT R., BROUSSE G. (1998). L'olivier. Ed. G.P. Maisonneuve et Larousse, Paris, France. Pp 462.
- [7]. Maillard. (1975). L'olivier, Ed comité technique de l'olivier, Paris, page 75.
- [8]. Nefzaoui. (1983). Ensiling olive pulp with ammonia. Effects on voluntary intake and digestibility measured among sheep. 34th Annual Meeting of the EAAP Study Commission. Madrid, October 1983 : 18.
- [9]. B.Bzndjillali ; J.Agric ; S.Aloui ; Foud chem. Séminaire Magrebin sur les plantes aromatiques, Tlemcen le 29-31 Mai, 1990.
- [10]. Yara-Varón, E., Li, Y., Balcells, M., Canela-Garayoa, R., Fabiano-Tixier, A.S., Chemat, F. (2017). Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products. *Molecules* 22, 1–24
- [11] Ryan D, Robards K. Critical Review. Phenolic compounds in olives. *Analyst*. (1998) ; 123(5) : 31R-44R.
- [12] Laribi R. (2015). Les composés phénoliques de quelque variété de l'huile d'olive algérienne : identification et propriétés. Thèse de doctorat en biochimie.
- [13]. COI. Conseil oléicole international COI/T.15/NC N° 3/Rév. 14 Novembre 2019
<http://www.internationaloliveoil.org/>
- [14]. S. Rkotirimana. (2010). Contribution à l'amélioration de la comestibilité de l'huile d'arachide artisanale par raffinage. Mémoire d'Ingénieur en Génie chimique, Université d'Antananarivo, p110.
- [15]. Lazzeri. (2009). Les défis de la mondialisation pour l'oléiculture méditerranéenne. L'olivier en méditerranée. Conférence centre culturel Français de Tlemcen – Algérie.
- [16]. Barsacq. (1997). Le secteur de l'huile d'olive au sein de l'Union européenne : situation et rôle de la Communauté : Huile d'olive : production et marchés. *Revue Oléagineux, Corps Gras, Lipides*. Volume 4, Numéro 5, pages 340-345.

- [17]. Boussenadji. (2005). L'huile d'olive et la santé. Santé plus n° 39-40, Janvier-février 2005.
- [18]. C.O.I. (2006). Guide gestion de la qualité de l'industrie d'extraction de l'huile de grignons d'olive, 2006 ; T.33-1 /Doc. N°4.
- [19] HENRY S. (2003). L'huile d'olive, son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et cosmétique ; thèse de doctorat soutenue par le 26 septembre ; Université Henri Poincaré-NANCY 1. Faculté de pharmacie.
- [20]. Labdaoui djamel. (2017). Impacts socio-économique et environnemental du modèle d'extraction des huiles d'olives à deux phases et possibilités de sa diffusion dans la région de Bouira (Algérie). Thèse de doctorat : Technologie agro-alimentaire. Université de Mostaganem, pp 22-31.
- [21]. Ghalmi Rym. (2012). Effets de facteurs agronomiques et technologiques sur le rendement et la qualité de l'huile d'olive. Mémoire de master : Sciences alimentaires. Ecole nationale supérieure agronomique El Harrach-Alger, p24-25
- [22]. Kheloui Tinhinane; Sid Ali Noura. (2015). Enquête sur les habitudes de consommation de l'huile d'olive vierge dans la wilaya de Tizi-Ouzou .Mémoire de master : Oleiculture oleiotechnie. Université de Tizi-Ouzou, p 18,19,20
- [23]. Tchouar Amel K ; Selka Sarra. (2014). Contribution à l'étude physico-chimique et organoleptique de deux huiles d'olive d'extraction traditionnelle et industrielle de la wilaya de Tlemcen. Mémoire de master : Amélioration de la production végétale et biodiversité. Univ Tlemcen, p32-45.
- [24]. Aoukli M N ; Chetouhe S. (2019). Etude qualitative des huiles d'olives de la région de Djaafra. Mémoire de Master 2 : Qualité des produits et sécurité alimentaire. Univ B.B.A ; p 11-22.
- [25]. Iddir Anissa. (2019). Etude comparative du comportement des huiles d'olive durant le stockage. Influence du climat, altitude et la date de récolte. Mémoire de doctorat en sciences : Technologie agro- alimentaire. Université de Mostaganem, p 35 ,37
- [26]. Ghalmi Rym. (2012). Effets de facteurs agronomiques et technologiques sur le rendement et la qualité de l'huile d'olive. Mémoire de master : Sciences alimentaires. Ecole nationale supérieure agronomique El Harrach-Alger, p24-25.
- [27]. Aoukli M N ; Chetouhe S. (2019). Etude qualitative des huiles d'olives de la région de

Djaafra. Mémoire de Master 2 : Qualité des produits et sécurité alimentaire. Univ B.B.A ; p 11-22.

[28]. Benariba kaddour ; Azzouni Mohamed Abelkarim. (2017). Comparaison physico-chimique et organoleptique de quelques huiles d'olives de la région de Tlemcen. Mémoire de Master : Industrie agro-alimentaire et contrôle qualité. Université de Tlemcen. p 17,37.μ

[29]. Labdaoui Djamel. (2017). Impacts socio-économique et environnemental du modele D'extraction des huiles d'olives à deux phases et possibilités de sa diffusion dans la région de Bouira (Algérie). Thèse de doctorat : Technologie agro-alimentaire. Université de Mostaganem, pp 22-31.

Chapitre II

La margarine et les
antioxydants

Chapitre II

La margarine et les antioxydants

II.1. La margarine

II.1.1. 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 « oléomargarine », une combinaison du mot grec pour « Homologue de perle » (parce qu'il manifeste un aspect de lustre nacré une fois cristallisé) [1].

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.

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 [2].

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 [3].

II.1.2. 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) [4].

II.1.3. Composition globale des margarines

Selon [5,6], toutes les margarines ont en général une composition globale identique :

- 80 % à 82 % de lipides, appelé phase grasse
- 16 % à 18 % d'eau et/ou lait, constituant la phase aqueuse
- 2 % d'additifs, obligatoires (antioxydants, sel, etc.) ou facultatifs (amidon, sucre, etc.)

a) 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).

- **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 %).

b) 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 [7].

b.1) Eau : qui est considérée comme le constituant le plus important de la phase aqueuse. Elle doit être pure et saine sur le plan microbiologique [8].

b.2) Lait : le lait doit être pasteurisé, écrémé, et généralement additionné de ferments lactiques qui développent un arôme agréable proche de celui du beurre [8].

c) 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.

On utilise ainsi des lécithines de soja, des mono et diglycérides, composés des acides stéarique, palmitique, oléique ou linoléique.

- **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.

-**Les arômes** : Les margarines sont souvent aromatisées par le diacétyl, 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 [8].

-**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 [8,9].

- **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 [8,9].

-**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 [10].

-**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% [11].

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 et Arsenic (As) 0,1 mg/kg

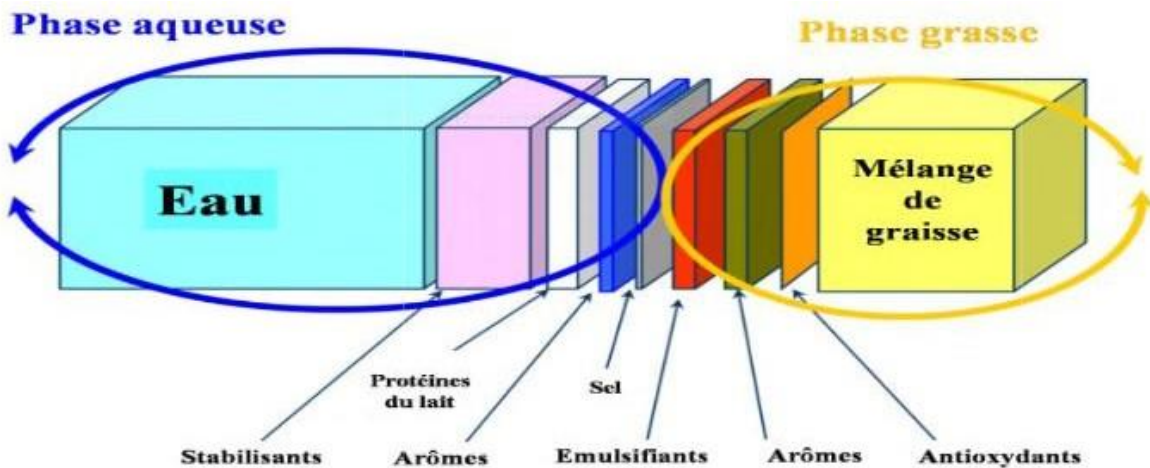


Figure II.1 : Composition de la margarine.

II.1.4. Caractéristiques des margarines

II.1.4.1. 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) [12].

II.1.4.2. 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 [13].

II.1.4.3. 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.

Les germes les plus fréquents rencontrés sont :

a) 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.

b) 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 diverses familles de champignons, elles sont caractérisées par un thalle filamenteux. Le mycélium est un des contaminants fréquents dans les produits alimentaires.

Les clostridium Sulfite-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 entérotoxines dont l'ingestion provoque une toxi-infection alimentaire.

II.1.4.4. 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) [14].

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 linoléique (régime pour maladies cardiovasculaires).

II.1.4.5. Caractéristiques organoleptiques

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

II.1.5. Classification des margarines

Aujourd'hui, il existe un grand nombre de margarines qui se différencient par la composition des deux phases, point de fusion et leurs usages : D'après [15], la classification des principales margarines retrouvées sur le marché mondial est la suivante :

- **Margarines tartinables** : comprennent les margarines en plaquettes, les margarines en barquettes et les margarines liquides.
- **Margarines industrielles** : elles regroupent les margarines de feuilletage, de table et les margarines boulangères.
- **Margarines selon le type d'huile** : ce type regroupe les margarines fabriquées à basse des huiles hydrogénées, interstérifiées, fractionnées ou non modifiées.
- **Margarines allégées** : regroupent les margarines à basses calories (émulsion contenant entre 60 et 62% de matière grasse) et les margarines light (50% de réduction).

Les différents types de margarines sont résumés ci-dessous :

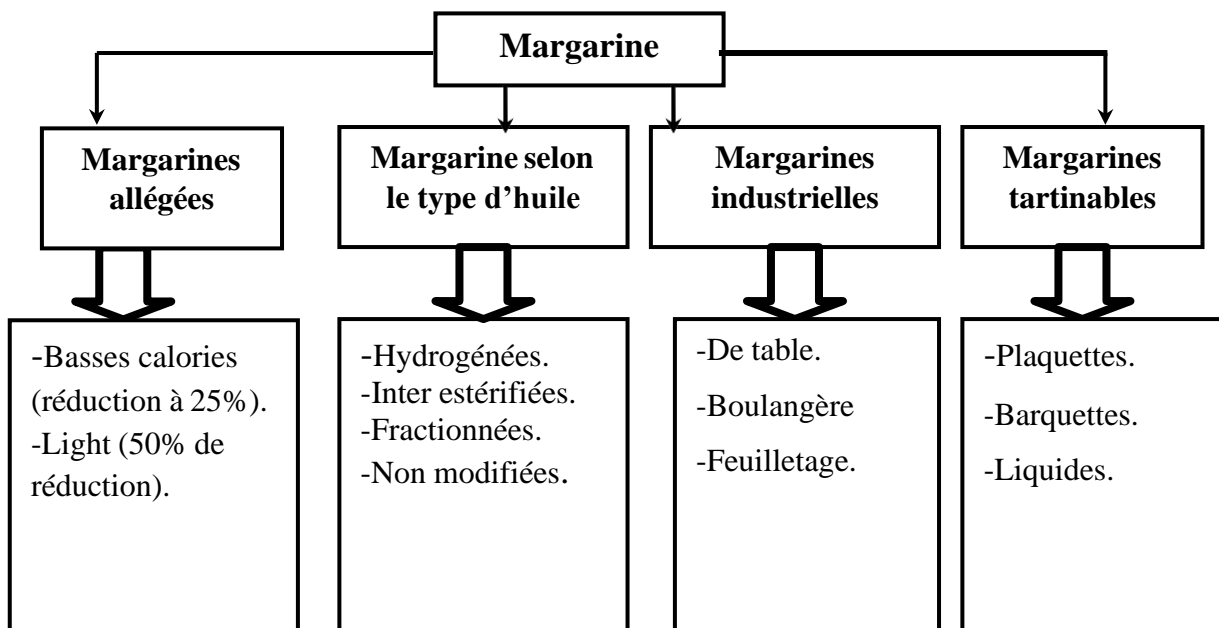


Figure II.2 : Classification des margarines disponibles sur le marché mondial

II.1.6. Processus de fabrication de la margarine

Le processus de production de la margarine se compose de cinq étapes :

- La préparation de la phase huileuse et de l'émulsifiant.
- La préparation de la phase aqueuse.
- La préparation de l'émulsion.
- La pasteurisation et la cristallisation.
- L'excédent éventuel est renvoyé dans la cuve de mélange par une unité de fonte en continu.

II.1.6.1. Préparation de la phase huileuse et de l'émulsifiant

Une pompe transfère l'huile, la graisse ou le mélange d'huiles dans le parc de cuves via un filtre vers un échangeur thermique à plaques où la solution est refroidie, généralement à une température de 50 °C ou bien au-dessus du point de trouble. Le dosage de l'huile s'effectue dans une cuve optionnelle chauffée à l'aide de l'unité d'eau chaude. Afin de mettre au point la bonne recette huileuse, la cuve d'émulsion est située au-dessus des cellules de pression différentielle. Le mélange s'effectue selon une recette.

Lorsque l'huile atteint environ 70 °C, les émulsifiants tels que la lécithine et les monodiglycérides, généralement sous forme de poudre, sont ajoutés manuellement dans la cuve d'émulsifiants, au-dessus de la grille de la conduite d'eau chaude. Des outils spécifiques pour

la manipulation de la poudre avec convoyeur à vis peuvent être nécessaires pour aider l'opérateur à doser l'émulsifiant sur la grille. D'autres ingrédients solubles dans l'huile, tels que des colorants et des arômes, peuvent être ajoutés [16].

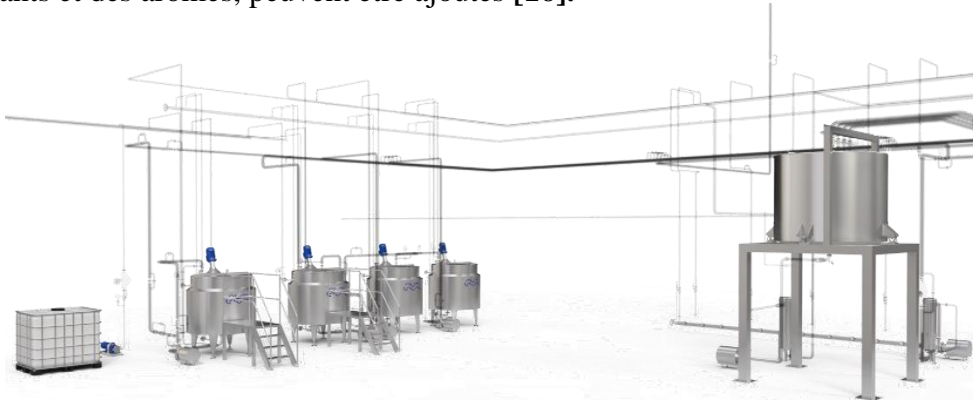


Figure II.3: Procédé de préparation de la phase huileuse et de l'émulsifiant

II.1.6.2 Préparation de la phase aqueuse

Deux cuves isolées sont fournies pour la fabrication de mélanges en phase aqueuse alternée. Un débitmètre dose l'eau dans la cuve où elle est chauffée à 45 °C. Les ingrédients secs tels que le sel, l'acide citrique, les hydrocolloïdes ou le lait écrémé en poudre peuvent être ajoutés dans la cuve à l'aide d'un équipement spécial tel qu'un mélangeur de poudre. D'autres ingrédients comme le sucre et les arômes solubles sont ajoutés manuellement dans la cuve d'émulsion [16].



Figure II.4 : Procédé de préparation de la phase aqueuse

II.1.6.3 Préparation de l'émulsion

L'émulsion est préparée dans l'ordre indiqué en pesant les huiles et les graisses, le mélange d'émulsifiants et la phase aqueuse. Le mélange des phases huileuse et aqueuse a lieu dans la cuve d'émulsion, également appelée cuve d'appoint. À cette étape, d'autres ingrédients comme des goûts, des arômes et des colorants peuvent être ajoutés manuellement. Une pompe transfère l'émulsion obtenue dans la cuve d'alimentation.

Un équipement spécial, tel qu'un mélangeur à haut cisaillement, peut être utilisé lors de cette phase du processus pour rendre l'émulsion très fine, étroite et étanche, ainsi que pour assurer un contact idéal entre les phases huileuse et aqueuse. La fine émulsion obtenue permettra de créer une margarine de haute qualité qui présente une souplesse, une régularité et une structure satisfaisantes. Ensuite, une pompe transfère l'émulsion dans la zone de pasteurisation [16].



Figure II.5 : Procédé de préparation de l'émulsion

II.1.6.4 Pasteurisation

Une unité de pasteurisation montée sur skid prend en charge la pasteurisation en ligne. Une pompe transfère l'émulsion via un filtre à treillis métallique vers un échangeur thermique à plaques pour la pasteurisation. Une autre pompe favorise la circulation de l'eau chaude dans l'échangeur thermique à plaques. La pasteurisation se produit à des températures situées entre 80 °C et 85 °C, le processus prend environ 14 secondes. Le chauffage de l'émulsion empêche la prolifération de bactéries et d'autres micro-organismes, il améliore également la stabilité de la solution.

L'émulsion, généralement à une température comprise entre 45 °C et 50 °C, sort ensuite du pasteurisateur [16].

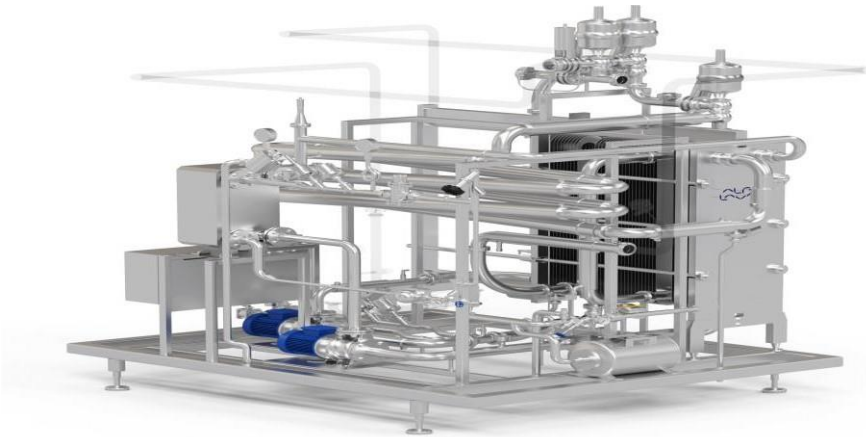
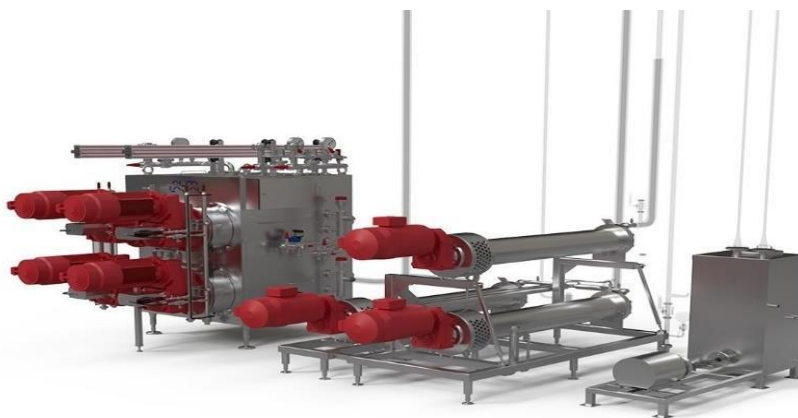


Figure II.6: Pasteurisateur

II.1.6.5 Cristallisation

Une pompe haute pression envoie alors l'émulsion dans un échangeur thermique à surface raclée (SSHE) qui est configuré d'après le débit et la recette. Il peut exister plusieurs tubes de refroidissement de différentes tailles et surfaces. Chaque cylindre possède un système de refroidissement indépendant dans lequel le réfrigérant R717 est directement injecté. Les tubes de produit relient les cylindres les uns aux autres. Les détecteurs de température situés à chaque sortie permettent un refroidissement optimal. La pression nominale maximale est de 120 bars.

En fonction de la recette et de l'application, il se peut que l'émulsion doive passer par une ou plusieurs unités de raclage avant l'emballage. Les unités de raclage permettent d'atteindre la malléabilité, la consistance et la structure souhaitées du produit. Si nécessaire, Alfa Laval peut livrer un tube de repos, bien que la plupart des fournisseurs en machines d'emballage en proposent déjà [16].



FigureII.7 : Cristallisateur

II.1.6.6 Conditionnements du produit

Peut être effectué sous enveloppage (margarines traditionnelles) ou bien en pots confectionnés en différents matériaux (plastiques, cartons).

La margarine est acheminée vers l'empaqueteuse ou elle subit un moulage. Elle est conditionnée soit dans des pots ou barquettes en plastique, soit enveloppée dans un emballage adéquat et stockée à une température oscillante entre 5 à 10°C [16].

II.1.7. Facteurs d'altération de la margarine

Les facteurs d'altération de la margarine peuvent être d'ordre physique ou chimique et surtout bactériologique. La margarine, étant formée d'un taux élevé de matière grasse, est souvent exposée aux risques d'oxydation. Cette dernière est à l'origine de l'odeur de rance, du goût désagréable, du changement de couleur ainsi que des pertes d'activités vitaminiques et de la valeur nutritive.

Selon Clements, D. J., et Decker, E. A. (2000) [17], L'oxydation est due 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, ...) favorise la réaction d'oxydation.

L'altération microbiologique est généralement causée par introduction de l'atmosphère ambiante, par l'appareillage de traitement insuffisamment stérilisé, les emballages, les contacts humains, les insectes et les constituants de la phase aqueuse (eau, lait) [18].

II.1.8. Oxydation de la margarine

La cause majeure de dégradation de la margarine lors de sa fabrication et aussi pendant sa conservation est l'oxydation des lipides, elle affecte les acides gras insaturés présents. Les recommandations nutritionnelles conseillent d'augmenter la part relative des acides gras polyinsaturés (AGPI) dans la ration en raison notamment de leur rôle dans la prévention de pathologies du système cardiovasculaire et de l'obésité [19].

Cette oxydation est généralement influencée par les antioxydants, ces derniers sont à proprement parler des inhibiteurs de l'oxydation [20].

II.2. Les antioxydants

Les antioxydants sont classés selon leur origine en antioxydants naturels ou synthétiques et selon leur mode d'action en antioxydants primaires ou secondaires.

II.2.1. Antioxydants synthétiques

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tels que le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT), la gallate propylée (PG) et le tetra-butylhydroquinone (TBHQ), sont largement utilisés parce qu'ils sont efficaces et moins chers que les antioxydants naturels. Cependant, leur sécurité est très discutée car ils génèrent un besoin de recherche comme matières de substitution d'après des sources naturelles comme antioxydants de la nourriture [21].

II.2.2. Antioxydants naturels

Plusieurs substances peuvent agir en tant qu'antioxydant in vivo. Elles incluent le bêta carotène, l'albumine, l'acide urique, les œstrogènes, les polyamines, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, les composés phénoliques, la vitamine E, etc. Elles peuvent stabiliser les membranes en diminuant leur perméabilité et elles ont également une capacité de lier les acides gras libres [22].

II.2.3. Antioxydants synergistes

Ce sont des substances qui ne sont guère actives en tant qu'antioxydants, et dont les propriétés apparaissent surtout en présence d'autres antioxydants. Il en est ainsi des lécithines, des acides citrique et tartrique, des acides aminés (lysine et arginine), de certains flavonoïdes.

Leurs propriétés peuvent s'expliquer par un effet chélatant de métaux comme le fer et le cuivre qui ont un effet pro-oxydant à faibles doses. Certains produits ont un effet inhibiteur de la décomposition des hydro peroxydes, et d'autres semblent régénérer des antioxydants, comme les tocophérols ou les dérivés de l'acide ascorbique à partir de leurs formes oxydées [23].

II.2.4. Antioxydants primaires

Ils englobent les composés qui interfèrent avec l'oxydation lipidique en convertissant les produits d'oxydation lipidiques ($L\cdot$, $LOO\cdot$, $LO\cdot$) en produits plus stables (LH, LOOH, LOH) grâce à leur propriété de donneurs de protons actifs. Le radical ($A\cdot$) dérivé de l'antioxydant se convertit en produit stable [24].

II.2.5. Antioxydants secondaires

Selon Gordon M.H., 1990 [25], les antioxydants secondaires sont des composés qui retardent l'oxydation lipidique selon différents modes d'action :

- Absorption des radiations ultraviolettes ;
- Inactivation de l'oxygène singulet ;
- Chélation des métaux
- Décomposition des hydroperoxydes.

II.3. Quelques exemples sur les plantes riche en antioxydants [26-37]



Figure II.8 : Ephédra alata subsp alanda.



Figure II.9 : Artémisia herba alba



Figure II.10: Urtica dioïca



Figure II .11: Zingiber officinale



Figure II.12 : Curcuma longa



Figure II.13 : Allium sativum L



Figure II.14 : *Nigella sativa* L



Figure II.15 : *Thymus vulgaris* L



Figure II.16 : *Moringa oleifera*

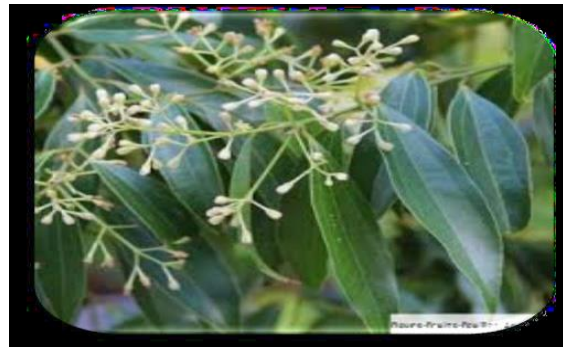


Figure II.17 : *Cinnamomum verum*



Figure II.18 : Laurier noble



Figure II.19 : Zeste de citron

II.4. Laurier noble

Le laurier, ou laurier-sauce (*laurus nobilis* L.) est un arbuste ou un arbre de la famille des Lauraceae, à feuilles persistantes et coriaces [38]. Etymologiquement, le nom latin *Laurus* signifiant « toujours vert » fait allusion au feuillage persistant de la plante et *nobilis* du latin « fameux » [39]. Son nom est aussi symbole du succès dans nos jours à travers le baccalauréat du latin « *Bacca Lauri* » soit baies de laurier [40].

II.4.1. Historique

Son nom commun viendrait du celte Lauer (semper virens) selon certains ou du latin laus, louange, pour souligner les propriétés médicinales de la plante, déjà louées dans l'Antiquité. Laurus était consacré à Apollon et aux poètes. On pensait que, en le mâchant, on obtiendrait le don de la prophétie selon Pline, était une plante sacrée de die à Dionysos et à Jupiter, peut-être parce qu'on disait que les foudres l'épargnaient. Selon Suétone, Jules César portait toujours une couronne de Laurier (on pense que c'était pour masquer sa calvitie). Déjà les Etrusques tressaient des couronnes avec des branches de Lauriers, tradition reprise par les Romains qui en ceignent le front des héros. N'oublions pas que le terme bachelier dérive du latin baccalaurea le Lauriers, originaire de l'Asie mineure et présent dans toute la région méditerranéenne, appartient à la famille des *Lauracées*, famille de grands arbres à feuilles aromatiques (comme l'avocat, *Persea americana* et le cannelier, *Cinnamomum verum*) qui présentent des fleurs peu voyantes et qui produisent des drupes. Le *Laurier* est d'ailleurs la seule *Lauracée* qui pousse en Europe [41]. Ils disent que le laurier a été importé d'Andalousie par Tyr et Jérusalem. Si on en tresse des couronnes au vainqueur, c'est que ses feuilles fanent très lentement. Il semble qu'il ait d'abord retenu l'attention pour ses propriétés cosmétologiques (déjà les personnes âgées se préoccupaient de garder une chevelure noire). Le Laurier ne prend ses lettres de noblesse culinaires qu'avec les Romains. Si la Pythie mâchonne des feuilles de Laurier, c'est qu'il se passe quelque chose [42]. Les vertus stimulantes du Laurier sont connues depuis les temps les plus reculés. Les Bédouins du désert mettent une feuille de Laurier dans leur café, pour l'aromatiser [43].

III.4.2. Caractéristiques

- **Autres appellations** : laurier noble, laurier-sauce, laurier d'Apollon, laurier franc, laurier commun.
- **Organes producteurs** : feuilles et rameaux fleuris.
- **Rendement** : il faut environ 30 kg (10 kg seulement en automne) de feuilles pour obtenir 1 litre d'HE par distillation à la vapeur d'eau.
- **Caractères organoleptiques** : liquide limpide, jaune pâle à jaune très clair, d'odeur épicée et ciselée.
- **Norme alimentaire** : il n'existe pas de norme Afnor concernant l'HE de Laurier noble, mais uniquement une norme qui fixe les « spécifications des feuilles de *Laurus nobilis* entières et broyées » commercialisées.

- **Norme cosmétique** : le méthyl eugénol contenu dans cette HE (◆ CAS 93-15-2) est interdit dans les produits cosmétiques sauf s'il s'agit de méthyl eugénol naturellement présent dans les extraits et les HE et sous réserve que sa concentration n'excède pas : 0,01 % dans les parfums fins, 0,004 % dans les eaux de toilette, 0,002 % dans les crèmes parfumées, 0,001 % dans les produits rincés.
- **Qualité pharmaceutique** : pas de monographie à la pharmacopée.
- **Usages bien établis et traditionnels** : absence de monographie communautaire HMPC (Committee on Herbal Medicinal Products) [44].

II.4 .3. Classification

La classification botanique de *Laurus noble* d'après [45] :

Règne : Plantes.

Sous règne : Plantes vasculaires.

Embranchement : Spermaphytes.

S/Emb : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

S /classe : Dialypétales.

Ordre : Laurales.

Famille : Lauracées.

Genre : *Laurus*.

Espèce : *Laurus nobilis* L

II.4.4. Le genre *Laurus*

Le genre *Laurus* est un genre d'arbustes vivaces appartenant à la famille des Lauracées qui poussent principalement en Europe.

Les lauriers contiennent trois espèces d'arbres sempervirents appartenant à la famille des lauracées.

- ***Laurus azorica* (Laurier des açores)** : Originaire des Açores (et apparemment du nord de l'Espagne)
- ***Laurus nobilis* (laurier noble)** : Originaire de bassin méditerranéen et du Proche-Orient.
- ***Laurus novacanariensis* (Laurier des canaries)** : Originaire de Madère. Des îles Canaries et du Maroc.



Figure II.20 : Laurier noble

II .4.5. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Le choix d'une technique d'exploitation des plantes aromatiques doit être adapté aux composés spécifiquement recherchés ; en principe cela ne dépend pas du type d'organe utilisé (feuille, fleur, bois, graine ou fruit, racine ou rhizome), à l'état frais ou à l'état sec. La méthode dépend du type de produit souhaité, ou de la nature chimique des molécules recherchées [46].

a) Hydrodistillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et la plus anciennement employée pour extraire les huiles essentielles. Le procédé consiste à immerger le matériel végétal dans un récipient rempli d'une quantité adéquate d'eau. Le tout est ensuite porté à l'ébullition.

La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. L'HE forme avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Puis, les vapeurs sont condensées au moyen d'un réfrigérant. Dans un autre récipient de collecte, l'huile essentielle se sépare de l'eau par différence de densité. L'HE étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolysât. Cependant, l'hydro distillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques [47]. Au laboratoire, le système équipé d'une cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger.

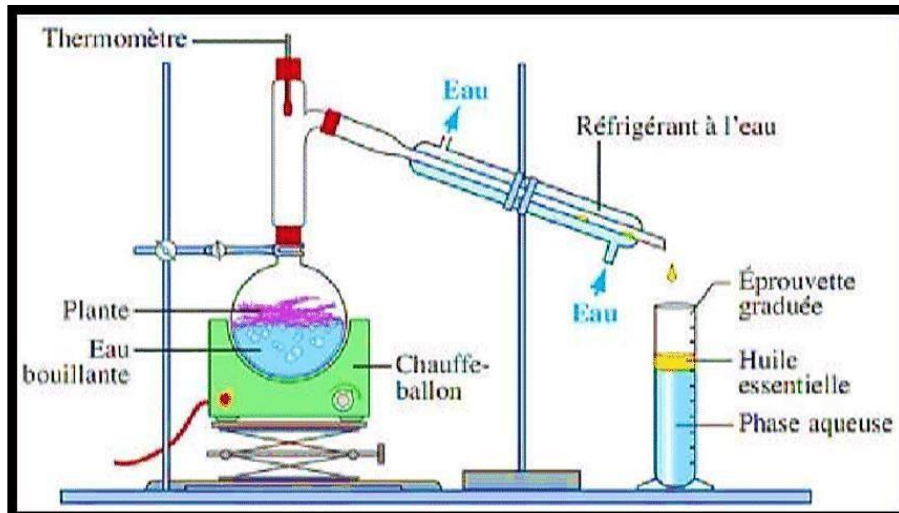


Figure II.21 : Schéma du principe de la technique d'hydro distillation

b) Entraînement à la vapeur d'eau

La distillation par entraînement à la vapeur d'eau, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. Le principe de la distillation à la vapeur d'eau consiste à faire passer la vapeur d'eau à travers la plante à une température adéquate pour détruire les cellules végétales, libérer les molécules aromatiques et les entraîner dans un serpentin de refroidissement. Là, les vapeurs refroidies retournent à l'état liquide formant un mélange « eau + huile essentielle ». Recueillies dans un essencier, l'huile essentielle et l'eau florale se séparent par simple différence de densité. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile [48].

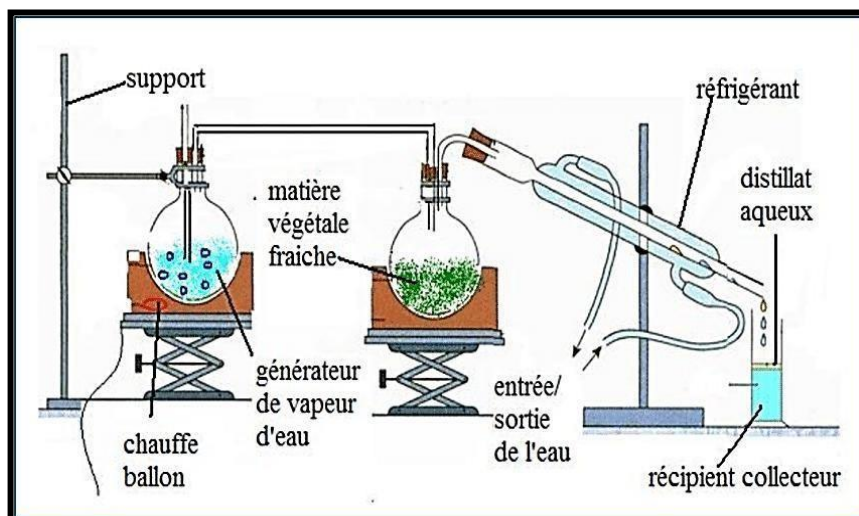


Figure II.22 : Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau

c) Extraction par solvants volatils

La méthode d'extraction par solvant organique est largement utilisée aujourd'hui et la plus pratique. Le principe de cette technique consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter [49]. Grâce du lavage successif, le solvant sera chargé en composants aromatiques, puis envoyé au concentrateur pour être distillé à pression atmosphérique [50].

Les solvants les plus couramment utilisés sont l'éthanol, l'hexane et le cyclohexane, plus rarement l'acétone et le dichlorométhane. Le choix de solvant est autorisé en raison de sa stabilité face à la chaleur, à la lumière ou l'oxygène, sa température d'ébullition pas trop élevée pour permettre son élimination totale et ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait [51].

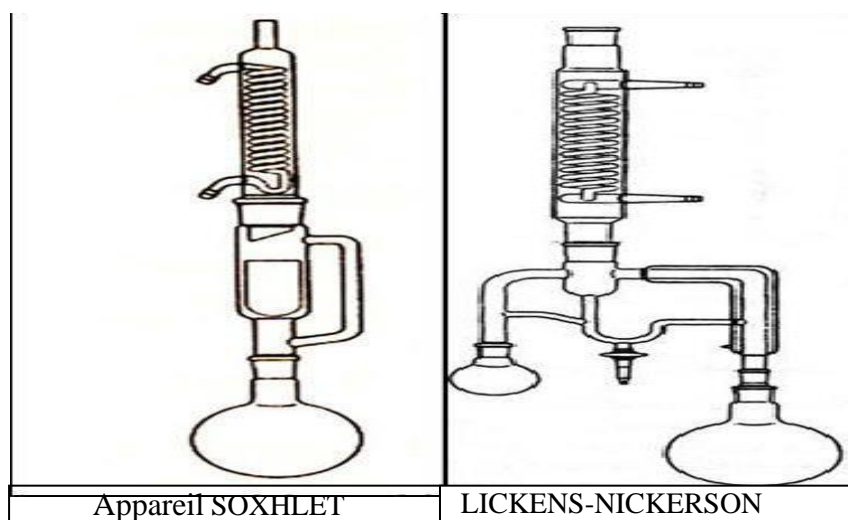


Figure II.23: Montage d'extraction par solvant

d) Hydro-diffusion

Cette technique est relativement récente. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas (perdescendum) et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale.

L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils. Cependant, l'huile essentielle obtenue avec ce procédé contient des composés non volatils ce qui lui vaut une appellation spéciale : « essence de percolation »

De plus, l'hydro diffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur [51].

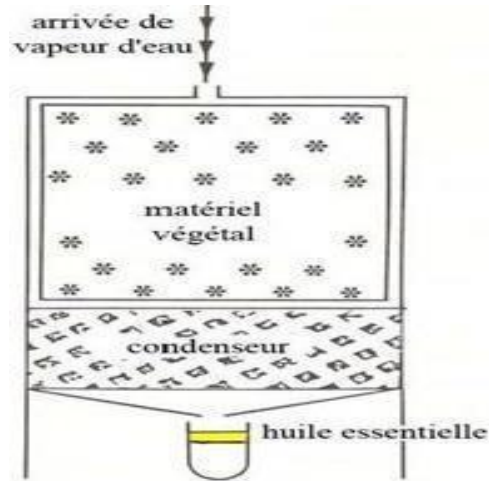


Figure II.24 : Montage d'hydro diffusion

e) Extraction assistée par micro-onde

Extraction assistée par micro-ondes est une nouvelle technique qui combine l'utilisation des micro-ondes et d'autres méthodes traditionnelles. Dans ce procédé, la matière végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques condensation, refroidissement, et décantation. Des études démontrent que cette technique possède plusieurs avantages tels que le gain de temps d'extraction, utilisation de petites quantités de solvant, et un rendement d'extraction élevé [52].

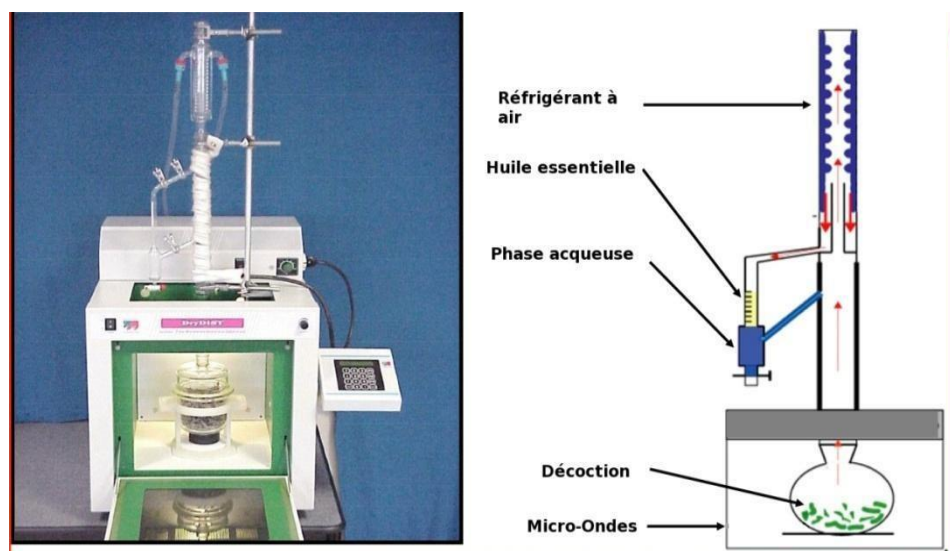


Figure II.25 : Montage d'extraction assistée par micro-ondes.

f) Extraction par fluide supercritique

Extraction par fluides supercritiques a pris ces dernières années, beaucoup d'essor concernant l'extraction des extraits végétaux. Le principal avantage de cette technique est celui de combiner les caractéristiques des gaz et des liquides pendant le processus d'extraction (figure 31). En outre tous les processus de dégradation possibles tels que l'oxydation ou isomérisation sont réduits au minimum du fait que le temps d'extraction y'est réduit [52].

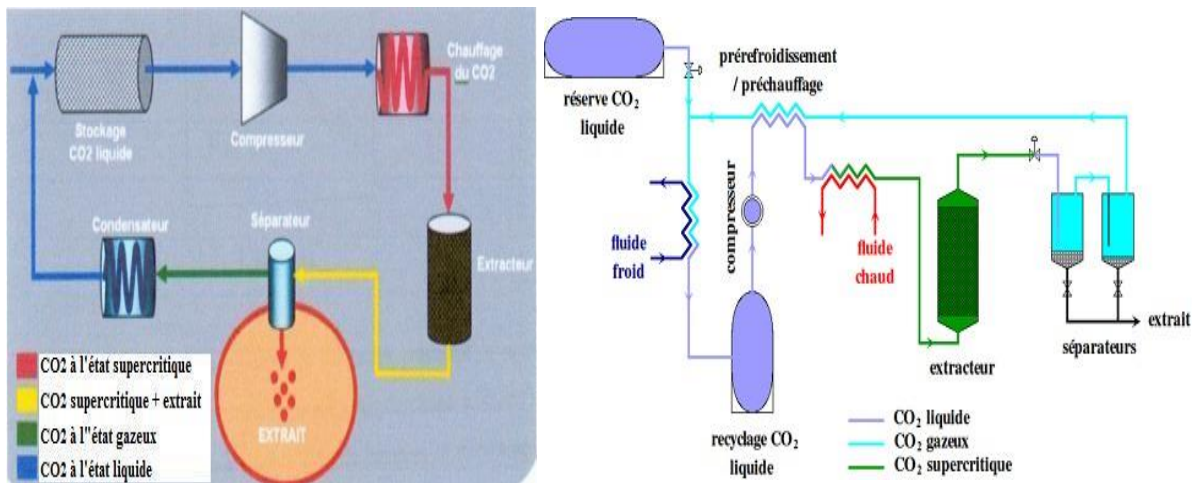


Figure II.26 : Schéma de la technique d'extraction par le CO₂ supercritique.

Références bibliographiques

- [1]. O'Brien R.D. (2009). Fats and oils: formulating and processing for applications. Ed : CRC Press, CRC Press, Taylor & Francis Group, London, New York.
- [2]. Alias C. et Linden G. (1997). Corps gras in : biochimie alimentaire. Masson, Paris. ISBN : 2-225-808880-5. Pp : 202-207.
- [3]. Dupin H, (1992), Alimentation et nutrition humaine. Ed : Esf éditeur, pp : 899-907.
- [4]. Karleskind A. (1992). Manuel des corps gras. Tome 2. Technique et documentation Lavoisier. P : 803-988.
- [5] Karleskind A. (1992). Manuel des Corps Gras. Ed.Tech & Doc,Paris, Tome 1 et Tome II.1579 p.
- [6] Faur L. (1996). Margarine technology. Oils and Fats Manual Karleskind, A. Vol. 2, Lavoisier Publishing, Paris : 938-987.
- [7] Karleskind A. (1992). Manuel des corps gras. Tome 2. Technique et documentation Lavoisier. P : 803-988.
- [8] Faur L. (1992). Transformation des corps gras. Ed : Tec et Doc, p1579.
- [9] François R. (1974). Les industries des corps gras : biochimie, extraction, raffinage ; nuisances et réglementation. Tec & Doc- Lavoisier. Paris, pp : 59-288.
- [10] 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.
- [11] Alias C. et Linden G. (1997). Corps gras in : biochimie alimentaire. Masson, Paris. ISBN : 2-225-808880-5. Pp : 202-207.
- [12] François R. (1974). Les industries des corps gras : biochimie, extraction, raffinage ; nuisances et réglementation. Tec & Doc- Lavoisier. Paris, pp : 59-288.
- [13] Champetier G. (1956). Les industries des corps gras, chap. 4 : la margarine. Ed. Tec et Doc., Lavoisier, Paris. pp : 283-291.
- [14] Dupin H. (1992). Alimentation et nutrition humaine. Ed : Esf éditeur, pp : 899-907.
- [15] O'Brien R-D. (2009). Margarine in Fats and Oils : Formulating and Processing for Applications, (4). CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 466-469.
- [16]. <https://www.alfalaval.fr/produits/solutions-de-process/solutions-pour-huiles-vegetales/systemes-pour-usine-de-margarine/>
- [17] Clements, D. J., et Decker, E. A. (2000). Lipid oxidation in oil-in water émulsions, impact of molecular environment of chemical reactions in heterogeneous food systems. In : Journal of Food Sciences. pp : 1270-1281.

- [18] Himed, L. (2011). Evaluation de l'activité antioxydant des huiles essentielles de citrus limon : applications à la margarine, Thèse de doctorat, Faculté des Science Alimentaires. Institue INATTA, Université de Constantine 98p.
- [19] Martin, S., et Andriantsitohaina, R. (2002). Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium, Annales de Cardiologie et d'Angéiologie. Journal Elsevier, pp. 304-315.
- [20] Gharby S., Harhar H., El Monfalouti H., Kartah B., Maata N., Guillaume D. et Charrouf Z. (2011). Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism 44 : 1-8.
- [21]. Lisu W., Jui-Hung Y., Hsiao-Ling L. et Wul M.J. (2003). Antioxidant effect of methanol extracts from Lotus Plumule and Blossom (*Nelumbo nucifera* Gertn). Journal of food and Drug Analysis. 11(1) : 60-66.
- [22]. Svoboda K.P. et Hampson J.B. (1999). Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants : antibacterial, antioxidants, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. Plant biology department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, U.K., KA6 5HW.
- [23]. Morelle J. (1988). Peroxydes lipidiques, radicaux libres, vieillissement et lipoaminés acides : Parfums, Cosmétiques, Arômes, (79) : 71-78.
- [24]. Kim D.k. et Lee C.Y. (2004). Comprehensive Study on Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Various Polyphenolics in Scavenging a Free Radical and its Structural Relationship. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. (44) : 253–273.
- [25]. Gordon M.H. (1990). The mechanism of antioxidant in vitro. "Food antioxidants": Ed. HUDSON B.J.F. pp: 1-18.
- [26]. floramarocanne.fr
- [27]. mawsueat-alnnabat.blogspot.com
- [28]. Fr.123rf.com
- [29]. Plantcacaretoday.com
- [30]. Côté Maison. (2018). Tout savoir sur le curcuma, une plante exotique aux racines d'exception. cotemaison.fr
- [31]. Virginie T. (2021). Planter des alliums, OÙ, quand et comment planter l'ail d'ornement. Promesse de fleurs.com.
- [32]. Dr Claire Condemine P. (2020). La Nigelle un anti-viral pour la COVID-19 ? Institut d'Hygiologie. Hygiologie.org
- [33]. Webmaster. (2019). Thym, *Thymus vulgaris*. News Magazine. Agriculture Afrique.

com.

- [34]. Isabelle C. (2019). Semis et culture du Moringa oleifera, Moringa oleifera : l'arbre de vie. gerbeaud.com
- [35]. fleurs-fruits-feuilles-de.com
- [36]. <https://www.jardiner-malin.fr/sante/laurier-bienfaits-vertus.html>
- [37]. <https://www.mapatisserie.net/poudre-de-citron-maison/>
- [38] Pariente, L. (2001). Dictionnaire des sciences pharmaceutiques et biologiques. 2^{ème} Ed Académie nationale de pharmacie. Paris. 1643p.
- [39] Zhiri, A., Baudoux, D., Breda, M.L. (2005). Huile essentielles chémotypées et leurs synergies. Ed. Inspir développement. pp : 46
- [40] Ballabio R., & Goetz P. (2010). Huile de graine/fruit de laurier *Laurus nobilis* L., *Laurus azorica* (Seub.) Franco, *Laurus novocanariensis* Rivas Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Dias, JC Costa et C. Aguiar. *Phytothérapie* 8(2) : 141-144.
- [41] Gilly G. (2005). Les plantes aromatiques et les huiles essentielles à grasse. Laurier Ed. Lharmattan, Paris, p 383.
- [42] Peris I., & Blázquez M. A. (2015). Comparative GC-MS Analysis of Bay Leaf (*Laurus nobilis* L.) Essential Oils in Commercial Samples. *International Journal of Food Properties* 18 : 757–762.
- [43] ISO. ISO 6576. (2004). Laurier (*Laurus nobilis* L.) - Feuilles entières et broyées Spécifications. www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=39016 .
- [44] Quezel P. et Santa S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome I. Ed CNRS. Paris. 565p.
- [45] Derwiche, E., Zineb, B., et Abdellatif, B. (2009). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Leaves Essential Oil of *Laurus nobilis* from Morocco. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 3(4) : 3818-3824.
- [46] Boutekdjiret. C. (1999). Etude des procedes d'extraction appliques à la recuperation des essences de romarin : transfert de matikre et modelisation, these de doctorat. DPT genie chimique. E.N.P.Alger 1999.
- [47] Lucchesi M.E. (2005). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences, discipline : Chimie. Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies.

- [48] Neffati, A. (2010). Thèse de doctorat en Sciences de l'université de Caen, Etude de la composition chimique et évaluation d'activités biologiques de l'huile essentielle d'une Apiaceae de Tunisie : *Pituranthos chloranthus*, 2010.
- [49] Franchomme P. (1990). Richard H. (1992). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jallois éditeur. Limoges (France). 445P.
- [50] Herzi N. (2013). Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles. Thèse de doctorat (option : Génie de Procédés et de l'Environnement). Université de Toulouse (France) délivré par Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse).
- [51] Franchomme, P. ; Pénéol, D. (1990). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jallois éditeur. Limoges. 445 p.
- [52] Hemwimon S., Pavasant P & Shotiprux A. (2007). Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda Citrifolia*. *Separation and Purification Technology*, Vol. 54 ; pp 44-50.

Partie expérimentale

Chapitre III

Matériels et méthodes

Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1. Produits chimiques utilisés

Les principales caractéristiques des produits chimiques utilisés sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.1 : Produits chimiques utilisés

Produit chimique	Formule	La masse molaire	Pureté (%)	Marque
Hydroxyde de potassium	KOH	56,1056 g/mol	85-100,5	BIOCHEM
Ethanol	C ₂ H ₆ O	46,08 g/mol	89,8	SIGMA-ALDRICH
Phénol phtaléine	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	318,32 g/mol	99,3	BIOCHEM
Chloroforme	CHCl ₃	119,38 g/mol	99-99,4	RIEDEL-DE HAEN
Iodure de potassium	KI	166,0028 g/mol	99-100,5	SIGMA-ALDRICH
Thiosulfate de sodium	Na ₂ S ₂ O ₃	158,11 g/mol	100	VWR CHEMICALS
Amidon	C ₆ H ₁₀ O ₅	106 à 109 g/mol	70-90	BIOCHEM
Chlorure d'hydrogène	HCl	36,46 g/mol	36,5-38	FLUKA
Hydroxyde de sodium	NaOH	39,997 g/mol	98,8	HONEYWELL-FLUKA
Nitrate d'argent	AgNO ₃	169,87 g/mol	99,9	FLUKA

III.2. Huile d'olive

L'huile d'olive utilisée dans cette étude est une huile récupérée au niveau de l'huilerie moderne (à trois phases) d'Oued M'BARAK située à DJELFA, le nom commercial de cette huile d'olive est « DAHBIA » extraite de la variété « Chemlal ». Elle est vendue dans des flacons en verre fumés et bouchon scellé.

Cette huile d'olive est traitée à partir d'olive cueillies avec soin de délicatesse dans le respect de la tradition ancestral de la culture oléicole, elle conserve toutes ses qualités gustatives et propriétés biologiques, y compris vitamines et antioxydants.



Figure III.1 : L'huile d'olive extra vierge utilisée.

Les principales propriétés de cette huile d'olive, telle qu'elles sont présentées sur la fiche technique du fournisseur, sont résumées dans le tableau III.2.

Tableau III.2 : Informations nutritionnelles de HOEV pour 100g

Information	La valeur
Calories	9003700 Kcal/KJ
Protéine	0 g
Matières grasses	100 g
Saturé	13 g
Monoinsaturé	79 g
Polyinsaturé	8 g
Cholestérol	0 mg
Le sel	0 g

III.3. Laurier noble

La plante de Laurier Noble utilisée dans cette étude est récoltée en mois de mars 2023 dans la région d'Akfadou, wilaya de Bejaïa. La récolte de la plante a été effectuée très soigneusement de manière à ne pas détériorer les éléments organiques et minéraux présents.

III.3.1. Traitement des feuilles de Laurier noble

a) Lavage et séchage

Les feuilles de Laurier noble récoltées sont nettoyées avec de l'eau distillée afin d'éliminer toutes particules étrangères. Les feuilles nettoyées sont déposées sur un papier Kraft pour éliminer les gouttelettes d'eau et de séché à l'air libre. Les échantillons sont ensuite étuvés à 40°C pendant 24 heures.



Figure III.2 : Lavage



Figure III.3: Séchage

b) Broyage et tamisage

Après séchage, les échantillons sont broyés à l'aide d'un broyeur électrique. Puis tamisés afin d'obtenir une poudre fine de granulométrie homogène. La poudre est conservée dans des bocaux, bien hermétiques et à l'abri de la lumière.



Figure III.4 : Laurier noble en poudre.

d) Extraction de l'HE de Laurier noble

L'extraction de l'HE de Laurier noble a été effectuée par la méthode d'hydrodistillation car elle permet de fournir une huile essentielle de bonne qualité avec un coût faible. Le dispositif de l'hydrodistillation est présenté dans la figure ci-dessous.



Figure III.5 : Dispositif de l'hydrodistillation

Mode opératoire

- On introduit de différentes quantités de matière végétale dans le ballon mono-col de capacité d'un litre
- On ajoute 500 ml de l'eau distillée.
- On met en marche le système de réfrigération (eau froide à contre-courant) et de chauffage. Ensuite on met le ballon dans un chauffe-ballon, le mélange est porté à ébullition. Les vapeurs chargées d'huiles essentielles sont condensées dans le réfrigérant.
- On recueille le distillat dans un autre ballon de 500 ml (il faut que le distillat soit froid pour diminuer la solubilité de l'HE dans l'hydrolat)
- On arrête la distillation et on note la durée quand l'eau bouillante est presque terminée, cela pour éviter la combustion du végétal.



Figure III.6 : La poudre de laurier noble avec le solvant.

- On verse ensuite le mélange de deux phases dans l'ampoule à décanter à l'aide d'un entonnoir
- On laisse le mélange hétérogène se séparer jusqu'à l'obtention de deux phases distinctes sous l'effet de différence de densité (on remarque qu'il y a de petites bulles qui montent vers le haut), l'HE ayant une couleur jaune qui surnage sur la surface et la phase inférieure correspond à l'hydrolat.

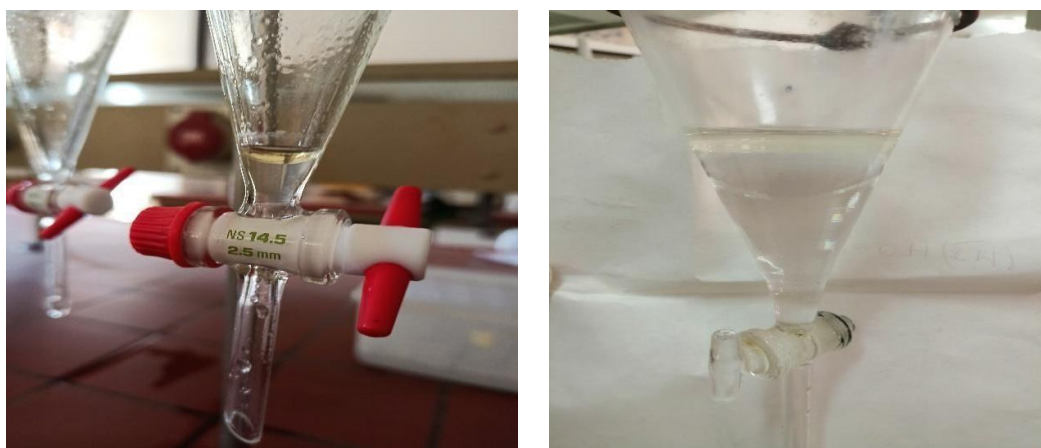


Figure III.7 : Montage de décantation

Pour réduire l'instabilité des molécules constitutives des huiles essentielles, l'HE de LS récupérée est conservée dans un flacon en verre stérile fermé hermétiquement pour la préserver de l'air et de la lumière, enveloppé avec du papier d'aluminium, à une température voisine de 4°C, jusqu'à son usage pour éviter toute éventuelle dégradation.



Figure III.8: Conservation de l'HE extraite

Le rendement en HE est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse de la matière végétale initialement utilisée. Le rendement est exprimé en pourcentage, et il est donné par la formule suivante :

$$RHE(\%) = \frac{MHE}{Mv} \times 100$$

RHE : Rendement en huile essentielle (en %).

MHE : Masse de l'huile essentielle (en g).

Mv : Masse de la matière végétale utilisée (en g).

III.4. Présentation de l'organisme d'accueil « CEVITAL »

III.4.1. Situation géographique

Implanté sur un terrain d'assiette de propriété du Port de Bejaia, en concession au profit de CEVITAL d'une durée de 30 ans avec renouvellement de contrat. Le complexe de production se situe dans l'enceinte portuaire de Bejaia et s'étend sur une superficie de 45000 m², la plus grande partie des installations est éditée sur un terrain récupéré d'une décharge publique. Le complexe comme on voit sur cette Figure III.9 [1].



Figure III.9 : Situation géographique de CEVITAL

III.4.2. Activités de l'entreprise CEVITAL

Le complexe Cevital a débuté son activité en Décembre 1998 par le conditionnement de l'huile. Le 17 février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont été entamés. Elle est devenue fonctionnelle le 14 août 1999. Les principales activités du complexe Cevital concernent la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre. L'entreprise se dévoue au développement de la production tout en assurant la qualité et le bon conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser [2].

III.4.3. Procédé de fabrication de la margarine

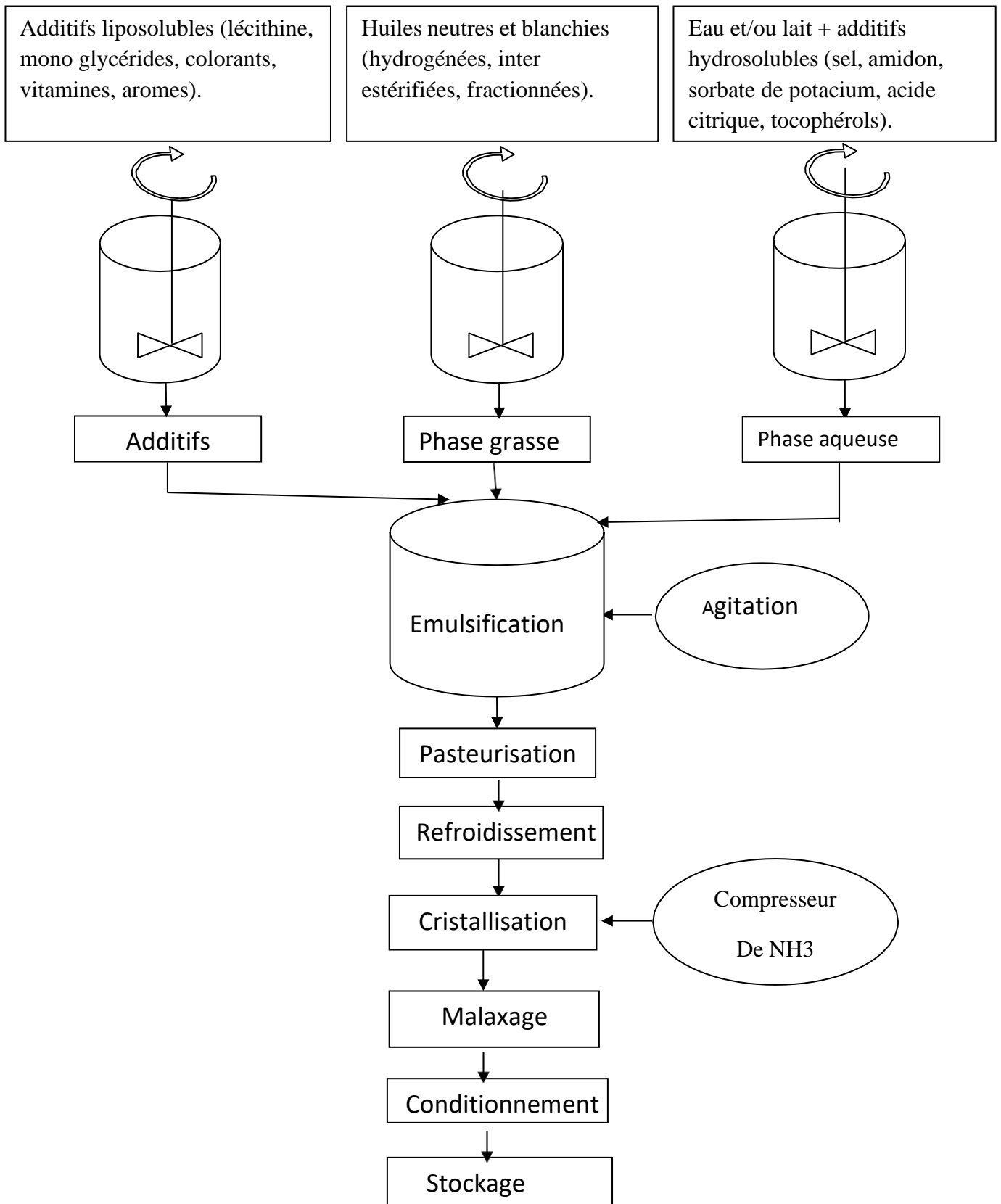


Figure III.10 : Schéma général de la fabrication de la margarine.

III.5. Elaboration des différentes margarines

La présente étude porte sur quatre types de margarines élaborées au niveau de l'entreprise CEVITAL.

Tableau III.3 : Codes des margarines élaborées

Code	Identification
MARG 10 HO/A	Margarine formulation enrichie à 10% d'huile d'olive extra vierge avec antioxydant naturel (l'HE extraite de laurier noble).
MARG 20 HO/A	Margarine formulation enrichie à 20% d'huile d'olive extra vierge avec antioxydant naturel (l'HE extraite de laurier noble).
MARG 10 HO/S	Margarine formulation enrichie à 10% d'huile d'olive extra vierge sans antioxydant naturel.
MARG 20 HO/S	Margarine formulation enrichie à 20% d'huile d'olive extra vierge sans antioxydant naturel.

III.5.1. Composition de la formulation

La formulation des quatre margarines à tartiner est confectionnée à base d'un mélange de graisses végétales (cophah et soja) et de trois huiles qui sont : l'huile de tournesol, l'huile de palme et l'huile d'olive EV. L'huile d'olive est utilisée à deux pourcentages différents (10%, 20% de la masse totale du mélange utilisé). Le Blend des quatre margarines précédentes est additionné d'additifs liposolubles et hydrosolubles.

III.5.2. Préparation du Blend

La formulation de cette recette répond au profil type d'une margarine à tartiner, de composition globale 82% de matière grasse et 18% de la phase aqueuse, les constituants des deux phases sont comme suit :

- La phase grasse est constituée du Blend d'huiles citées ci-dessus avec des dosages différents d'huile d'olive EV (10%, 20%) et des émulsifiants de type acide monolactique et lécithine de soja pour les trois formulations.
- La phase aqueuse est constituée d'eau osmosée traitée aux ultraviolets, du lait à 0% en matières grasses et d'additifs hydrosolubles : un exhausteur de goût (sel), un conservateur qui est le sorbate de potassium (E202) et un correcteur de pH qui est l'acide lactique.

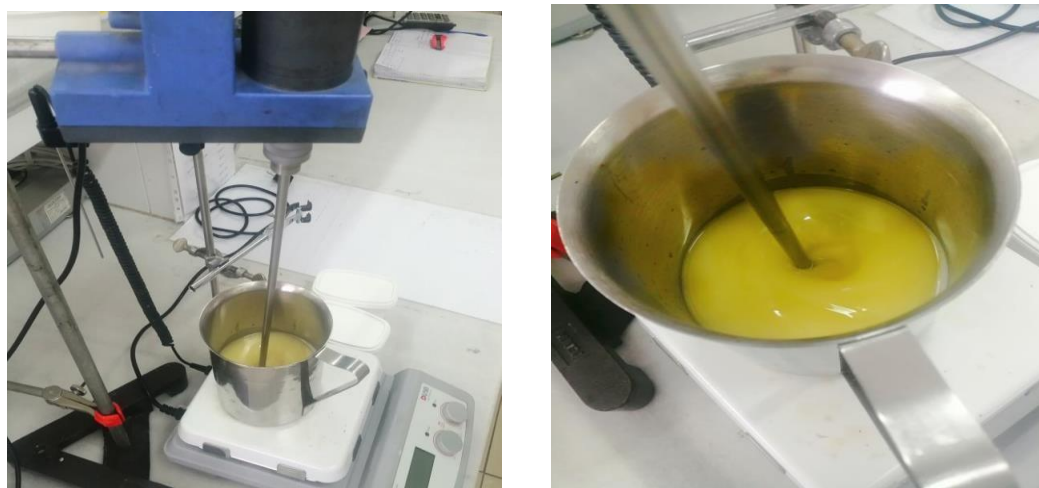


Figure III.11 : Préparation de la margarine au niveau du laboratoire.

III.6. Procédés de fabrication à l'échelle laboratoire

a) Préparation de la phase grasse

Le Blend des quatre margarines est préparé dans quatre récipients en Inox. D'abord, une masse d'émulsifiant est pesée dans un récipient vide, après chauffage, les huiles végétales sont ajoutées dans chaque récipient. L'homogénéisation est réalisée à l'aide d'un agitateur magnétique.

b) Préparation de la phase aqueuse

La phase aqueuse des quatre margarines est préparée dans quatre béchers en respectant les mêmes quantités de chaque ingrédient pour les quatre formulations. Ces constituants sont : l'eau ; sorbate de potassium (E202) ; acide lactique et sel.

Les deux phases (aqueuse et grasse) de chaque formulation (MARG 10HO/A ; MARG 20HO/A ; MARG 10HO/S ; MARG 20HO/S) sont mélangées en versant doucement la phase aqueuse sur la phase grasse sous agitation pendant 5 min avec chauffage.

- Les récipients contenant le produit fini (MARG 10HO/A ; MARG 20HO/A ; MARG 10HO/S ; MARG 20HO/S) sont refroidis avec de l'eau glacée sous agitation manuelle jusqu'à obtention d'un produit visqueux.
- La margarine est par la suite versée dans des barquettes de 200g en plastique et mise au réfrigérateur pendant quelques minutes pour solidification.
- Le stockage est réalisé dans un réfrigérateur à 4°C au niveau du laboratoire de physico-chimie.



Figure III.12: Margarines élaborées

III.7. Techniques de caractérisation

III.7.1. Détermination du taux de solide par RMN (teneur en corps solides)

Le taux de solide est déterminé à différentes températures (5,10, 15, 20, 25, 30, 35, 40°C). Après équilibrage électromagnétique du spectromètre RMN et l'application d'une impulsion de radiofréquence à 90°, le signal de décroissance de magnétisation des protons dans la phase liquide uniquement est mesuré et les corps gras solides sont calculés en utilisant un étalon constitué entièrement de corps gras liquides [3].

La margarine a été bien fondue et débarrassée de sa teneur en eau à 100°C pendant 15 min, suivi de refroidissement 60°C pendant 5 min, ensuite des tubes ont été remplis à hauteur de 3 cm. Après refroidissement à 0°C pendant 60 min, des incubations ont été réalisées pendant 30 min à 5, 10, 15, 20, 25,30, 35 et 40°C. La lecture pour chaque température a été réalisée par le spectromètre RMN pulsée à basse résolution. Les résultats sont donnés par le logiciel de l'appareil en pourcentage de solides [3].



Figure III.13 : Spectromètre à résonance magnétique nucléaire (RMN).

III.7.2. Détermination du point de fusion

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

Après avoir fait fondre une quantité de margarine on obtient un Blend qui est filtré, On introduit la matière grasse dans 2 capillaires très fins (environ 1cm) et on les met à refroidir pendant quelques minutes, on les dépose ensuite dans un bécher, ce dernier est placé dans un bain marie relié à un thermomètre.

Le point de fusion correspond à la valeur affichée lors de la montée de la matière grasse dans les 2 capillaires. Si le moment du décollement de la matière grasse diffère entre les 2 tubes alors on prend la valeur moyenne.

Dans le cas du calcul du point de fusion de la margarine, cette dernière doit séjourner dans l'étuve afin d'évaporer toute l'eau qu'elle contient avant de la mettre dans les capillaires.

III.7.3. Détermination de la teneur en eau (taux d'humidité) (NE.1.2- 47-1985)

C'est la perte de masse subie par le produit après chauffage à $103 \pm 2^\circ\text{C}$, dans des conditions spécifiées, exprimée en pourcentage.

Après avoir pesé 2g d'échantillons dans un bécher, on la fait chauffer sur plaque chauffante, en élevant la température du produit d'environ $10^\circ\text{C}/\text{min}$, jusqu'à 90°C . Puis, on réduit la vitesse d'élévation de la température en observant la vitesse de dégagement des bulles de vapeur qui se détachent du fond de bécher, et on laisse la température monter jusqu'à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (ne pas dépasser 105°C). On poursuit l'agitation en raclant le fond de bécher jusqu'au moment où tout dégagement de bulles a cessé. Pour s'assurer que toute l'eau s'est évaporée, il faut répéter plusieurs fois le chauffage. On laisse ensuite refroidir le bécher dans le dessiccateur. Après refroidissement le bécher contenant l'échantillon (m_2) est pesé. Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{(m_0 + m_1) - m_2}{m_1} * 100$$

H (%) : Humidité en pourcentage massique.

m₀ : Poids du bécher vide en gramme (g).

m₁ : Poids de la prise d'essai en grammes (g).

m₂ : Poids du bécher contenant l'échantillon après chauffage (g).

III.7.4. Détermination de l'acidité

L'acidité de nos huiles est déterminée selon la méthode **A.O.C.S(64/1992)** après dissolution de 10g d'échantillons dans 75 ml d'alcool éthylique, les acides gras présents sont titrés à chaud à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N) en présence d'un indicateur coloré qui est la phénolphtaléine. Un essai témoin (sans matière grasse) est réalisé dans les mêmes conditions. Les résultats sont exprimés en % (m/m) d'équivalent acide oléique selon la formule :

$$A(\%) = \frac{(M * N * V)}{P * 10}$$

M : poids moléculaire adopté pour l'expression de l'acidité avec PM acide oléique=282

N : normalité de la solution NaOH à 0,1N ;

V : volume de la solution NaOH nécessaire ;

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



Figure III.14 : Dosage des acides gras libre dans l'échantillon.

III.7.5. Détermination de la teneur en sel (taux de sel) (NE.1.2.429/89)

C'est la quantité de sels présent dans l'échantillon (ou la phase aqueuse), sous forme de chlorure de sodium. Le principe consiste au titrage des chlorures avec une solution de nitrate d'argent (AgNO_3) en présence de chromate de potassium comme indicateur coloré.

Selon la méthode de Mohr, 5g de la margarine sont pesés dans un erlenmeyer. Puis, 100ml d'eau distillée sont ajoutés sur plaque chauffante jusqu'à ébullition. Le mélange est maintenu sous agitation jusqu'à dissolution complète de l'échantillon, Ensuite, refroidissement et ajout de quelques gouttes de chromate de potassium puis mélanger en agitant. Tout en continuant d'agiter, titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'au virage de l'indicateur coloré (du jaune au rouge brique persistant pendant 30sec). La teneur en chlorure de sodium (exprimée en pourcentage massique) est donnée par la formule suivante :

$$\text{NaCl}(\%) = \frac{\text{Veq} * \text{N} * \text{M}}{\text{P}}$$

NaCl (%) : Taux de sel exprimé en pourcentage ;

V (ml) : Volume, en millilitre, de la solution de AgNO_3 utilisée pour le titrage ;

N : Normalité de la solution de nitrate d'argent ;

Eq.g (NaCl) : équivalent gramme d'NaCl (0,1 N)

P : prise d'essai en grammes



Figure III.15 : Dosage volumétrique des ions chlorure

III.7.6. Détermination de l'indice de peroxyde (NE.1.2.98.88)

C'est la quantité de produit présent dans l'échantillon, exprimée en milliéquivalents grammes d'oxygène actif par 1000g de corps gras, oxydant l'iodure de potassium. Le principe

consiste en la détermination du degré d'oxydation du corps gras en titrant l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium en présence d'amidon comme indicateur coloré.

Après avoir pesé 5g de l'échantillon (margarine ou l'huile) dans un ballon à fond plat 18 ml d'acide acétique et 12 ml de chloroforme sont ajoutés tout en agitant quelques minutes puis 0.5ml de la solution d'iodure de potassium (KI) (0,5 g ajusté à 1 g avec l'eau distillée), sont ajoutés à l'aide d'une pipette. Le ballon est agité pendant 1 min, puis laissé à l'obscurité pendant 1min. Ensuite, 75ml d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon comme indicateur coloré sont ajoutés. Puis titrer, en agitant, avec la solution de thiosulfate de sodium à 0,01N, jusqu'à disparition de la couleur bleue. Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$IP = V (\text{chute}) * 2$$

IP : indice de peroxyde

V : chute de burette (la solution de thiosulfate de sodium à 0,01N point de virage)

III.7.7. Détermination du pH de la phase aqueuse (NE.1.4.08/89)

Le pH de la phase aqueuse de l'échantillon est la différence de potentiel, à la température de mesure, entre deux électrodes immergées dans la phase aqueuse, exprimée en unité de pH.

Après étalonnage du pH-mètre par une solution de KI (3mol/l), les électrodes sont introduites dans la phase aqueuse à la température de mesure. Lorsque la lecture devient constante, lire la valeur de pH indiquée par le pH-mètre à 0,01unités de pH près, sur l'échelle de l'instrument. Les résultats sont exprimés par les valeurs lues du pH-mètre.



Figure III.16 : pH-mètre

III.7.8. Détermination de la densité

La méthode pour mesurer la densité est basée sur la détermination de la masse du matériel testé qui est placé dans une petite coupe (pycnomètre) d'un volume connu à une température donnée.

Le fonctionnement est très simple, le produit testé est versé dans le pycnomètre, après cela on place un couvercle avec un trou de débordement. Le surplus de liquide s'échappe par l'extrémité supérieure du tube capillaire, lorsque l'on ajuste le bouchon sur le flacon, ce qui permet de déterminer le volume du liquide avec précision. C'est la différence de poids entre le volume de la fiole vide (volume connu) et la fiole pleine qui nous permettra de déterminer par le calcul la masse volumique [4]. La densité du produit est calculée par la formule suivante :

$$d = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

m_0 = masse du pycnomètre vide ;

m_1 = masse du pycnomètre avec l'eau ;

m_2 = masse du pycnomètre avec l'huile d'olive ;



Figure III.17 : pycnomètre

III.7.9. Analyse par IRTF

Le principe de la spectroscopie infrarouge (IR) repose sur l'absorption de la lumière par la plupart des molécules dans la région de l'infrarouge du spectre électromagnétique et en convertissant cette absorption en vibration moléculaire. La spectroscopie IR est une méthode très efficace pour identifier et déterminer des molécules organiques et inorganiques à partir de leurs propriétés spécifiques de liaisons chimiques. Pour comparer entre le rayonnement incident et transmis à travers

l'échantillon suffit alors à déterminer les principales fonctions chimiques présentes dans l'échantillon. Les mesures de spectroscopie infrarouge (I.R) sont réalisées sur un spectromètre à transformée de Fourier de modèle IRAffinity¹, assisté par un microordinateur muni d'un logiciel de traitement. Les spectres ont été enregistrés en mode absorbance dans la région 4000 à 400 cm⁻¹.



Figure 50 : Spectrophotomètre IRTF.

Références bibliographiques

- [1]. Faur L. (1996). Margarine technology. Oils and Fats Manual Karleskind, A. Vol. 2, Lovoisier Publishing, Paris : 938-987.
- [2]. Visa COSOB N° 05-07 du 21 décembre 2005
<https://www.cosob.org/wp-content/uploads/2014/12/les-emetteurs-notice-cevital.pdf>
- [3]. Neffati, A. (2010). Thèse de doctorat en Sciences de l'université de Caen, Etude de la composition chimique et évaluation d'activités biologiques de l'huile essentielle d'une Apiaceae de Tunisie : Pituranthos chloranthus.
- [4]. ISO. (1991). Corps gras d'origines animal et végétale -Détermination de la teneur en corps gras solide- Méthode par résonance magnétique nucléaire pulsée.ISO 8292 :1991(F) Norme Internationale.

Chapitre IV

Résultats et discussions

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1. Rendement en huile essentielle des feuilles de Laurier noble

La valeur de rendement d'extraction en huile essentielle (HE) des feuilles de Laurier noble obtenue par hydrodistillation est de 0.67 %. Le rendement d'extraction obtenu dans cette étude est supérieur par rapporte aux résultats rapportés par Demir et al [1] qui ont étudié l'effet du séchage sur le rendement en huile essentielle des feuilles de Laurier noble. Une légère différence (0,617 % pour les feuilles humides et 0,642 % pour les séchées) a été trouvée. D'après la littérature scientifique, plusieurs paramètres peuvent influencer le rendement d'extraction en huiles essentielles des feuilles de Laurier, à savoir : le type d'extraction (hydrodistillation, extraction par micro-ondes, etc.), l'espèce végétale (l'origine de la plante, son âge, la période de récolte), le temps de contact, le rapport volumique, la durée et la température d'extraction [2].

Tableau IV.1 : Rendements en huile essentielle des feuilles de Laurier noble

Rendement	Référence
0.67 %	Présente étude
0.64 %	Demir et al., [1]

IV.2. Caractérisation de l'huile d'olive

IV.2.1. Acidité

La quantité d'acidité libre mesurée en acidité est très importante pour déterminer la qualité de l'huile d'olive [3]. Cette valeur permet une classification pour les huiles d'olive. La valeur de l'acidité obtenue pour l'huile d'olive utilisée dans cette étude est illustrée dans le Tableau IV.2.

D'après les résultats donnés dans le tableau IV.2, l'huile d'olive étudiée « Dahbia » se caractérise par une faible acidité, environ 0.17 %. Cette valeur reste néanmoins inférieure à la limite établie par la norme COI ($\leq 0,8\%$ pour l'huile d'olive extra vierge) [4]. Selon El Antari et al. [5], les conditions où les olives sont récoltées à la main et transformées directement sans

procéder au stockage, l'acidité de l'huile ne devrait pas dépasser 0,5 %, ce qui est le cas de l'huile utilisée dans cette étude.

Tableau IV.2 : Acidité en pourcentage d'acide oléique (%)

Analyse	Résultat	Norme
Acidité	0.17	≤ 0.8

IV.2.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde (IP) a été mesuré pour déterminer le taux d'oxydation de l'huile d'olive. Plusieurs auteurs ont rapporté que l'indice de peroxyde est un critère très utile qui renseigne sur la détérioration oxydative d'une huile d'olive [3,6]. La formation d'hydroperoxyde dans l'huile d'olive peut servir d'indicateur pour le degré d'oxydation et la qualité de l'huile d'olive. De plus, l'indice de peroxyde permet de suivre l'état de conservation d'une huile ou état d'avancement de l'oxydation [7]. Lorsqu'une huile n'est pas soumise à de bonnes conditions de conservation ou à un bon traitement, sa qualité peut se détériorer de diverses manières, mais le plus souvent par hydrolyse ou par oxydation. Elle devient ainsi impropre à la consommation [3].

Le résultat de calcul de l'indice de peroxyde est donné dans le tableau IV.3. L'huile d'olive Dahbia présente un indice de peroxyde de 0.6 meq d'O₂ /kg. En comparant cette valeur à celle de la norme commerciale du COI, on constate que l'huile d'olive extra vierge analysée est conforme à la norme (≤ 20 meq d'O₂ /kg).

Tableau IV.3 : Indice de peroxyde en meq d'O₂ /kg

Analyse	Résultat	Norme
Indice de peroxyde (en meq d'O ₂ /kg)	0.6	≤ 20

IV.2.3. Densité

La densité est un paramètre qui peut être utilisé pour caractériser la pureté des huiles végétales. Elle est en fonction de la composition chimique des huiles et de la température. Dans cette étude nous avons déterminé ce critère de pureté à une température de 20°C.

La valeur de la densité obtenue est illustrée dans le tableau IV.4. D'après les résultats, l'échantillon de l'huile d'olive extra vierge de marque (Dahbia) utilisé dans cette étude a une

densité inférieure à la norme établie par le C.O.I, ce qui nous permet de dire que cette huile est totalement pure.

Tableau IV.4: Densité de l'huile d'olive utilisée.

Analyse	Résultat	Norme
Densité	0.9	0,910 - 0,916

IV.2.4. Analyse par IRTF

L'importance de la spectroscopie IR dans l'identification des structures moléculaires provient des informations de contenu et de la possibilité d'assigner certaines bandes de transmittances liées à ses groupements fonctionnels. Dans les graisses et les huiles, la plupart des pics et des épaules du spectre sont attribuables aux groupements fonctionnels spécifiques. La figure IV.1 présente le spectre IRTF de l'huile d'olive étudiée.

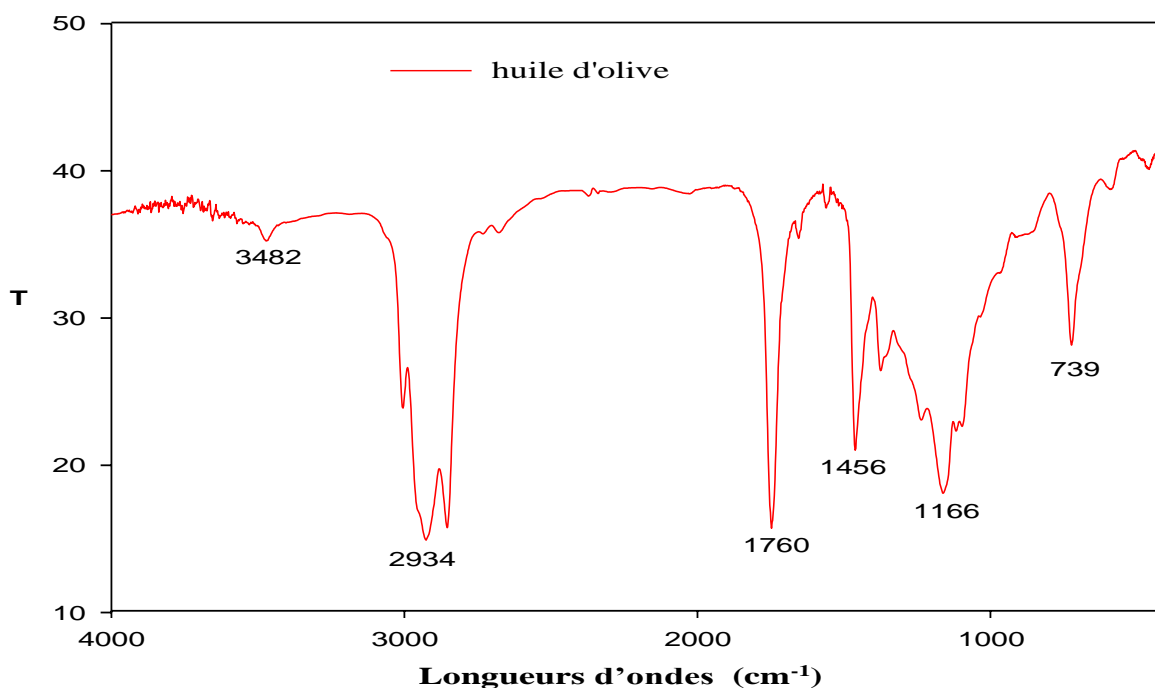


Figure IV.1 : spectres IR-TF d'échantillon étudié

D'après la figure IV.1, le spectre IR-TF de l'huile d'olive révèle la présence de plusieurs bandes d'absorption. Les bandes spécifiques de l'huile d'olive sont présentées dans le tableau IV.5 ci-dessous.

Tableau IV.5: Bandes d'absorption caractéristiques de l'huile d'olive utilisée.

Fréquence (cm ⁻¹)	Attribution de groupe fonctionnel
3482 cm ⁻¹	Élongation de H-C=C insaturé
2934 cm ⁻¹	Vibration d'élongation asymétrique et symétrique de groupe méthylène (-CH ₂)
1760 cm ⁻¹	Ester carbonyle groupe fonctionnel de triglycérides
1456 cm ⁻¹	Vibration de déformation des groupes aliphatique CH ₂ et CH ₃
1166 cm ⁻¹	Déformation de groupe C-O
739 cm ⁻¹	Vibrations de déformation du groupe CH ₂ .

IV.2.5. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité du milieu, il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène libre contenu dans l'huile d'olive. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau IV.6. D'après la valeur du pH 4,6, notre huile est acide, et supérieur aux résultats donnés par Idoui et al [8] qui sont entre 3,92 et 4, 31. Mais il est conforme aux normes fixées par le C.O.I (2015) [9].

Tableau IV.6 : Valeur de potentiel d'hydrogène (pH)

Analyse	Nos résultat	Résultat de Idoui et al [8]	Norme
Potentiel hydrogène (pH)	4,6	3,92 et 4, 31.	3.9 à 5.4

IV.3. Caractérisation physico-chimique des margarines élaborées

IV.3.1. Analyses physiques

IV.3.1.1. Taux de solide par RMN

L'indice SFC se rapporte au pourcentage des matières grasses qui sont solides à des températures différentes. Les résultats obtenus sont présentés dans la Figure IV.2

Le SFC est un facteur essentiel, car il peut influencer sur plusieurs caractéristiques de la margarine (aspect général, propriétés organoleptiques, etc.).

L'information tirée à partir des courbes du taux de solide (SFC) permet de prévoir la compatibilité du corps gras, ainsi que les caractéristiques finales du produit fini. Les taux de

solides à diverses températures fournissent de bonnes indications du comportement général du corps gras, information utilisée avant tout pour la formulation et le développement de nouveaux produits. En fait, à chaque type de margarine (cuisine, à tartiner, crème, feuilletage) correspond un type de courbe de solide déterminé.

On constate d'après l'allure des courbes de la **figure IV.2** une diminution du taux du solide en partant de basses températures (10°C) vers de hautes températures (40°C). Le taux du solide est presque négligeable à 40 °C, ce qui indique que les margarines sont sous forme liquide et fondent facilement dans la bouche [10,11].

Pour les margarines à tartiner, le SFC ne doit pas dépasser 40 % à 5 °C et pas plus de 6 % à 37 °C (selon la norme utilisée par CEVITAL). Les margarines élaborées dans cette étude sont plastiques et faciles à tartiner. Par ailleurs, la comparaison du taux de solide des différentes margarines étudiées montre que la valeur du SFC reste quasiment inchangée. Ce qui suggère qu'il n'y a pas de différence significative entre les margarines élaborées.

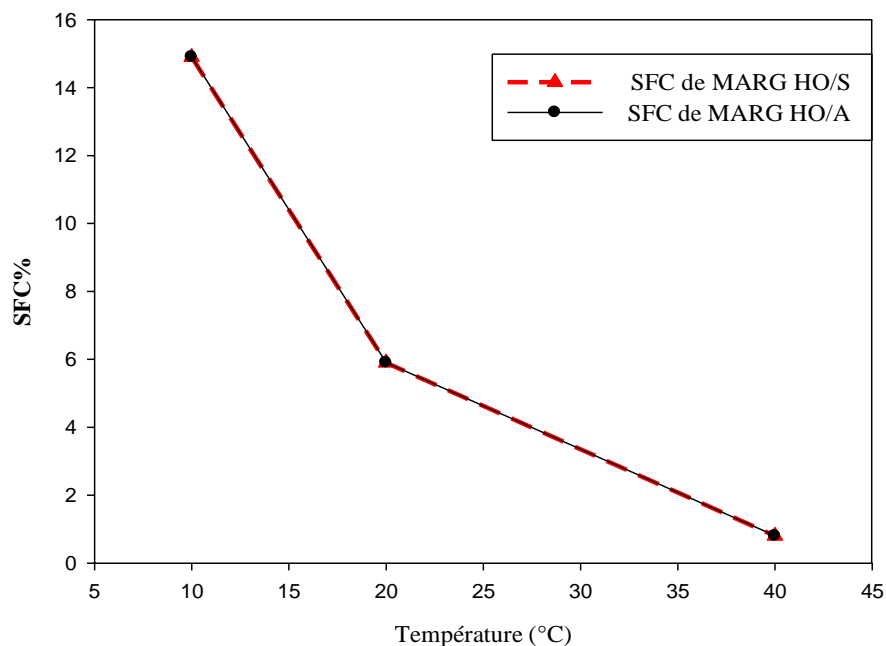


Figure IV.2 : Taux de solide des différentes margarines

IV.3.1.2. Point de fusion

D'après Zhang et al (2005) [12], l'estimation du point de fusion donne une idée sur le comportement rhéologique des produits. Le point de fusion est toutefois fortement dépendant de la composition du corps gras en acides gras et triglycérides

Les résultats de détermination des points de fusion des quatre margarines (MARG 10HO/A ; MARG 20HO/A ; MARG 10HO/S ; MARG 20HO/S) et deux margarines commercial (Fleurial, Feuilletage) sont présentés dans la figure IV.3. D'après les résultats, on constate que le point de fusion des échantillons élaborés est entre 35.9 et 36.7 °C. Les résultats trouvés sont conformes à la norme. Le point de fusion ne doit pas dépasser la valeur de 43°C pour une graisse alimentaire, car elle sera difficile à digérer par l'organisme.

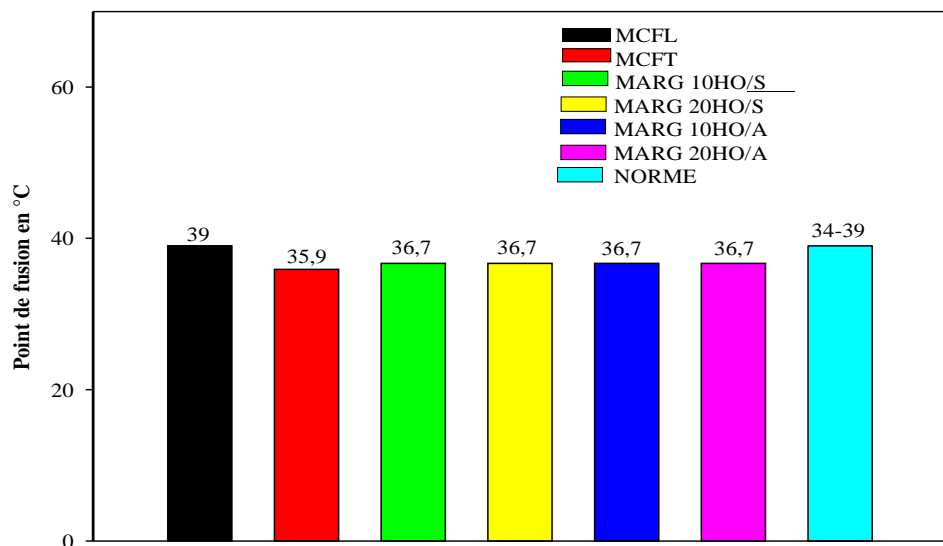


Figure IV.3 : Point de fusion de différentes margarines

IV.3.1.3. Teneur en eau

L'augmentation de la teneur en eau favorise le développement des microorganismes, l'hydrolyse enzymatique et l'oxydation de la margarine. La diminution de la teneur en eau influe sur l'homogénéité de la margarine c'est à dire la bonne dispersion de l'eau dans la phase grasse

Les résultats de détermination du taux d'humidité pour les quatre margarines (MARG 10HO/A ; MARG 20HO/A ; MARG 10HO/S ; MARG 20HO/S) sont présentés dans la figure IV.4. Les valeurs de la teneur en eau (humidité) pour les quatre margarines MARG 10HO/S, MARG 20HO/S, MARG 10HO/A et MARG 20HO/A sont 17.02, 17.37, 17.55 et 17.55, respectivement. Les valeurs obtenues sont compatibles avec les proportions initiales utilisées

durant la formulation des margarines (82% de phase grasse et 18% de phase aqueuse). Les teneurs en eau des quatre margarines élaborées sont inférieures à 18 %, donc les margarines étudiées sont conformes aux normes.

La teneur en eau des quatre margarines élaborées sont proches par rapport à la margarine CEVITAL, cela est due aux conditions de production (la quantité de l'eau, l'air, etc.).

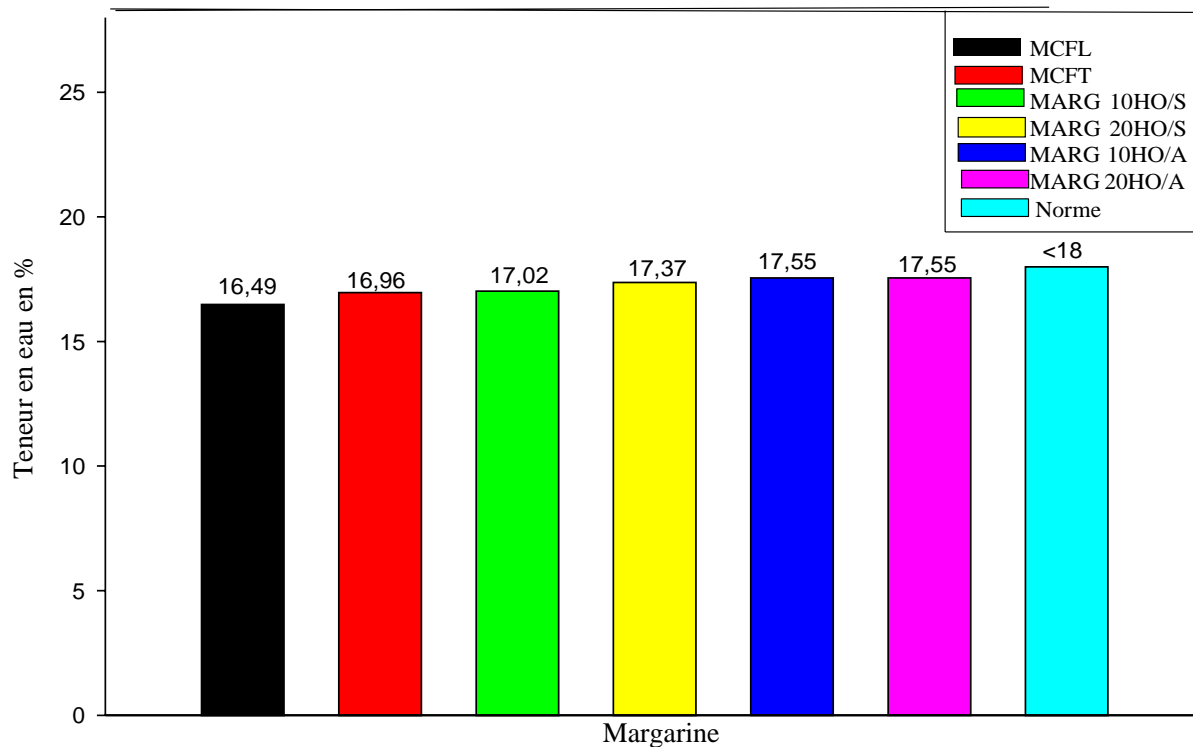


Figure IV.4 : Teneur en eau des différentes margarines

IV.3.2. Analyses chimiques

IV.3.2.1. Acidité

L'acidité (%) est le pourcentage d'acides gras libres exprimés conventionnellement selon la nature du corps gras en acide oléique pour la grande majorité des corps gras, ou palmitique pour l'huile de palme [13].

Les échantillons analysés présentent une acidité supérieure à la valeur préconisée par KARLESKIND et WOLFF, 1992 [13] qui est de 0,2%. Ces valeurs sont comparables à celles trouvés par CHIKHOUNE, 2011, [14] et qui varient entre 0,37 et 0,39 %

D'après Karleskind et Wolff (1992) [13], un corps gras est à l'abri de l'altération par hydrolyse, si son acidité est $\leq 0,1$ % (donc un indice d'acide $\leq 0,2$ %). On voit que la condition n'est pas remplie dans le cas de notre margarine, ceci ne peut être expliqué que par la présence d'une quantité d'acides gras libres importante. Ce qui implique que quand on augmente le pourcentage d'huile d'olive la quantité d'acides gras libres augmente.

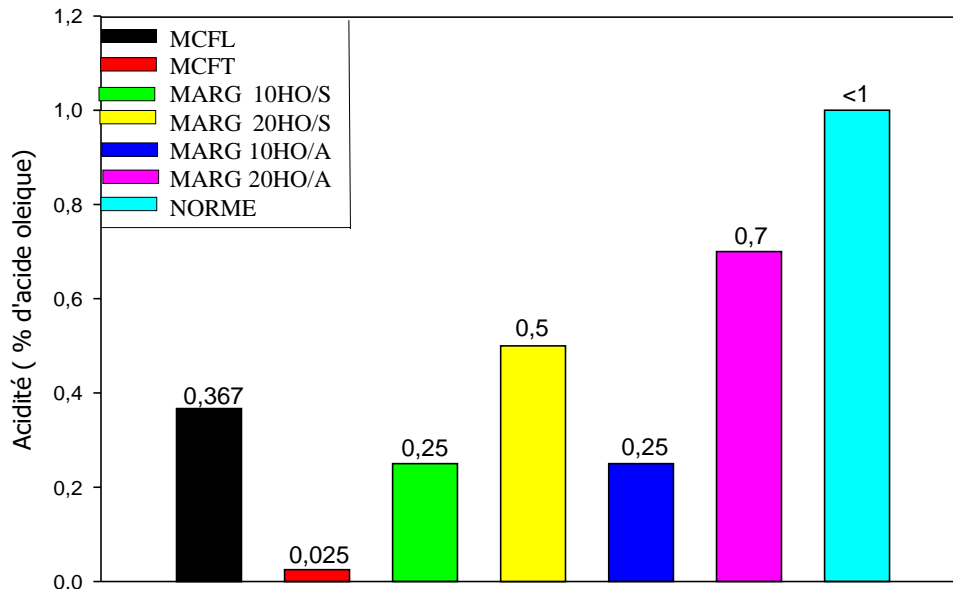


Figure IV.5 : Acidité de différentes margarines élaborées

IV.3.2.2. Teneur en sel

La teneur en sel présente la quantité centésimale des sels présents dans l'échantillon de margarine (ou la phase aqueuse) sous forme de chlorure. L'addition de sel a pour but d'améliorer les caractéristiques organoleptiques, elle inhibe également le développement de certaines bactéries, ce qui prolonge la durée de sa conservation [15].

Le sel est ajouté à la margarine afin de relever le goût, faire ressentir la saveur et améliorer la stabilité et maintenir la conservation, il intervient dans le profil de la flaveur, amélioration de la sapidité et peut être bactériostatique [16].

Les résultats de détermination de la teneur en sel des différentes margarines sont présentés dans la figure IV.6. D'après les résultats obtenus, on ne remarque pas une différence significative pour les quatre margarines élaborées en présence de l'huile d'olive. Les valeurs de la teneur en sel enregistrées pour tous les échantillons varient de 0,05 à 0,074, ces résultats sont conformes à la norme qui exige une teneur inférieure à 1% en sel [16].

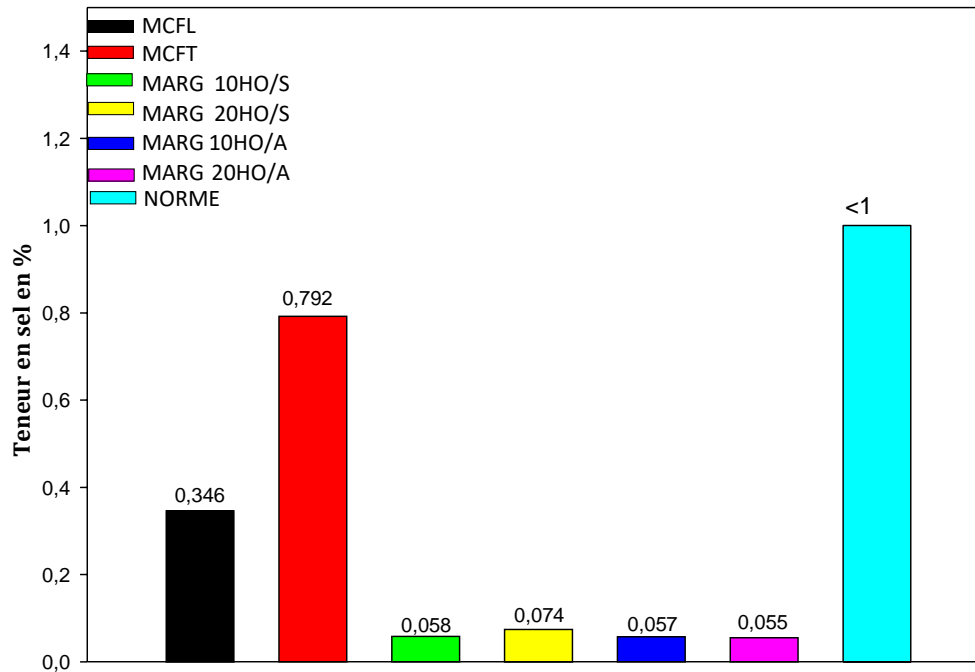


Figure IV.6 : Teneur en sel des différentes margarines étudiées

IV.3.2.4. Potentiel hydrogène (pH)

La valeur du pH des différentes margarines étudiées est présentée dans la Figure IV.7.

Le pH est l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa multiplication. Il est conseillé de contrôler le pH de la phase aqueuse, une valeur basse de ce dernier freine les microorganismes. Néanmoins une faible valeur de pH, conduit à une sensation acide. Un pH entre 4 et 5,5 a pour but de rehausser le goût de la margarine tout en évitant le développement microbien.

On remarque d'après les résultats rapportés en figure IV.7 que le pH de la phase aqueuse des différentes margarines étudiées se situe entre les valeurs minimale et maximale de la norme recommandée, ce qui donne une fraîcheur particulière à la margarine.

On remarque aussi que les valeurs de pH des margarines élaborées sont légèrement supérieures à celles de CEVITAL. Ce résultat est dû à la stabilité des émulsions des différentes margarines élaborées.

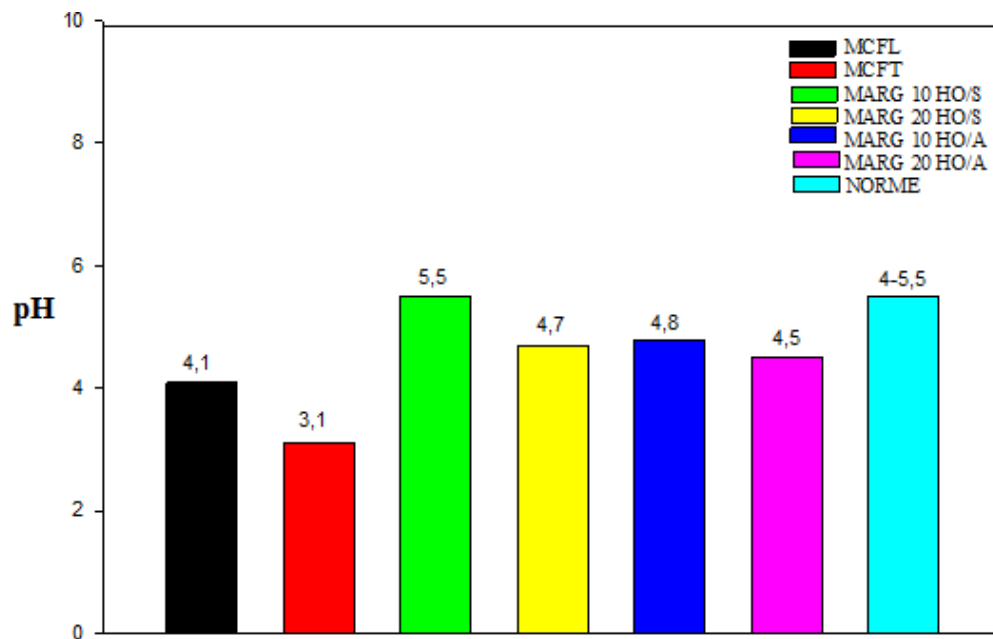


Figure IV.7 : Potentiel hydrogène (pH) des différentes margarines élaborées

IV.3.2.3. Indice peroxyde

L'effet de la composition de la margarine sur la formation des produits d'oxydation en fonction du temps de stockage est illustré dans la figure IV.8.

D'après la figure IV.8, on remarque une augmentation de l'indice de peroxyde des quatre margarines élaborées en fonction du temps de stockage. Les changements de la valeur de peroxyde pendant la période de stockage, peuvent être dus au voisinage de la double liaison qui est attachée par l'oxygène et à la variation dans la proportion de liaisons insaturées de triglycérides qui sont plus sujettes à l'auto oxydation [13].

De plus, on observe aussi que les valeurs de peroxyde de la margarine à 20% de l'huile d'olive étaient supérieures aux valeurs IP de la margarine qui contient 10 % de l'huile d'olive. Selon les variations de l'indice de peroxyde des margarines élaborées dans cette étude pendant un mois de stockage à 4°C, on remarque que l'indice de peroxyde montre des valeurs significativement élevées dans le cas des margarines sans l'extrait des feuilles de Laurier par rapport aux margarines qui contiennent l'HE. La margarine MARG10HO/A présente la meilleure résistance à l'oxydation par rapport aux trois autres margarines. L'ajout d'une petite quantité de l'HE des feuilles de Laurier contribue à ralentir le phénomène d'oxydation.

Par ailleurs, pour un mois de stockage à 4°C, les margarines étudiées, présentent des valeurs de peroxyde nettement inférieures à la norme (5 meq d'O₂/Kg d'échantillon).

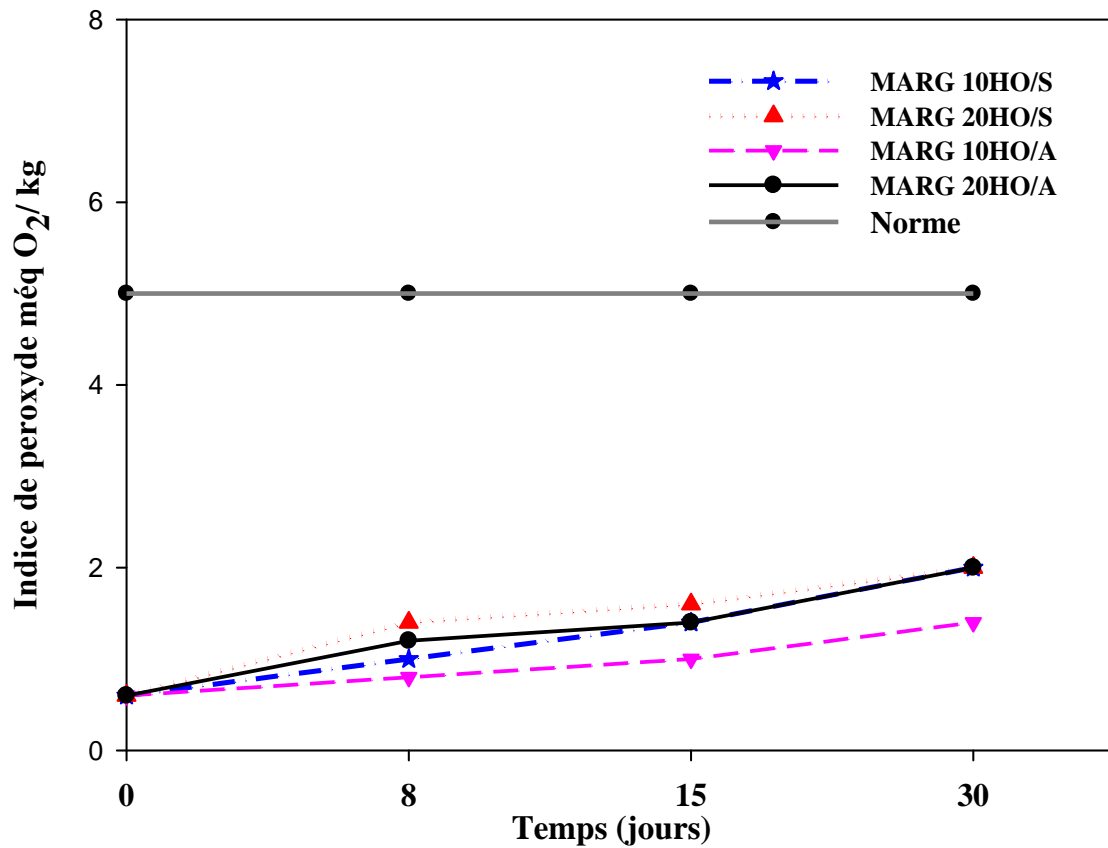


Figure IV.8 : Variation de l'indice de peroxyde (meq O₂/ kg) de la margarine pendant le temps de stockage à 4°C.

IV.4. Application

Après formulation et caractérisation des différentes margarines. Nous avons ensuite testé les margarines élaborées en préparant des gâteaux algériens (sablés).

- Gâteaux codés **M1** : à base de la margarine enrichie avec l'huile d'olive extra vierge sans extrait.
- Gâteaux codés **M2** : à base de la margarine enrichie avec l'huile d'olive extra vierge avec extrait (l'HE de laurier noble).



Figure IV.9 : Gâteaux sablés avant la cuisson.



Figure IV.10 : Gâteaux sablés après la cuisson.

L'évaluation de la qualité des produits est faite par plusieurs consommateurs. Les caractéristiques organoleptiques des deux recettes de gâteaux sont regroupées dans le tableau IV.7.

Tableau IV.7 : Evaluation sensorielle des gâteaux sablés élaborés

/	M1	M2
Couleur	Doré	Doré
Odeur	Aucun	Moyenne
Arôme	Faible	Moyenne
Gout	Très fort	Fort
Arrière-gout	Absent	Absent
Texture en bouche	Croustillant	Un peu mouiller
Consistance	Mole	Très mole
Arome attribué	Huile d'olive	Laurier noble
Notation	Très bon	Excellent

Références bibliographiques

- [1]. V. Demir, T. Gunhan, A.K. Yagcioglu, A. Degirmencioglu. (2004). «Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of air-dried Bay Leaves», *Biosystems Engineering*, 88, 3, 325-335.
- [2]. C. Fiorini, I. Fourasté, B. David and J. M. Bessière. (1997). « Composition of the Leaf and Stem Essential Oil from *Laurus Nobilis* L », *Flavour and Fragrance*, 12, 91-93
- [3]. 1Tanouti K., 1Elamrani A, 1 Serghini-Caid H., 1 khalid A., 2Bahetta Y, 3Benali A., 3Harkous M. et 3Khiar M.2010. Caractérisation d'huile d'olive produites dans des coopérative pilotes (Lakrarma et Kenine) au niveau du Maroc oriental. Volume 5, N°18
- [4]. C.O.I. (2003). Classification des huiles d'olive. Normes internationales applicables à l'huile d'olive et à l'huile de grignon d'olive. Conseil Oléicole International.
- [5]. El Antari A., Hilal A., Boulouha. And El Moudni A. (2000). Etude de l'influence de la variété, de l'environnement et des techniques culturales sur les caractéristiques des fruits et la composition chimiques de l'huile d'olive vierge extra au Maroc. *Olivae*, 80 : 29-36.
- [6]. Haddada FM, Krichène D, Manai H, Oueslati I, Daoud D et Zarrouk M. (2008). Analytical evaluation of six monovarietal virgin olive oils from Northern Tunisia. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 110, 905-913.
- [7]. Meftah H., Latrache H., Hamadi F., Hanine H., Zahir H. et El louali M. (2014). Comparaison of the physico-chemical characteristics of the olive oil coming from different zones in TadlaAzilal area (Morocco). *Journal Mater. Environment Science*, 5, 641-646.
- [8]. Idoui T. (2013). Physical and chemical characteristics of a local Jijel's olive oils. « *Nature & Technology* » Journal. *B-Agronomic & Biological Sciences* 8 :13-16
- [9]. C.O.I. (2015). Analyse sensorielle de l'huile d'olive. Méthode d'évaluation organoleptique de l'huile d'olive vierge. C.O.I/t.20/doc. n°15/rév.
- [10]. De Greyt WO et Huyghebaert A. (1993). Food and nonfood applications of milk fat. *Lipid Technol.* 5, 138-140.
- [11]. Idris NA, Dian M et Hab NL. (2005). Interesterified palm products as alternatives to hydrogenation. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*. 14, 387-395.
- [12]. Zhang, Q., Worsnop, D. R., Canagaratna, M. R., and Jimenez, J. L. Hydrocarbon-like and oxygenated organic aerosols in Pittsburgh : insights into sources and processes of organic aerosols, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 3289–3311, <https://doi.org/10.5194/acp-5-3289-2005>, 2005.

[13]. Karleskind A et Wolff J.P. (1992). Manuel des corps gras. Ed : Tech et Doc.pp : 1579.

[14]. Chikhoun A. (2011). Texture d'une margarine nouvellement formulée et effet des huiles incorporées (Hydrogénées et Inter estérifiées). P135.

[15]. Louiza HIMED ép. MERNIZ. (2018). Évaluation des activités biologiques des huiles essentielles du citron (Citrus limon) : encapsulation et application comme agent conservateur à la margarine allégée. pp 77,78

[16]. Frasc-Melnik, S, Norton IT et Spyropoulos F. (2010). Fat-crystal stabilised w/o emulsions for controlled salt release. Journal of food engineering. 98, 437-442.

Conclusion

Conclusion

L'huile d'olive fait partie de la culture méditerranéenne, tant d'un point de vue historique que d'un point de vue alimentaire. Ses propriétés organoleptiques sont en effet reconnues par les grands chefs cuisiniers mais si elle se retrouve dans les cuisines depuis la civilisation grecque, c'est bien pour ses propriétés nutritionnelles et pour ses effets bénéfiques sur la santé humaine.

L'enrichissement des produits alimentaires avec l'huile d'olive permet tout d'abord d'élargir la gamme de produits disponibles sur le marché, mais elle est surtout intéressante pour le secteur oléicole car il aboutit à la création de produits à forte valeur ajoutée.

L'objectif de notre travail était la formulation des margarines enrichies à 10% et 20% d'huile d'olive en présence d'un antioxydant naturelle extrait de laurier noble, dans le but d'améliorer sa stabilité oxydative.

Les résultats des différentes analyses physico-chimiques effectuées dans cette étude ont révélé que :

La valeur de rendement d'extraction en huile essentielle (HE) des feuilles de Laurier noble obtenue par hydrodistillation est de 0.67 %. Le rendement d'extraction que nous avons obtenu dans cette étude est similaire avec les résultats rapportés dans la littérature.

Les tests de classification de l'huile d'olive (acidité, indice de peroxyde, densité) ont révélé que l'huile d'olive utilisée dans cette étude est classée dans la catégorie « extra vierge ».

Les indices de caractérisation des margarines élaborées (acidité, indice de peroxyde, taux de solide, point de fusion, teneur en eau, teneur en sel) s'avèrent conformes aux normes.

Les valeurs de l'indice de peroxyde de la margarine à 20% de l'huile d'olive étaient supérieures aux valeurs IP de la margarine qui contient 10 % de l'huile d'olive.

L'indice de peroxyde a montré des valeurs élevées dans le cas des margarines sans l'extrait des feuilles de Laurier noble par rapport aux margarines qui contient l'HE.

Les margarines enrichies avec d'huile d'olive et extrait de laurier noble ont montré une résistance très élevée à l'oxydation.

Perspectives

Plusieurs autres aspects méritent d'être approfondis :

- Il apparaît indispensable de compléter l'étude avec d'autres techniques de caractérisation (analyses microbiologiques, etc.).
- Elaborer des margarines avec différents taux d'huile et extrait de plante.
- Utiliser d'autres variétés d'huile d'olive cultivées dans notre pays.