

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département de Biologie

Laboratoire de recherche LASNABIO



MEMOIRE

Présenté par

M^{elle}. CHIKH Chahrazed

M^{elle}. MANSOURI Khadidja

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En : Sciences alimentaires

Option : Agroalimentaire et contrôle de la qualité

Thème

**Effet de l'addition des huiles d'*Ammoides verticillata* (Nounkha) et
Thymus ciliatus (Zaitra) sur la stabilité de l'huile de tournesol
après friture et chauffage à la température de 180°C.**

Soutenu le 13/07/2019, devant le jury composé de :

Président	BARKA M.S.	MCA	Université ABB Tlemcen
Encadreur	TEFIANI C.	MCA	Université ABB Tlemcen
Examineur	BENYOUB N.	MAA	Université ABB Tlemcen

Année universitaire 2018/2019

Dédicaces

Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chères :

À Mes très chers parents pour leurs conseils, leurs sacrifices et surtout pour leurs soutiens tout au long de ma vie et auxquels je ne rendrai jamais assez et que le Bon Dieu me les gardes.

À mes chers professeurs

À ma très chère grande mère, que dieu te donne une longue vie.

À ma sœur et mes deux frères

À mes oncles et tantes sans exception.

À mes cousins et cousines.

À tout la famille CHIKH.

À ma binôme Khadidja et toute sa famille.

À tous mes amis de la promotion et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Chahrazed

Dédicaces

Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chères :

À Mes très chers parents pour leurs conseils, leurs sacrifices et surtout pour leurs soutiens tout au long de ma vie et auxquels je ne rendrai jamais assez et que le Bon Dieu me les gardes.

À mes chers professeurs

À mes deux très chères grandes mères, que dieu vous donne une longue vie.

À mes sœurs Soumia, Chaima, Fatima zohra et Nour el houda

À mes oncles et tantes sans exception.

À mes cousins et cousines sans exception.

À tout la famille MANSOURI.

À ma très chère binôme Chahrazed et toute sa famille.

À Chouayb, Nihel, Imen, à tous mes amis de la promotion et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Khadija

Remerciements

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

Nous voudrions remercier chaleureusement et avec gratitude nos Encadreurs Mr. TEFIANI Choukri, maitre de conférences A pour ses précieux conseils, ses apports importants et ses encouragements.

Nous remercions le président de jury Pr. BARKA M.S ainsi que l'examineur Mr. BENYOUBE N. maitre de conférence A d'avoir acceptée de lire et examiner ce modeste travail et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme de ce projet.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à tous les enseignants de département Science des aliments qui ont contribué à notre formation.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

الزيوت الأساسية هي مواد طبيعية من النباتات الطبية والعطرية ، بعضها يضاف إلى الطعام لإعطاء النكهة أو استخدامه كمواد حافظة في المنتجات الغذائية القابلة للتلف للحد من التسمم الغذائي وكذلك أكسدة المواد الدهنية. لهذا السبب أضفنا 0.2 % من الزيوت الأساسية من النوخة والزعيرة إلى زيت عباد الشمس لاختبار ثباته لمدة 5 أيام من القلي والتدفئة و بدون تسخين عند درجة حرارة 180 درجة مئوية لمدة عشرين دقيقة. بعد كل علاج من 5 أيام من التجربة قمنا بقياس المؤشرات المختلفة وهي الحمض، البيروكسيد ، التصبن ، اليود والإستر. أعطت نتائج استخراج اثنين من النباتات غلة جيدة. بالنسبة للقيم الكيميائية فقد أظهر اختلافًا متغيرًا في المؤشرات بين عينات الزيوت الممزوجة التي تتم معالجتها بواسطة القلي والتدفئة وبدون التسخين في كل يوم من أيام التجربة. مع ذلك، هناك فرق بين *Thymus ciliatus* وحتى الزيت المضاف إلى *Ammoides verticillata* بين زيت عباد الشمس المضاف إلى توافق القيم الكيميائية المتمثلة في مؤشر الحمض، البيروكسيد واليود مع المعيار الدولي الذي يمثله الدستور الغذائي. عكس مؤشر التصبن وإستر اللذان لا يتطابقان مع هذا المعيار.

الكلمات المفتاحية: الزيوت الأساسية-زيت عباد الشمس-القلي-التسخين-المؤشرات الكيميائية.

Résumé

Les huiles essentielles sont des substances naturelles issues des plantes médicinales et aromatiques, certaines d'entre eux sont additionnées dans les aliments pour donner la saveur ou bien utilisées sous forme de conservateur dans les produits alimentaires périssables afin de réduire les intoxications alimentaires ainsi que l'oxydation des corps gras. A cette raison nous avons additionné 0,2% d'huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* (A.V) et de *Thymus ciliatus* (T.C) à l'huile de tournesol afin de tester sa stabilité pendant 5 jours de traitements par friture, chauffage et sans chauffage à une température de 180°C pendant vingt minutes. Après chaque traitement des 5 jours de l'expérimentation nous avons mesuré les différents indices à savoir, d'acide, de peroxyde, de saponification, d'iode et d'ester. Les résultats d'extraction de deux plantes ont donné un bon rendement. Pour les valeurs chimiques ont montré une différence variable des indices entre les échantillons des mélanges d'huiles traités par friture, chauffage et non chauffée à chaque jour de l'expérimentation. Cependant, il existe une différence entre l'huile de tournesol additionnée à l'*Ammoides verticillata* et même huile additionnée à *Thymus ciliatus*. Les valeurs chimiques qui correspondent à l'indice d'acide, peroxyde et d'iode sont conformes à la norme internationale, par contre L'indice de saponification et d'ester sont non conformes à cette norme.

Mots-clés : huiles essentielles -huile de tournesol -friture -chauffage -Indices chimiques.

Abstract

Essential oils are natural substances from medicinal and aromatic plants, some of them are added in food to give flavor or used as a preservative in perishable food products to reduce food poisoning as well as oxidation of fatty substances. For this reason we added 0.2% of essential oils of *Ammoides verticillata* (AV) and *Thymus ciliatus* (TC) to sunflower oil to test its stability for 5 days of frying, heating and heating at a temperature of 180 ° C for twenty minutes. After each treatment of the 5 days of the experiment we measured the different indices namely, acid, peroxide, saponification, iodine and ester. The extraction results of two plants gave a good yield. For the chemical values showed a variable difference in the indices between the samples of oil mixtures processed by frying, heating and unheated at each day of the experiment. However, there is a difference between sunflower oil added to *Ammoides verticillata* and the same oil added to *Thymus ciliatus*. The chemical values that correspond to the acid, peroxide and iodine index are in accordance with the international standard, whereas the saponification and ester number do not comply with this standard.

Key words: -essential oils-sunflower oil -fuel -heating -Chemical indices.

ABREVIATIONS

PAM	Plantes Aromatiques et Médicinales.
A.V	<i>Ammoides verticillata.</i>
T.C	<i>Thymus cilliatus.</i>
AG	Acides Gras.
MG	Monoacylglycérols.
DG	Diacylglycérols.
TG	Triacylglycérols.
PL	Phospholipides.
AGS	Acides Gras Saturés.
AGMI	Acides Gras Mono Insaturés.
AGPI	Acides Gras Polyinsaturés.
ANC	Apports Nutritionnels Conseillés.
PC	Phosphatidylcholine.
PS	Phosphatidylsérine.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
HE	Huile Essentielle.
AFNOR	Association Française de Normalisation.

Liste des tableaux

Tableau 1	: Catégories de lipides et exemples typiques.....	7
Tableau 2	: Apports Nutritionnels conseillés en vitamine E.....	12
Tableau 3	: les principales graines et fruits oléagineux.....	16
Tableau 4	: Température critique de quelques corps gras.....	22
Tableau 5	: Récolte, séchage et conservation des plantes.....	28
Tableau 6	: Estimation de la production d'huile essentielle de quelques pays en milliers dollars.....	31
Tableau 7	: Nomenclature des terpènes.....	36
Tableau 8	: Classification botanique de <i>Ammoides (ou Ptychotis) verticillata</i>	43
Tableau 9	: Utilisation d' <i>Ammoides pussila (verticillata)</i> par la population de Tlemcen.	44
Tableau 10	: Classification botanique de <i>Thymus ciliatus</i>	46
Tableau 11	: Rendements en huiles essentielles des deux espèces étudiées.....	66

Listes des figures

Figure 1 :	Exemple d'une molécule de graisse.....	5
Figure 2 :	Composition panoramique des corps gras et importance relative des principales classes de composés.....	8
Figure 3 :	Structure d'un triacylglycérol.....	9
Figure 4 :	Schéma d'un acide gras ayant une chaîne de 18 atomes de carbone.....	9
Figure 5 :	Classement de quelques huiles végétales par catégorie d'acide gras.....	10
Figure 6 :	Structure chimique du tocophérol.....	11
Figure 7 :	Structure chimique de glycérophospholipides.....	13
Figure 8 :	Classement des huiles végétales en fonction de leur composition en acides gras (% saturés AGS, mono-insaturés AGMI et polyinsaturés AGPI).....	15
Figure 9 :	Raffinage par voie chimique : étapes et composés éliminés.....	18
Figure 10 :	Structure chimique des composés sélectionnés (les terpènes) des huiles essentielles.....	35
Figure 11 :	Structure chimique des composés sélectionnés (les terpènes) des huiles essentielles.....	36
Figure 12 :	Schémas des étapes de l'hydro-distillation.....	41
Figure 13 :	Principe schématisé de l'appareillage d'extraction par entraînement à vapeur.....	41
Figure 14 :	<i>Ammoides verticillata</i>	43
Figure 15 :	Thym (<i>Thymus ciliatus</i>).....	45
Figure 16 :	La situation géographique de deux régions de collecte.....	47
Figure 17 :	Composition de l'appareil d'hydrodistillation.....	48
Figure 18 :	L'appareil d'hydrodistillation (laboratoire LASNABIO).....	49
Figure 19 :	L'alambic d'hydrodistillation (laboratoire de parc national de Tlemcen).....	49
Figure 20 :	Le rendement d'extraction des deux plantes.....	50
Figure 21 :	Pilulier contenant les deux huiles essentielles d'A.V et T.C.....	51
Figure 22 :	Flacons de 1L pour remplir l'huile de tournesol après friture.....	53
Figure 23 :	Préparation de la concentration de 0,2% d'huile essentiel dans un litre d'huile de tournesol destiné à la friture.....	54
Figure 24 :	Tubes à essai rempli par le mélange d'huile de tournesol et huile essentiel (A.V et T.C) pour un chauffage de 180°C.....	55
Figure 25 :	Tubes à essai rempli par huile de tournesol et mélange d'huile et huile essentiel sans chauffage laissé dans un endroit sec.....	55
Figure 26 :	L'opération de friture dans un bain d'huile avec ½ Kg de pomme de terre à une température de 180°C.....	56
Figure 27 :	Huile de friture et mélange d'huile de friture et HE prête à analyser les différents indices.....	57
Figure 28 :	Les tubes à essai rempli d'huile et mélange d'huile et HE avant et après chauffage.....	57
Figure 29 :	Les tubes avec et sans chauffage prête pour analyser.....	58
Figure 30 :	Pesé de 1 g de corps gras et l'addition de l'éthanol à 96%.....	59
Figure 31 :	L'ajoute de KOH.....	59
Figure 32 :	Pesé de 2 g de corps gras puis l'ajout de 10 ml de chloroforme, 15 ml d'acide acétique, puis 1 ml de solution de Ki.....	60
Figure 33 :	Le titrage d'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium après l'ajout de l'amidon comme indicateur.....	61
Figure 34 :	Pesé de 1 g de corps gras puis l'ajout de 25ml de KOH.....	62
Figure 35 :	Fioles en chauffe + l'addition des gouttes de phénolphtaléine + le dosage par l'HCL.....	62
Figure 36 :	L'échantillon après l'addition du cyclohexane et du réactif de WIJS.....	63
Figure 37 :	Le titrage après l'ajout de Ki l'eau distillé.....	64
Figure 38 :	rendement en huiles essentielles d' <i>Ammoides verticillata</i> et de <i>Thymus ciliatus</i>	67
Figure 39 :	Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 1 ^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	70

Figure 40 :	Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 2 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	70
Figure 41 :	Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 3 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	71
Figure 42 :	Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 4 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	71
Figure 43 :	Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 5 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	72
Figure 44 :	Indice d'acide de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par friture.....	73
Figure 45 :	Indice d'acide de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par chauffage.....	74
Figure 46 :	Indice d'acide de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de conservation sans chauffage.....	74
Figure 47 :	Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 1 ^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	76
Figure 48 :	Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 2 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	77
Figure 50 :	Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 3 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	77
Figure 51 :	Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 4 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	78
Figure 52 :	Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 5 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	78
Figure 53 :	Indice de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par friture.....	80
Figure 54 :	indice de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par chauffage.....	80
Figure 55 :	indice de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de conservation sans chauffage.....	81
Figure 56 :	Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 1 ^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	83
Figure 57 :	Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 2 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	84
Figure 58 :	Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 3 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	84
Figure 59 :	Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 4 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	85

Figure 60 :	Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 5 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	85
Figure 61 :	Indice de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par friture.....	86
Figure 62 :	Indice de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par chauffage.....	87
Figure 63 :	Indice de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de conservation sans chauffage.....	87
Figure 64 :	Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 1 ^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	88
Figure 65 :	Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 2 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	89
Figure 66 :	Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 3 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	89
Figure 67 :	Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 4 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	90
Figure 68 :	Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 5 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	90
Figure 69 :	Indice d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par friture.....	91
Figure 70 :	Indice d'iode d'huile de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par chauffage.....	91
Figure 71 :	Indice d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de conservation sans chauffage.....	92
Figure 72 :	Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 1 ^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	93
Figure 73 :	Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 2 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	93
Figure 74 :	Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 3 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	94
Figure 75 :	Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 4 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	94
Figure 76 :	Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> au 5 ^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.....	95
Figure 77 :	indice d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par friture.....	96
Figure 78 :	indice d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle <i>d'Ammoides verticillata</i> et <i>Thymus ciliatus</i> pendant 5 jours de traitement par chauffage.....	96

Table des matières

Dédicace	I
Remerciements.....	III
Résumé.....	IV
Abstract.....	IV
Liste des abréviations.....	V
Liste des tableaux	VI
Liste des figures.....	VII
Table des matières.....	X

Partie bibliographique

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

Chapitre I : Généralités sur les corps gras (lipides et huiles)

I.1. Les lipides.....	3
I.1.1. Historique.....	3
I.1.2. Définition	3
I.1.3. Origines des corps gras et classification des lipides.....	4
<u>Lipides simples</u>	4
<u>Lipides complexes</u>	5
I.1.4. Propriétés des corps gras.....	5
• Propriétés chimiques.....	6
• Propriétés biologiques.....	6
I.1.5. Composition des corps gras.....	7
I.1.5.1. Les acylglycérols.....	8
I.1.5.2. Les acides gras.....	9
I.1.5.3. Les constituants mineurs.....	10
• Tocophérol.....	10
• Les phosphoglycérides (phospholipides).....	12
I.2. Les huiles végétales	
I. 2.1. Introduction.....	14
I. 2.2. Définition de quelques huiles alimentaires de consommation humaine.....	14
I. 2.3. Les huiles alimentaires	14
I.2.4. Procédés d'obtention des huiles alimentaires.....	16
I. 3. La friture	
I. 3.1. Généralité.....	19
I.3.2. Définition et opération de friture.....	19
I.3.3. Type d'huiles utilisées en friture.....	20
I.3.4. Vieillessement de l'huile.....	21
I. 3.5. La stabilité d'huile de friture et la température critique d'un corps gras	21
I. 3.6. Les réactions de dégradation des huiles	22

Chapitre II : Les plantes médicinales et huiles essentielles

II.1. Les plantes médicinales	
II.1.1. Généralité sur les plantes médicinales.....	24
II.1.2. L'aromathérapie.....	25
II.1.3. Les métabolites secondaires des plantes	25
II.1.4. Mode d'utilisation des plantes médicinales.....	26
II.1.5. Récolte et conservation des plantes.....	27
II.2. Les huiles essentielles	
II.2.1. Introduction	29

II.2.2. Définition des huiles essentielles.....	29
II.2.3. Répartition et localisation des huiles essentielles.....	31
II.2.4. Caractères physico-chimiques des huiles essentielles.....	32
II.2.5. Propriétés et activités biologiques des huiles essentielles.....	33
II.2. 5.1. Effet Antibactérien des huiles essentielles.....	33
II.2.5. 2. Effet Antivirale.....	33
II.2.5. 3. Antifongique.....	33
II.2.5. 4. Antiparasitaire.....	33
II.2.5.5. Antiseptique.....	33
II.2.5.6. Antioxydant.....	34
II.2.6. Composition chimique.....	34
II.2.6.1. Les composés terpéniques.....	34
II.2.6.2. Les composés aromatiques.....	36
II.2.6.3. Composés d'origines diverses.....	37
II.2.7. Stockage et conservation.....	37
II.2.8. Facteurs de variabilité des huiles essentielles.....	37
- Origine botanique.....	37
- Cycle végétatif.....	37
- Nature du sol.....	38
- Influence du procédé d'obtention.....	38
-Lumière et température.....	38
-Facteurs génétiques.....	38
II.2.9. Toxicité des huiles essentielles.....	38
II.2.10. Contrôle de qualité des huiles essentielles.....	39
II.3. Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	39
II.3.1. Choix de la méthode d'extraction.....	39
II.3.2. La distillation.....	39
-L'hydro-distillation.....	40
-L'entraînement à la vapeur d'eau.....	41
- Extraction par les solvants.....	42
II.3. 4. Plantes étudiées.....	42
<i>Ammoïdes verticillata</i>	
A. Description botanique d' <i>Ammoïdes verticillata</i>	42
B. Classification botanique de la plante.....	43
C. Propriétés thérapeutiques de cette plante.....	44
<i>Thymus ciliatus ssp. eu-ciliatus</i>	
A. Description botanique du <i>Thymus ciliatus ssp. eu-ciliatus</i>	45
B. Classification botanique de <i>Thymus ciliatus</i>	45
C. Propriétés thérapeutiques de cette plante.....	46
Deuxième partie : Partie expérimentale	
III. Matériel et méthode	
III. 1. Matières premières (végétal) et extraction des huiles essentielles.....	47
a/ Matériel végétal.....	47
b/ Extraction des huiles essentielles.....	48
c/ Détermination des rendements en huiles essentielles.....	50
III. 2. Huiles essentielles utilisées.....	
III. 3. Choix de l'huile organique.....	51
III. 4. Matériel utilisée.....	52
III. 5. Mode opératoire.....	52

III. 5. 1. Préparation de concentration.....	53
A/ Préparation des différentes concentrations pour friture	53
B/Préparation des différentes concentrations entre huiles essentielles et huiles organiques destinées pour le chauffage et non chauffage.....	54
III. 5.2. Friture.....	56
III.5. 3. Chauffage des mélanges d'huiles	57
III. 6. Les caractères chimiques	58
A. Indice d'acide (I.A)	58
B. Indice peroxyde (IP).....	60
C. Indice de saponification (IS).....	61
D. Indice d'iode (Ii).....	63
E. Indice d'ester (IE).....	65

Troisième partie : Résultats et discussions

III. Résultats et discussion	
III.1. Rendement en huile essentielle.....	66
III.2. Evaluation des caractères chimiques des huiles étudiées.....	69
III.2.1. Indice d'acide.....	69
III.2.2. Indice de peroxyde.....	75
III.2.3. Indices de saponification.....	82
III.2.4. Indice de d'iode.....	87
III.2.5. Indice d'ester.....	92
Conclusion et perspectives.....	97
Références bibliographiques.....	99

Partie bibliographique

Introduction

Introduction

Depuis la nuit des temps, l'homme a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement afin d'examiner et soigner toutes les catégories de maladies. Ces plantes sont appelée « médicinales ou aromatiques » (**SADOU et HAMIDI, 2012**).

L'étude des huiles essentielles est toujours d'une brûlante actualité malgré son antiquité et les développements exponentiels des biotechnologies végétales. L'utilisation des plantes aromatique par l'homme est une vieille pratique (**MAJINDA et al., 2001**). Avec les progrès de la science, de nouveaux principes actifs et de nouvelles propriétés pharmacologiques ont permis de faire des plantes aromatiques et médicinales (PAM) d'authentiques médicaments (**BRUNETON, 1999**). De nos jours la majorité des habitants du globe terrestre utilise de très nombreuses plantes, tenant compte de leurs propriétés aromatiques comme l'assaisonnement ou comme remède en médecine traditionnelle (**MOHEMMEDI, 2006**).

En raison de sa situation géographique, l'Algérie a plusieurs facteurs de production et de changements climatiques majeurs auxquels s'ajoutent les ressources en eau, qui sont tous propices au développement de cultures intensives de PAM (**BOUKHATEM, 2010**).

La plupart des plantes, alimentaires ou médicinales, contiennent des constituants antioxydants. L'apport régulier en phytonutriments possédant des capacités anti-oxydantes significatives est associé à une faible prévalence de maladies liées au stress oxydatif (cancers, maladies cardiovasculaires et athérosclérose) (**Bravo, 1998**). Et à un taux de mortalité réduit (**Anderson et al, 2001**).

La plupart des plantes sont capables de produire des substances naturelles de différents types. En effet, à côté des métabolites primaires, elles accumulent des métabolites dits secondaires parmi lesquels, les huiles essentielles, très utilisées par l'homme surtout dans différents domaines tel que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (**HADDOUCHI et BENMANSOUR., 2008**).

Il existe aujourd'hui approximativement trois milles huiles essentielle, dont environ trois cents sont réellement commercialisées, destinées principalement à l'industrie des arômes et des parfums. Mais la tendance actuelle des consommateurs à rechercher une alimentation plus naturelle a entraîné un regain d'intérêt des scientifiques pour ces substances (**COX et al., 2001**).

Dans le présent travail, notre intérêt s'est porté vers l'étude de « *Ammoides verticillata* » et « *Thymus ciliatus* » qui sont des plantes médicinales et aromatiques très utilisées en médecine traditionnelle et comme condiments alimentaires par la population locale. Nous avons choisi d'étudier l'effet de l'ajout des huiles d'*Ammoides verticillata* (Nounkha) et *Thymus ciliatus* (Zaitra) à l'huile de soja pour voir son comportement après un chauffage et les différents traitements thermiques.

Nous avons commencé par une synthèse bibliographique divisée en deux chapitres. Dans le premier, nous rapportons des généralités sur les corps gras et les huiles végétales ainsi que la dégradation et d'altérations des huiles. Nous traitons également les huiles essentielles et leurs méthodes d'extraction. Le deuxième chapitre est dédié aux généralités sur les plantes médicinales et les huiles essentielles. Nous évoquerons principalement les deux espèces étudiées *Thymus ciliatus* et *Ammoides verticillata* ainsi.

Dans la deuxième partie nous décrivons les modes opératoires réalisés pour la détermination des caractéristiques chimiques des huiles (Indice d'acide, indice d'ester, indice de saponification, indice de peroxyde, indice d'iode) additionné aux huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Ammoides verticillata* à la concentration de 0,2%, ces mélanges d'huiles ont subi des traitements thermiques simples et des fritures afin de voir leurs effets sur la qualité chimique de ces mélanges.

Dans la troisième partie nous discuterons les résultats trouvés en apportant les analyses associées. Le travail se termine avec des conclusions et des perspectives.

CHAPITRE I. Généralité sur les corps gras (lipides et huiles)

I.1. Lipides

I.1.1. Historique

Au début du XVIII^e siècle, le concept de matière grasse était limité au concept d'huile d'olive, du moins dans le monde occidental. Vers la fin de cette période, le concept s'est étendu à la distinction entre huiles, graisse et cire. Seul le travail du grand chimiste français Michelle Eugene Schifriol, fondateur de la science des lipides en 1823, indique la classification de la "graisse" en six groupes déterminés par leurs propriétés physiques (distillation) et chimiques (sapon), mais également en fonction de la nature des constituants de ces substances. Et au niveau mondial, cette première classification reste le modèle accepté aujourd'hui (**LERAY, 2013**)

Rappelons que **Chevreul** a d'abord créé la composition générale des graisses (huiles et graisses) sous la forme d'une combinaison d'acides gras de glycérol et d'acides qui les isolent et se caractérisent par plusieurs types. Inversement, l'hydrolyse de ces graisses, sous l'influence de la potasse, lui a permis de déterminer le mécanisme de la composition du savon.

Pendant près d'un siècle, les étudiants de **Chevro** n'ont vu dans la vraie graisse que des molécules pouvant contenir uniquement des acides gras (**LERAY, 2013**).

En 1920, la découverte de nombreux lipides ou lipides glycosylés par Johann L. Thudichum a conduit à la proposition de classer les "particules lipidiques" en trois groupes : lipides simples (lipides et cires), lipides complexes (lipides et lipides glycoliques) et graisses grasses (Alcool et stérols). Cette classification, saisie et légèrement complétée par des auteurs plus modernes, est toujours d'actualité (**LERAY, 2013**).

I.1.2. Définition

Les corps gras qui correspondent à la partie "graisse neutre" de la fraction lipidique totale sous forme de microgouttelettes dans certains tissus animaux et végétaux, jouent un rôle nutritionnel principalement en termes d'énergie et de métabolisme. La partie grasse des aliments gras est appelée (lipide du grec lipos, "gras") (**GORNAY, 2006**).

Les lipides, comme les glucides, sont généralement des triglycérides composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène. Avec les longues chaînes hydrocarbonées de ses acides gras constitutifs (qui constituent l'essentiel des graisses alimentaires dont la composition en ces acides gras est une caractéristique distincte) condamne les triglycérides avec ses

propriétés principales de composés inorganiques (apolaire) et hydrophobes (**GORNAY, 2006**).

Ces lipides –également appelées « corps gras » - sont des substances hydrophobes et parfois amphiphiles, solubles dans les solvants organiques apolaires ou légèrement polaires ; non volatiles, donc « fixes » par rapport aux huiles « essentielles » (**BRUNETON, 2009**).

Selon leur point de fusion, on distingue les Huiles en déterminant leur solidité à température ambiante : (les huiles fluides, « constituent la partie majeure des matières grasses des aliments » et les huiles solides, ou « **graisses concrètes** »: huile ou graisse de palme, de palmiste issue du palmier à huile, de coprah issue de la noix de coco, beurre de karité et beurre de cacao) (**LECERF, 2011**).

I.1.3. Origines des corps gras et classification des lipides

Les graisses alimentaires comprennent les huiles et graisses d'origine végétale ou animale, le beurre et la margarine (**GORNAY, 2006**)

Les corps gras utilisés dans notre alimentation sont extraits sous une forme classique, soit à partir de tissus d'animaux d'origine terrestre ou marine, soit à partir de graines et de fruits. Depuis la fin des années 90, des micro-organismes ont été utilisées pour obtenir des corps gras hautement spécifiques, par exemple riche en acide arachidonique (**BAUER et al., 2010**).

Selon **BAUER et al. (2010)**, les sources de graisse les plus importantes peuvent être classées en quatre groupes :

- Arbres à fruits oléagineux : avocat, beurre de cacao, coprah, illipé, olive, palme/ palmiste, sal et beurre de karité ;
- Plantes oléagineuses annuelles : arachide, colza, coton, maïs, sésame, soja et tournesol ;
- Huiles marines ;
- Graisses animales : beurre, graisse de poule, suif (bœuf) et saindoux (porc).

D'après **BRUNETON (2009)** on classe habituellement les corps gras en :

- ✚ **Lipides simples** : esters d'acides gras et d'un alcool qui peut être :
 - Le glycérol, constitutif des triacylglycérols ou triglycérides.
 - Un alcool aliphatique de masse moléculaire élevée, constitutif des cérides.

✚ **Lipides complexes** : phospholipides, glycolipides. Ils jouent un rôle fondamental dans les organismes vivants, en particulier comme constituants membranaires mais à l'exception des lécithines, ils n'ont pas, à ce jour, d'applications pharmaceutiques ou industrielles.

I.1.4. Propriétés des corps gras

Selon NAFTI (2006), les graisses (**figure 1**) contiennent certaines propriétés physico-chimiques qui ont un impact significatif sur les caractères des aliments dont parmi on cite :

- ✓ Leur insolubilité dans l'eau entraîne la présence de nombreuses émulsions alimentaires
- ✓ Le point de fusion relativement bas dans de nombreux cas entraîne leur amollissement ou bien leur liquéfaction lors d'un chauffage modéré ;
- ✓ La plasticité de plusieurs lipides à la température ordinaire explique la plupart des propriétés fondamentales qu'ils peuvent conférer aux aliments.
- ✓ Le point de fusion des triglycérides dépend de plusieurs paramètres :
 - La longueur de la chaîne hydro-carbonique des Acides Gras ;
 - Présence ou absence de doubles liaisons ;
 - Les isomères (position, géométrie Cis ou Trans) ;
 - Position d'Acides Gras par rapport au glycérol.

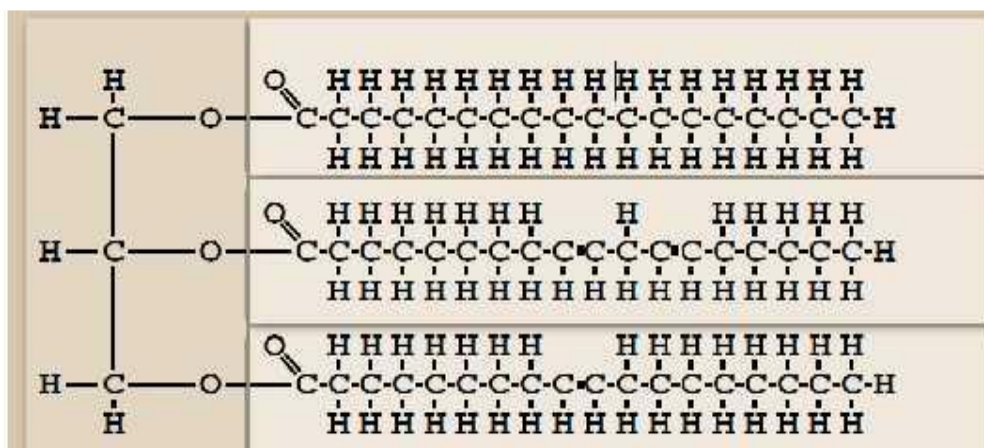


Figure 1 : Exemple d'une molécule de graisse (BAAZIZ et MOKHTARI, 2018).

- **Propriétés chimiques**

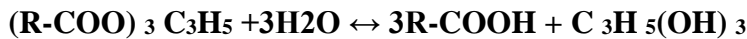
A. Estérification

C'est la réaction dans laquelle un acide carboxylique R-COOH et un alcool R'-OH sont convertis pour donner l'ester R-COO-R' et de l'eau H₂O (BENYOUB et IFRI, 2012).



B. Hydrolyse

Les esters peuvent être hydrolysés en milieu basique, acide et même neutre. Dans le milieu basique, la réaction est totale, elle est appelée saponification, dans le milieu acide ou bien neutre la réaction est réversible. Hydrolyse est la réaction inverse de l'estérification. Le résultat de l'hydrolyse des corps gras est la formation d'acide gras et de glycérol (BENYOUB et IFRI, 2012).

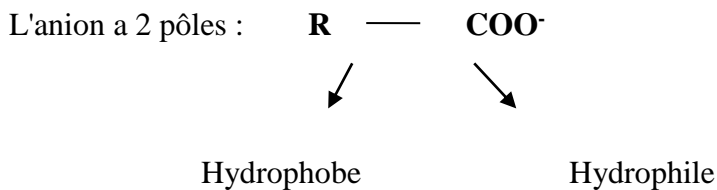


C. Hydrogénation

L'hydrogénation permet une saturation au moyen d'hydrogène tout ou partie des doubles liaisons des acides gras insaturés (ALAIS et LINDEN, 1997).

D. Formation de sels de sodium ou potassium

Ce sont des savons avec des propriétés moussantes, mouillantes et émulsionnantes. Dans l'eau les savons se dissocient en Na⁺ R-COO⁻ (BOUHADJRA, 2011).



- **Propriétés biologiques**

Lors de l'utilisation alimentaire ; les glycérides constitutives des corps gras de l'intestin sont métabolisées par la bile qui les émulsionne très finement et de la lipase pancréatique qui hydrolyse les chaînes externes, produisant ainsi des mono glycérides. Une autre lipase, la « lipoprotéine lipase » maintient l'émulsifiant pour éviter les dépôts dans les canaux sanguins (FRANÇOIS, 1974).

I.1.5. Composition des corps gras

Les matières grasses (huiles ou graisses) sont composée d'une grande variété de constituants, illustrés de manière panoramique sur la **figure 2**. Le taux de triglycérides est dans la grande majorité (95-99%): ils sont composés de glycérol (3-5%) et d'acides gras (90-95%). Les autres composants sont naturellement présents en plus petites quantités: des lipides polaires telles que les phospholipides (0,1-0,2%) et les composés dits insaponifiables appartenant à la fraction non glycéridique (0,1% à 3%) sont principalement représentés par les stérols (**tableau 1**), les tocophérols et tocotriénol, mais contiennent également des caroténoïdes, des alcools terpéniques, squalène et des composés phénoliques, en plus de quelques composés minoritaires (**MORIN et PAGES-XATART-PARES, 2012**).

Tableau 1 : Catégories de lipides et exemples typiques (**FAHY et al., 2005**).

Catégorie	Exemple
Acides gras	Acide oléique
Glycérolipides	Triacylglycérol
Glycérophospholipides	Phosphatidylcholine
Sphingolipides	Sphingosine
Stérols	Cholestérol

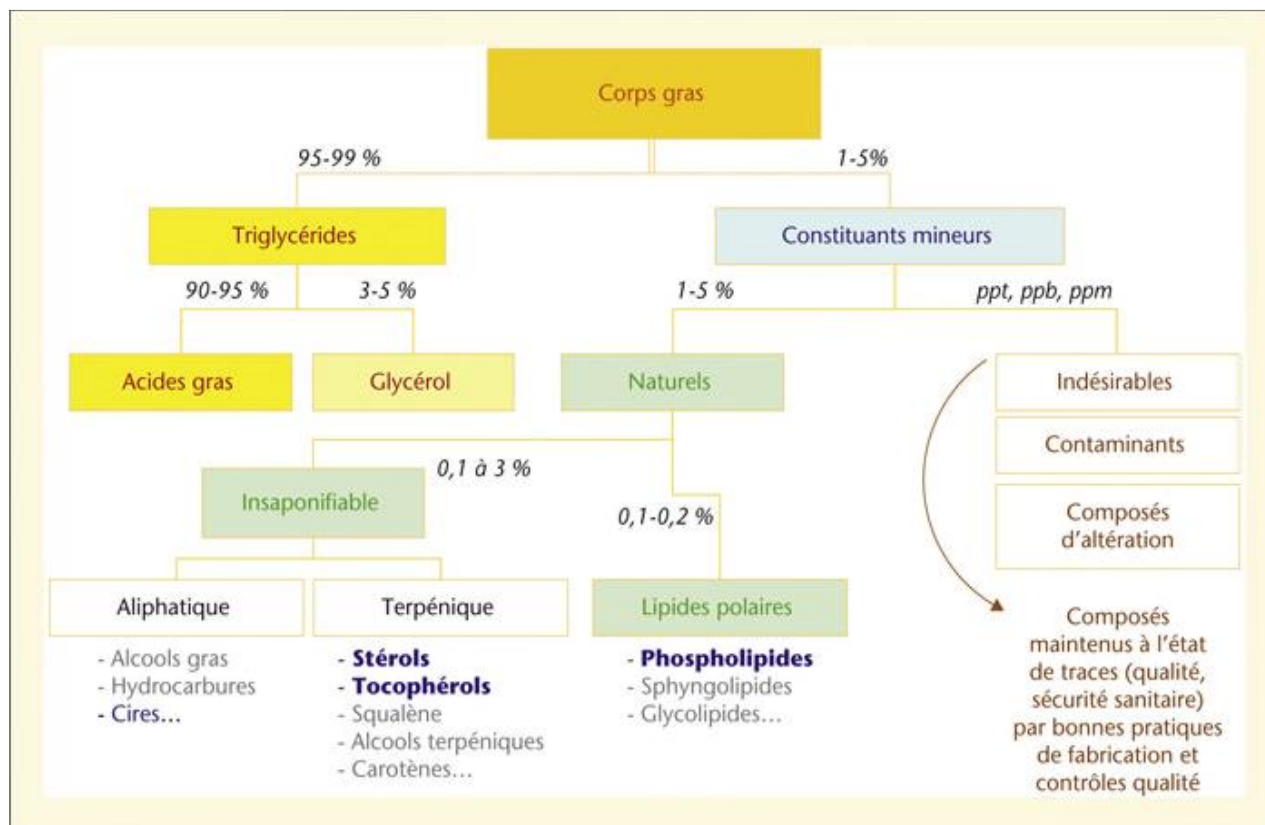


Figure 2 : Composition panoramique des corps gras et importance relative des principales classes de composés (MORIN et PAGES-XATART-PARES, 2012).

Les graisses, huiles et lipides contiennent de nombreux composés organiques, dont les acides gras (AG), les monoacylglycérols (MG), les diacylglycérols (DG), les triacylglycérols (TG), les phospholipides (PL), les stérols, les esters de stérol, les caroténoïdes, les vitamines A et E, les alcools gras, les hydrocarbures et les esters de cire (FAO, 2008).

I.1.5.1. Les acylglycérols

Les triacylglycérols – appelés depuis longtemps triglycérides – (figure 3) sont les principaux composants des corps gras alimentaires. Les di- et monoacylglycérols ne sont en général présents qu'à moins de 2% du total lipidique (ALAIS et al., 2008).

Les trois positions ne sont pas identiques dans la molécule du glycérol, car il existe deux sites externes et une position interne. De plus, les deux positions externes ne sont pas biologiquement équivalentes ; dans la figure 3 nous montre la numérotation des carbones (ALAIS et al., 2008).

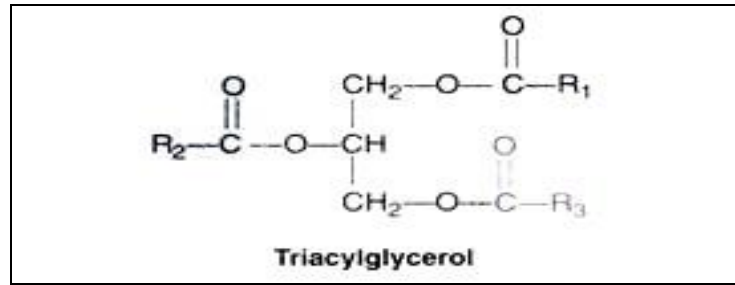


Figure 3 : Structure d'un triacylglycérol(ALAIS *et al.*, 2008)

I.1.5.2. Les acides gras

Ce sont des acides organiques faibles avec une seule fonction acide (carboxyle) pour chaque molécule et sont formés de carbone à nombre presque toujours pair (**figure 4**) (ALAIS *et al.*, 2008) ; et selon EVARD *et al.* (2007) ce sont des constituants majoritaires des huiles végétales (**figure 5**) qui se classent en trois groupes :

- les acides gras saturés (AGS), chaînes hydrocarbonées sans double liaison, avec des longueurs de chaîne principalement comprises entre 16 (acide palmitique) et 18 atomes de carbone (acide stéarique) ;
- les acides gras mono insaturés (AGMI), chaînes hydrocarbonées comportant une double liaison, dont le principal représentant est l'acide oléique (C18 : 1, n-9 ou ω 9) ;
- les acides gras polyinsaturés (AGPI), chaînes hydrocarbonées comportant plusieurs doubles liaisons, les deux les plus importantes sont les acides linoléique (C18 : 2 n-6 ou ω 6) et α -linoléique (C18 : 3 n3 ou ω 3), acides gras essentiels et indispensables, aussi chefs de file des séries d'AGPI correspondantes (ω 6) et (ω 3).

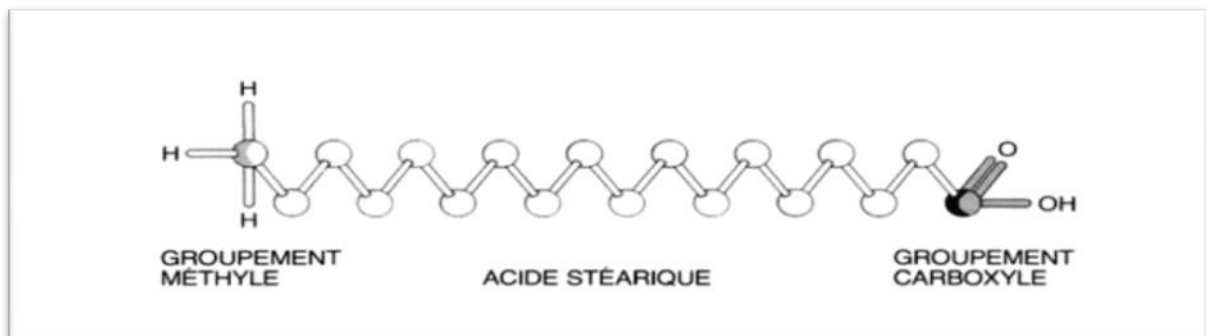


Figure 4 : Schéma d'un acide gras ayant une chaîne de 18 atomes de carbone(BRISSON, 1982).

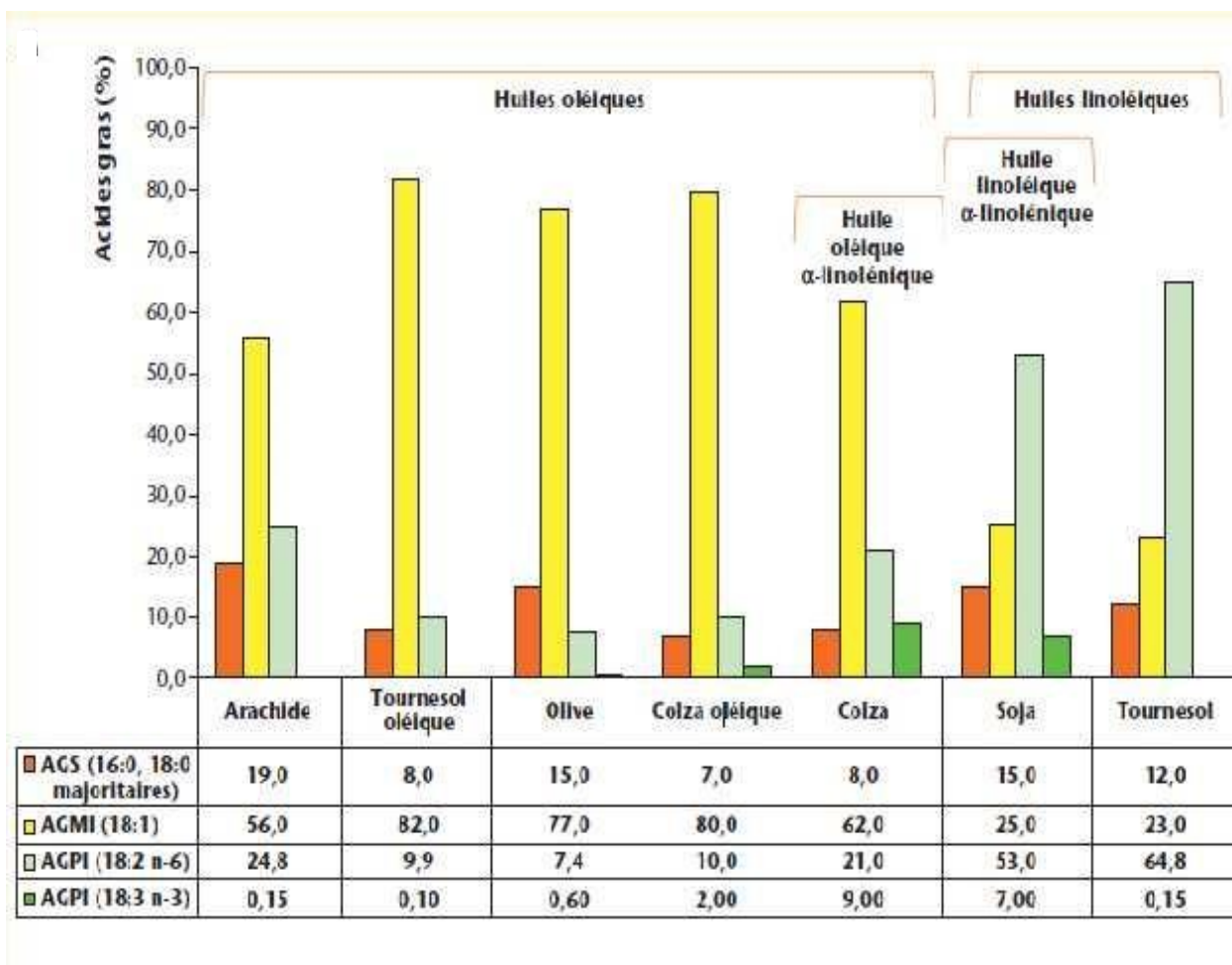


Figure 5 : Classement de quelques huiles végétales par catégorie d'acide gras (EVARD *et al.*, 2007).

I.1.5.3. Les constituants mineurs

Ils sont de nature diverse et comprennent les phospholipides, les graisses complexes, et les composants non glycéridiques tels que la vitamine E (α -tocophérol), les phytostérols (matières grasses végétales) ou le cholestérol (graisse animale), les caroténoïdes (β -carotène ou provitamine A), les phénols, en plus d'autres composés (CHEKROUN, 2013).

- **Tocophérol**

Les tocophérols appartiennent à la famille de la vitamine E et sont représentés par quatre formes moléculaires organiques principales (α , β , γ et δ). Ils sont considérés comme des antioxydants liposolubles constitués d'un cycle chromanol et d'une chaîne phytyle hydrophobe (Figure6).

Les γ -tocophérol préservent l'huile contre l'oxydation des lipides et les α -tocophérol sont importants pour la protection de la santé humaine, car ils contribuent aux activités de base contre le stress oxydatif qui détruit les cellules (FINE et al., 2016).

Le tocophérol contient une chaîne latérale phytyle, tandis que le tocotrinol en contient une série mais avec trois doubles liaisons en positions 3, 7 et 11 l' α -tocophérol (α -TOH) est la forme la plus abondante et active *In vivo*, de ce fait la vitamine E fait référence à l' α -TOH (NIKI et NOGUCHI, 2004).

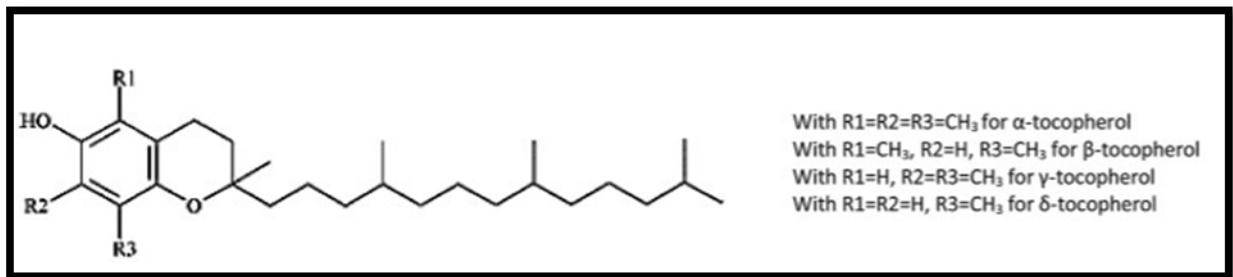


Figure 6 : Structure chimique du tocophérol (FINE et al., 2016).

D'après MARTIN (2001), les apports nutritionnels conseillés (ANC) est défini comme l'apport nécessaire pour couvrir les besoins physiologiques de presque tous les individus de la population (97,5%), exprimé en besoins diététiques moyens, alors les ANC restent donc des valeurs de référence pour une population et un indicateur pour les individus, mais cela ne signifie en aucun cas que chaque individu doit atteindre ces valeurs ou qu'elles soient suffisantes pour chaque individu quelle que soit la situation; de plus, les ANC sont conçus uniquement pour les personnes en bonne santé (MARTIN, 2001). LANDRIER (2011), ajoute que les ANC en vitamine E sont variables selon la catégorie d'âge et l'état physiologique de l'individu (tableau 2).

Tableau 2 : Apports Nutritionnels conseillés en vitamine E (LANDRIER, 2011).

Catégorie de la population	Vitamine E (mg par jour)
Nourrissons	4
Enfants de 1 à 3 ans	6
Enfants de 4 à 6 ans	7,5
Enfants de 7 à 9 ans	9
Enfants de 10 à 12 ans	11
Adolescents et adolescentes (13 à 19 ans)	12
Adultes de sexe masculin ou féminin	12
Femmes enceintes	12
Femmes allaitantes	12
Personnes âgées	20 à 50

- **Les phosphoglycérides (phospholipides)**

Les phosphoglycérides (PL) comprennent du glycérol, d'acides gras, de phosphates et (généralement) une base organique ou d'un composé polyhydroxy. Le phosphate est toujours associé à la position *sn-3* de la molécule de glycérol. La structure parente des phosphoglycérides est l'acide phosphatidique (*sn-1,2*-diacylglycérol-3-phosphate). La terminologie utilisée pour les phosphoglycérides est similaire à celle des acylglycérols, à l'exception du groupe non acyle en *sn-3*. Le préfixe lyso, lorsqu'il est utilisé pour les phosphoglycérides, indique que la position *sn-2* a été hydrolysée et qu'un acide gras est estérifié uniquement à la position *sn-1* (AKOH et MIN, 2002).

Selon AKOH et MIN, (2008), les classes de phospholipides sont attribuées à un marqueur abrégé (PC = phosphatidylcholine, etc.) (Figure7).

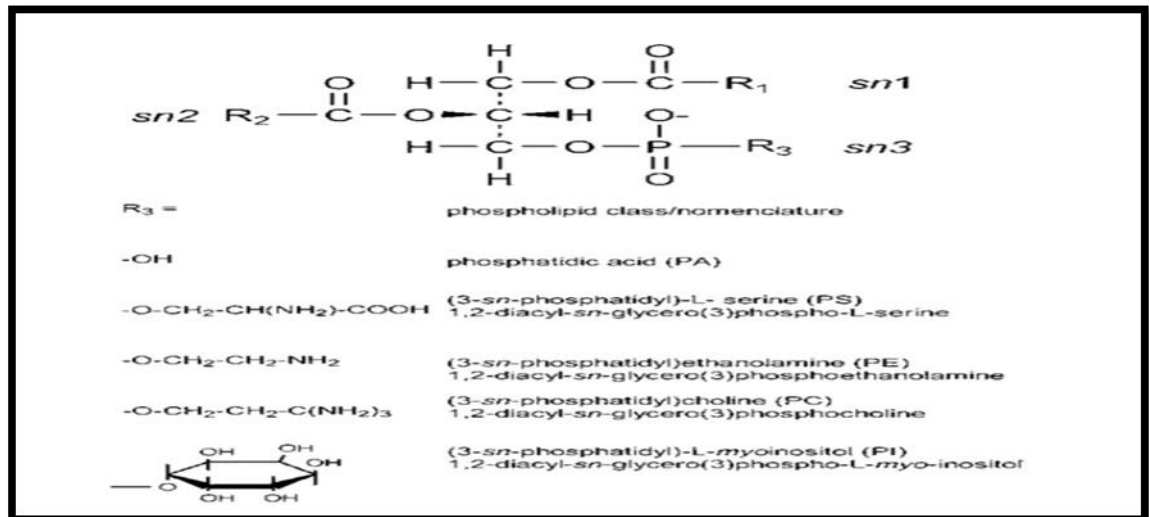


Figure 7 : Structure chimique de glycérophospholipides (AKOH et MIN, 2008).

Les phospholipides jouent un rôle important au niveau nutritionnel, soit en tant que vecteurs de choline (via la phosphatidylcholine PC) ou de sérine (via la phosphatidylsérine PS), soit comme vecteurs d'acides gras indispensables ou essentiels (BARDEAU, 2015).

Selon BARDEAU, (2015), les phospholipides contribuent à la prévention du risque cardiovasculaire, comme l'on montré des études chez des patients traités avec de la lécithine de soja.

- **Les Cires**

Les cires sont de nature, de composition et d'origine très diverses. Elles peuvent être divisées en deux grands groupes, celui des cires naturelles, minérales ou organiques et celui des cires artificielles ou synthétiques. En revanche, les cires montaniques, qui sont de véritables cires de plantes fossilisées, sont constituées principalement d'esters, d'acides et d'alcools gras (LECOMTE, 2009).

Les cires organiques, par opposition aux cires minérales, sont synthétisées par des organismes vivants, les plantes terrestres jouent un rôle clé. En fait, toutes leurs parties aériennes, feuilles, tiges, fleurs et fruits, sont couvertes de cires et constituent probablement l'une des sources de lipides les plus abondantes sur terre (LECOMTE, 2009).

Dans le deuxième groupe, les cires artificielles peuvent comprendre, entre autres, des esters synthétisés à partir d'acides gras à longue chaîne (saturée ou non) et d'alcools divers parfois d'origine végétale, les produits d'hydrogénation et/ou de métathèse d'huiles végétales (LECOMTE, 2009).

I.2. Les huiles végétales

I. 2.1. Introduction

Les huiles les plus utilisées actuellement dans le monde sont les huiles de soja, palme, colza et tournesol. Parmi celles-ci, les huiles de soja et de colza fournissent des quantités étonnantes d'acide α -linoléique respectivement 7,8 % et 9,9 % – l'acide gras qui est considéré le plus pauvre en régime alimentaire occidentale par les agences de santé européennes (**DUBOIS et al., 2008**).

D'après **PAGES-XATART-PARES, (2008)** les huiles et les graisses végétales jouent un rôle majeur dans notre alimentation ; nous les consommons directement sous forme d'huile raffinée ou vierge, ou indirectement par le biais de nombreux produits de l'industrie agroalimentaire. Le consommateur est de plus en plus exigeant en termes de qualité : la sécurité alimentaire et les aspects nutritionnels sont au centre des préoccupations sociétales actuelles (**PAGES-XATART-PARES., 2008**)

I .2.2. Définition de quelques huiles alimentaires de consommation humaine

Les huiles végétales comestibles sont des denrées alimentaires composées principalement de glycérides d'acides gras d'origine végétale. Elles peuvent contenir de petites quantités d'autres lipides comme les phosphatides, des constituants insaponifiables et les acides gras libres naturellement présents dans la graisse ou l'huile (**CODEX ALIMENTARIUS, 1999**).

Les huiles vierges sont obtenues, sans modification de la nature de l'huile, au moyen de procédés mécaniques, par exemple expulsion ou pression, et d'un traitement thermique. Elles ne peuvent être purifiées que par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation (**CODEX ALIMENTARIUS., 1999**).

Les huiles pressées à froid sont obtenues, sans modification de l'huile, exclusivement par des procédés mécaniques, par exemple expulsion ou pression, sans utilisation de procédés thermiques. Elles ne peuvent être purifiées que par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation (**CODEX ALIMENTARIUS, 1999**).

I .2.3. Les huiles alimentaires

L'huile est une matière grasse crémeuse, insoluble dans l'eau et généralement liquide à la température ambiante. À échelle mondiale, les huiles les plus importantes aujourd'hui sont l'huile de soja (soja), l'huile de palme et l'huile de colza (canola). La culture et l'utilisation

d'une huile sont particulièrement différentes d'un pays à l'autre. Au Canada, il s'agit principalement d'huile de colza ; en Europe, on préfère les huiles de colza, de tournesol, de soja et d'arachide, tandis que les pays du bassin du Pacifique utilisent surtout les huiles de palme et de soja (LAMBERT, 2005).

LAMBERT (2005), ajoute qu'en alimentation, on se sert surtout d'huiles végétales (figure 8) obtenues :

- Des légumineuses (soja, arachide),
- Des graines (tournesol, colza, citrouille),
- Des céréales (maïs),
- Des fruits (olive, palme, noix, noisette, pépins de raisin, amande douce) et du coton (tableau 3).

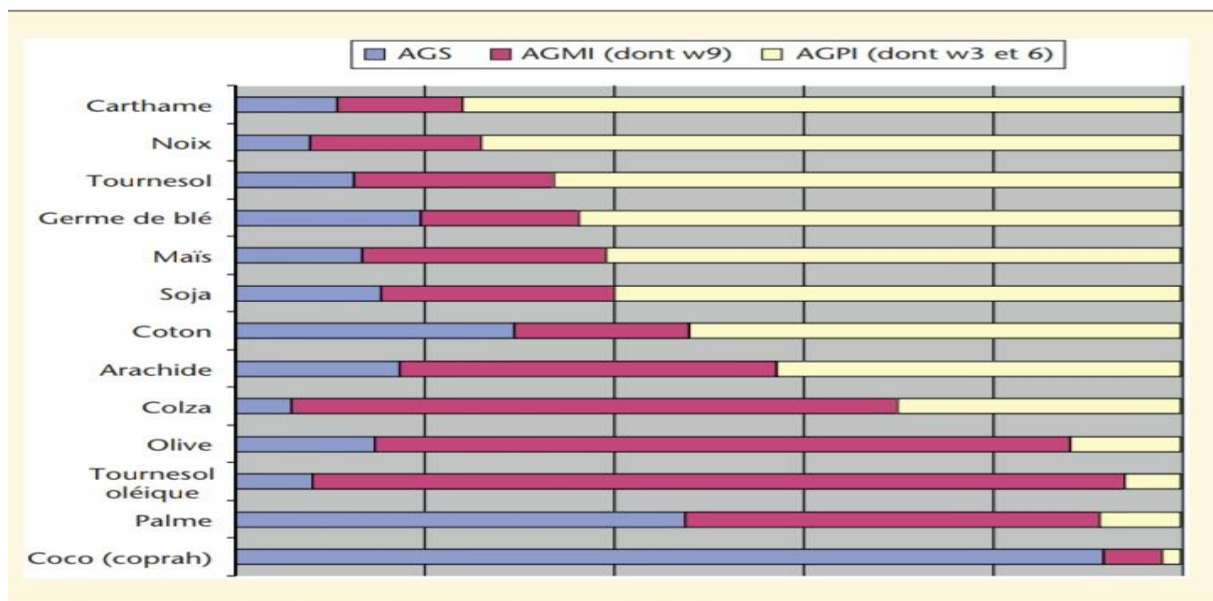


Figure 8 : Classement des huiles végétales en fonction de leur composition en acides gras (% saturés AGS, mono-insaturés AGMI et polyinsaturés AGPI) (CUVELIER et MAILLARD, 2012).

Tableau 3: les principales graines et fruits oléagineux (NJUSSA, 1999).

Nom commun	Nom botanique de la plante	famille	Nom de la matière première
Arachide	<i>Arachis hypogaea</i>	Légumineuses	Graine d'arachide
Carthame	<i>Carthamus tinctorius</i>	Crucifères	Graine de carthame
Colza	<i>Brassica napus var oléifera</i> <i>Metzg</i>	Crucifères	Graine de colza
Coprah	<i>Cocos nucifera</i>	Palmiers	Amande de coprah
Coton	<i>Gossypium arboretums</i>	Malvaceae	Graine de coton
Maïs	<i>Zea mays</i>	Gramineae	Germe de maïs
Olive	<i>Oléa curopaea</i>	oléaceae	Olive (mésocarpe)
Palme	<i>Elaeis guineensis</i>	Palmiers	Mésocarpe du fruit du palmier à huile
Soja	<i>Glycine max (soja max)</i>	légumineuses	Graine de soja
Raisin	<i>Vertis vinifera</i>	Ampélidaceae	Pépin de raisin
Tournesol	<i>Heliantus annuus</i>	Composés	Graine de tournesol
Noix	<i>Juglans régia</i>	juglandaceae	Noix

Il existe également des huiles animales (telles que des baleines, de flétan, de morue, de phoque) qui sont souvent considérées comme suppléments alimentaires, et des huiles minérales (des hydrocarbures) dont seule l'huile de paraffine est comestible (elle ne doit jamais être chauffée) mais indigeste (LAMBERT,2005).

I.2.4. Procédés d'obtention des huiles alimentaires

Trituration

Les opérations essentielles de nettoyage et de séchage de base sont le plus souvent effectuées à la récolte par les opérateurs industriels stockeurs. La graine est ensuite réceptionnée à l'huilerie, nettoyée et séchée uniquement à certains endroits, alors équipés de matériel conventionnels non spécifiques aux graines oléagineuses : tambours cribleurs de prénettoyage, déferrailleur, épierreur, tamis vibrant de nettoyage (PAGES, 2008).

Les opérations de trituration proprement dites comportent d'éventuelles opérations de décortilage ou dépelliculage, des opérations de préparation mécanique et thermique de la graine oléagineuse suivies des opérations de pression et/ou d'extraction par solvant (**PAGES, 2008**).

Cette trituration conduit à une huile brute de pression et un coproduit appelé tourteau. Alors que les huiles de pression brutes sont généralement raffinées pour être rendues propres à la consommation, les huiles d'olive et d'argan sont commercialisées à l'état vierge (c'est-à-dire qu'elles sont obtenues par des procédés mécaniques et non chimiques) (**BENJELLOUN, 2014**).

Lorsque le traitement s'arrête à la première pression à froid, la dénomination est alors « huile vierge » ou « huile extra vierge » selon la qualité chimique et organoleptique du corps gras (**BENJELLOUN, 2014**).

Les tourteaux, fraction riches en protéines, issus principalement de colza et tournesol représentent 4 % environ des matières premières utilisées en alimentation animale (**EVARD, 2005**).

Raffinage

Le raffinage a pour but de maintenir ou d'améliorer les propriétés **organoleptiques** (goût et arôme neutres, limpidité, couleur jaune clair), les propriétés **nutritionnelles** et la **stabilité** des corps gras. Pour ce faire, il met en œuvre de nombreuses étapes pour éliminer des composés indésirables (gommes, cires, acides gras libres, pigments, traces métalliques, composés odorants volatils) et les contaminants potentiellement présents dans les matières premières, tout en contrôlant la formation de nouveaux composés indésirables par hydrolyse, oxydation ou isomérisation (**PAGES et al., 2010**).

La conduite du procédé peut, au besoin, s'adapter aux usages ultérieurs qui seront faits des huiles raffinées produites : un usage alimentaire (ou cosmétique/pharmaceutique) conduira le raffineur à optimiser son procédé afin de conserver les éléments nutritifs de première importance (acides gras polyinsaturés, vitamine E) (**PAGES et al., 2010**).

D'après **PAGES et al. (2010)**, il existe deux types de raffinage :

-**Physique** : qu'il conviendrait mieux de l'appeler « distillation neutralisante » car on élimine les composés indésirables (désacidification) par distillation sous vide poussé avec injection de vapeur.

-**Chimique** : élimine les acides gras libres par une étape de neutralisation à la soude.

La figure 9 présente respectivement les différentes étapes d'un raffinage, en précisant les principaux composés éliminés à chaque étape.

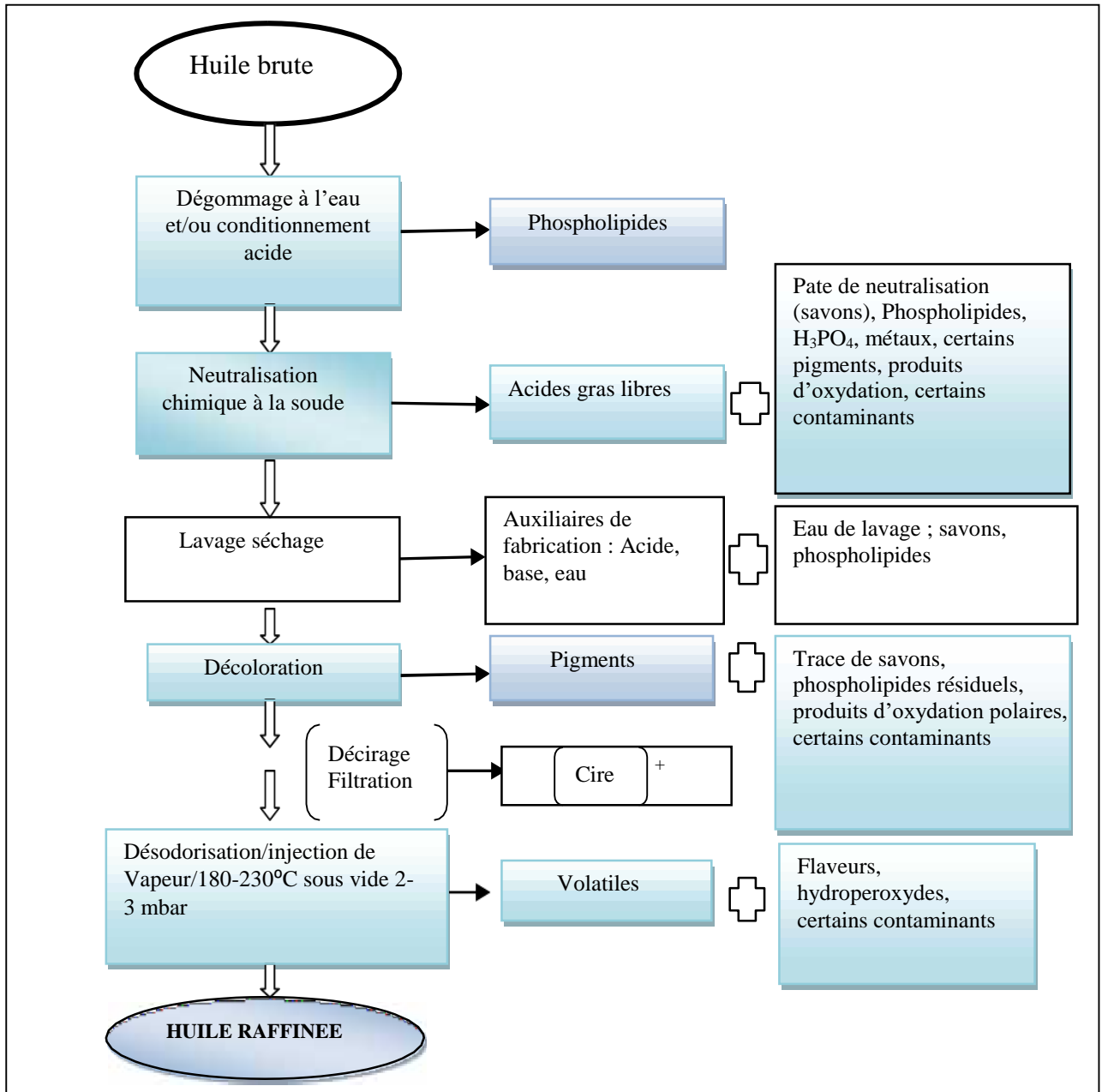


Figure 9 : Raffinage par voie chimique : étapes et composés éliminés (PAGES et al., 2010).

I. 3. La friture

I. 3.1. Généralité

La friture, également appelée friture par immersion, est l'un des procédés de préparation des aliments les plus anciens et les plus courants. Ce procédé a été développé autour de la région méditerranéenne en raison de l'influence de l'huile d'olive, mais aujourd'hui, de nombreux aliments transformés sont frits en profondeur en raison de la combinaison unique saveur / texture conférée aux aliments (**BOUCHON, 2009**).

La technologie de friture est importante pour de nombreux secteurs de l'industrie alimentaire : fournisseurs d'huiles et d'ingrédients, opérateurs de restauration rapide, restaurateurs, producteurs industriels d'aliments entièrement frits, frits et à grignoter et fabricants d'équipements de friture. Les quantités d'aliments frits et d'huiles utilisées aux niveaux industriel et commercial sont énormes. Malgré les énormes quantités d'aliments frits produits, la friture est encore considérée par beaucoup comme un art plutôt qu'une science ou une technologie (**BLUMENTHAL et STIER, 1991**).

I.3.2. Définition et opération de friture

La friture implique principalement l'immersion pour cuire des aliments dans de l'huile chaude. Elle implique un transfert de chaleur et de masse et inclut des interactions complexes entre l'aliment et les médias de friture (**SAGUY et DANA, 2003**). Lors de la friture, les aliments sont en contact direct avec de l'huile très chaude, à une température comprise entre 160 et 180°C (**BERK., 2013**). Les températures élevées d'huile de friture provoquent l'évaporation de l'eau à la surface des aliments. Dû à l'évaporation, l'eau dans les couches externes du produit se déplace vers l'huile environnante et un séchage en surface se produit, induisant la formation d'une croûte (**BOUCHON, 2009**).

La friture a pour but la cuisson rapide, la formation d'une croûte unique, de la couleur, du goût ainsi que la texture. Le processus est complexe et fait intervenir de nombreux facteurs, dont certains dépendent du processus lui-même et d'autres du produit alimentaire et du type de graisse utilisé (**SAGUY et DANA, 2003**).

Selon **SAGUY et DANA. (2003)**, fondamentalement, la friture est un processus de déshydratation présentant trois caractéristiques distinctes :

- Une température d'huile élevée (160–180°C) permet un transfert de chaleur rapide et un temps de cuisson court,

- La température du produit (sauf pour la région de la croûte) ne dépasse pas 100°C,
- La lixiviation des composés solubles dans l'eau est minimale.

En conséquence, le transfert de chaleur est rapide et un gradient de température élevée est créé à l'interface nourriture / huile. Le gradient de température élevé explique certaines propriétés de la friture, telles que la création d'une structure double distinctive, avec une croûte dorée, croustillante et sèche et un centre humide. Le revêtement de la pâte et de la chapelure (panure) a pour double objectif de créer une croûte dorée, croustillante et savoureuse et de protéger l'intérieur humide et sensible (par exemple, le poisson ou les fruits de mer) contre la surchauffe et le séchage (**BERK, 2013**).

I.3.3. Type d'huiles utilisées en friture

Les aliments peuvent être frits dans une large gamme de graisses et d'huiles, y compris certains légumes, huiles, matières grasses, graisses animales ou leurs mélanges. Critère le plus important pour les huiles de friture utilisées sont la stabilité, la fluidité, la saveur douce, faible tendance à la formation de mousse ou à la formation de fumée, la stabilité à l'oxydation de l'huile dans les aliments frits pendant le stockage, et bien sûr le prix (**BOUCHON, 2009**).

L'effet du type d'huile varie énormément, car selon **KITA et LISINSKA (2005)**, l'absorption d'huile est plus élevée lorsque la quantité d'acides gras insaturés est d'autant plus importante dans cette huile. A l'opposé, **VITRAC (2000)**, a montré que l'absorption d'une huile insaturée, telle que l'huile de graine de coton est plus faible que celle de l'huile de palme en raison de sa faible viscosité au cours du refroidissement et de sa capacité à s'égoutter facilement.

D'après **COURTOIS et al. (2012)**, ces contradictions peuvent être expliquées par le fait que la viscosité d'huile est très influente dans le mécanisme de son absorption, mais elle contribue à la fois à l'adhésion et au drainage. En outre, l'huile de friture peut contenir une partie de la matière grasse qui se solidifie lors du refroidissement et être plus difficile à drainer hors de l'aliment tout en étant moins susceptible de pénétrer profondément dans les pores de la croûte. Donc, plus la viscosité initiale de l'huile est élevée et plus sa migration est lente.

I.3.4. Vieillessement de l'huile

De nombreux facteurs affectent le vieillissement de l'huile, ce qui rend difficile la détermination du moment exact de changement d'huile (**ROSSELL, 2001**). Il faut être prudent lors du choix des huiles de friture, car elles subissent une dégradation thermique, oxydative et hydrolytique due à l'exposition à des températures élevées en présence d'air et d'humidité (**BOUCHON, 2009**).

L'eau libéré par les aliments pendant la friture attaque l'huile et relâche des composés polaires plus susceptibles à l'oxydation et à la détérioration thermique qui s'accumulent avec le temps. Par conséquent, La méthode d'utilisation affecte ainsi la qualité de l'huile. La température critique n'atteint ou ne dépasse jamais 200°C. Pour chaque 10°C supérieur à 200°C atteint, l'huile vieillira jusqu'à deux fois plus vite (**DELAGOUTTE, 2007**).

Les changements de températures augmentent l'oxydation de l'huile (**VARELA et al. 1988**). La fluidité de l'huile permet son écoulement, son circulation et d'éviter son absorption. Plus l'huile vieillit, moins elle sera fluide et plus elle sera absorbée par les aliments car elle aura moins tendance à s'égoutter (**ZIAIFAR, 2008 ; BOUCHON, 2009**).

Suite à des essais, une huile utilisée contenant moins de 25% de composés polaires n'avait aucune influence sur l'absorption d'huile des frites par rapport à une huile neuve. Selon la législation de différents pays, une huile contenant entre 24% et 30% de composés polaires ne conviens pas à la consommation (**ROSSELL, 2001 ; DELAGOUTTE, 2007**).

La filtration permet d'éliminer les éléments carbonisés mais pas les composés polaires (d'où l'importance de changer l'huile régulièrement car la filtration seule ne suffit pas toujours) (**FRIEDMAN, 2000**).

I. 3.5. La stabilité d'huile de friture et la température critique d'un corps gras

Il y a relativement peu de rapports concernant la stabilisation des composés naturels et ses effets sur les graisses exposées à des températures élevées, par exemple α -tocophérol, stérols et extrait d'avoine (**YANISHLIEVA et al. 1997**)

Les antioxydants d'épices ont été peu étudiés pour leur effet stabilisant sur les huiles de friture (**BOSKOU et ANTIOXIDANTS, 1988**). Dans le même contexte, **SAITO (1977)** a rapporté que la diffusion des herbes et des épices peut avoir un effet bénéfique sur la stabilité des huiles de friture.

CLERGEAUDE (2003), mentionne quela température critique d'un corps gras ou son seuil de décomposition est la température à laquelle l'huile ou une la graisse va se décomposer en substances toxiques ; il ne faut donc jamais chauffer une huile ou une graisse au-delà de sa température critique (**tableau 4**) ; celle-ci n'étant pas la même pour tous les corps gras.

Tableau 4 : Température critique de quelques corps gras (**CLERGEAUDE, 2003**).

Corp. Gras	T° Critique
Arachide	220°
Germe de maïs	140°
Noix	140°
Olive	210°
Pépin de courge	140°
Pépin de raisin	150°
Soja	150°
Tournesol	160°à 170°
Coprah	220°
Palme	230°

I. 3.6. Les réactions de dégradation des huiles

Il est bien connu que lors de la friture profonde, des réactions thermiques, oxydatives et hydrolytiques se produisent, de sorte que des modifications physiques et chimiques de l'huile ou de la graisse sont susceptibles de se produire à la suite de la formation de nouveaux composés. L'aliment frit absorbe cette graisse ou huile de dégradation variable, ce qui contribue considérablement à la qualité de l'aliment (**DOBARGANES et al. 2000**). Le niveau

de dégradation de l'huile va dépendre de nombreux facteurs : température, durée de chauffage, mode de chauffage, nombre de cycles d'utilisation, composition de l'huile, volume d'huile, nature des matériaux, texture et teneur en eau des aliments frits, filtration du bain, addition de systèmes antioxydants ou anti-mousse (**COMBE et ROSSIGNOL-CASTERA, 2010**).

Chapitre II. Les plantes médicinales et huiles essentielles

II.1. Les plantes médicinales

II.1.1. Généralité sur les plantes médicinales

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit la médecine traditionnelle comme une médecine comprenant « diverses pratiques, approches, connaissances et croyances sanitaires intégrant des médicaments à base de plantes, d'animaux et/ou de minéraux, des traitements spirituels, des techniques manuelles et exercices, appliqués seuls ou en association afin de maintenir le bien-être et traiter, diagnostiquer ou prévenir la maladie » (**ROBARD, 2004**).

L'ancienne tradition de la médecine des plantes se poursuit encore aujourd'hui en Inde, en Chine ainsi que de nombreux pays d'Afrique et d'Amérique du Sud. La médecine traditionnelle fait référence aux pratiques et approches qui utilisent, séparément ou en combinaison, des médicaments à base de plantes, des animaux et des minéraux, des thérapies spirituelles, des techniques manuelles et des exercices pour diagnostiquer, prévenir, traiter, entretenir ou améliorer (**BENAMMAR, 2011**).

Pendant longtemps, les plantes médicinales ont joué un rôle crucial dans le maintien de la santé et de la survie des êtres humains : il existe environ 500 000 plantes sur Terre, dont environ 10 000 ont des propriétés médicinales (**ISERIN, 2001**).

Selon **GAZENDEL et ORECCHIONI(2013)**, Les plantes médicinales sont déterminées par le fait qu'au moins une partie de cette plante présente des propriétés médicinales. Aussi appelé « drogues végétales ».

Selon l'Organisation mondiale de la Santé (**OMS**), environ 65-80% de la population mondiale dans les pays en développement, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne, dépendent essentiellement des plantes médicinales traditionnelles pour leurs soins de santé primaire. Malgré les progrès remarquables de la chimie de synthèse organique au XXe siècle, plus de 25% des médicaments prescrits dans les pays industrialisés sont dérivés directement ou indirectement des plantes (**NEWMAN et al., 2000**).

Les plantes aromatiques et médicinales contiennent des molécules à haute valeur ajoutée, parmi lesquelles on trouve des composés ayant une activité olfactive. Ils représentent ce que l'on appelle huile essentielle (HE) et sont très convoités par les industries pharmaceutiques et cosmétiques. Selon la famille, la matière volatile se retrouve dans

différents organes de la plante et cette fraction est un ensemble de composés issus de métabolites secondaires de cette plante (TABET ZATLA, 2017).

II.1.2. L'aromathérapie

L'aromathérapie, qui signifie littéralement « soin par les odeurs » est le terme que l'on utilise pour désigner la thérapie basée sur l'utilisation des huiles essentielles. Il s'agit donc de la capacité et de l'art de soigner avec les huiles essentielles (BURONZO, 2008).

Par conséquent, l'aromathérapie consiste à utiliser des huiles essentielles à des fins thérapeutiques. C'est une biochimio-thérapie naturelle développée sur la base de la relation entre composant chimique des huiles essentielles et activités thérapeutiques résultantes. Elle utilise une méthodologie rigoureuse inspirée des données scientifiques solides confirmées par la clinique et le laboratoire. C'est un remède naturel de qualité supérieure (BAUDOUX, 2008).

Les différents types de phytothérapie

Selon ZAIBET (2016), on peut distinguer différents types de thérapies par les plantes :

1. La phytothérapie : l'utilisation des différentes parties des plantes (racine, feuilles, fleurs...ou la plante entière) sous différentes formes galéniques.

2. La gemmothérapie : l'utilisation des bourgeons de la plante.

3. L'aromathérapie : l'utilisation des huiles essentielles obtenues grâce à divers procédés d'extraction

4. Phytothérapie pharmaceutique : avec l'utilisation des produits d'origine végétale obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir un travail continu rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes ou de gélules.

II.1.3. Les métabolites secondaires des plantes

Depuis toujours, les plantes sont considérées comme une source majeure de médicaments grâce à leurs richesses en métabolites secondaires. Parmi les milliers de molécules produites par le métabolisme des végétaux, les hommes choisissent celles qui leur permettent de se défendre contre les attaques d'autres organismes pathogènes et de corriger ses troubles métaboliques (EL-LAKANY et al., 1997).

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes collectées et synthétisées en petites quantités par des plantes autotrophes, principalement divisées en trois familles principales : les polyphénols, les terpènes et les alcaloïdes (**LUTGE et al., 2002 ; ABDERRAZAK et JOËL, 2007**).

Nous connaissons actuellement plus de deux cent cinquante milles espèces végétales. Celles-ci produisent un large éventail de substances chimiques de structures variées comme les métabolites primaires et secondaires. Les métabolites primaires sont des produits issus directement de la photosynthèse et qui participent à la structure de la cellule végétale et dans le bon déroulement de ses fonctions principales (**HOPKINS, 2003**). Ces composés sont classés en quatre principaux groupes, les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques. Au contraire les métabolites secondaires ne sont pas produits directement pendant la photosynthèse, mais sont synthétisés à partir de métabolites primaires et résultent de réactions chimiques ultérieures (**Lucienne, 2010**).

II.1.4. Mode d'utilisation des plantes médicinales

Selon **JEAN (2009)**, les plantes médicinales peuvent avoir plusieurs modes d'utilisation à savoir :

- **poudre** : elles sont alors mélangées avec de l'eau ou de la nourriture. Parfois cette poudre est mise dans une capsule pour cacher l'amertume de certaines plantes ;
- **en infusion** : plante sèche ou fraîche, en tout ou en partie, recouverte d'eau très chaude. Après 3 à 6 minutes de perfusion, le liquide est filtré. Il doit être consommé tiède ou froid et peut rester froid pendant 6 à 12 heures ;
- **en décoction** : cette préparation se fait à partir d'une plante sèche ou fraîche, parfois en poudre ou hachée. La plante est mis dans l'eau froide, l'ensemble est porté à ébullition et laissé à frémir pendant 10 à 20 minutes. La préparation ainsi obtenue est filtrée, elle peut être conservée au frais pendant 2 à 3 jours ;
- **En macération aqueuse** : la plante scindée est fragmentée dans l'eau froide pendant 12 à 24 heures, en remuant de temps en temps. Après filtration, la préparation est prête à utiliser dans les 6 heures qui suivent ;
- **En huile essentielle** : les huiles essentielles sont obtenues par extraction à la vapeur d'eau chaude ou par pression. Ils peuvent également être obtenus par extraction aux solvants volatils, par gaz carbonique supercritique ou par solvants gras ;

Les plantes médicinales peuvent être commercialisées par l'industrie pharmaceutique sous forme de préparations, soit en "jus" de plantes fraîches, soit dans des plantes séchées ou fragmentées, soit en poudre sèche ou obtenus par réfrigération, dans une suspension complète de plantes fraîchement broyées et stabilisées. En outre, il peut être trouvé dans des extraits hydro-alcooliques, aqueux...(JEAN, 2009).

Elles sont utilisées en prévention ou en traitement, l'efficacité de la phytothérapie est due à la synergie d'action des différentes molécules qui composent la plante, ou encore, à l'action simultanée de plusieurs plantes (JEAN, 2009).

II.1.5. Récolte et conservation des plantes

Les propriétés pharmacologiques des plantes médicinales dépendent essentiellement de la région de production, de la période de récolte, des techniques de cueillette et des modalités de conservation (**Tableau 5**). Ces conditions doivent toujours être respectées afin de garantir la qualité des produits et de protéger la source de leur production. D'autre part, le fait de négliger ces données participe beaucoup à faire tomber les plantes à plusieurs reprises, dans le discrédit (VALNET, 2001 ; HADDOUCHI, 2006).

Tableau 5 : Récolte, séchage et conservation des plantes (VALNET, 2001 ; HADDOUCHI, 2006).

Partie de la plante	Cueillette	Séchage	Conservation
Racines		à l'air sec	A l'abri de l'humidité
Racines charnues		A l'étuve	
Racines mucilagineuses		Au four	
Racines vivaces	Au printemps		
Racines des plantes annuelles et bisannuelles	En automne		
Ecorce des plantes annuelles et bisannuelles	Quand il a acquis une certaine épaisseur et se sépare facilement du corps	Au soleil ou à l'étuve	
Ecorce d'arbre	En hiver		
Ecorce d'arbrisseau	En automne		
Ecorce de résineux	En printemps		
Boie			
fleurs	Au début de leur Epanouissement Les fleurs de rose se cueillent en Boutons	A l'ombre et à atmosphère sèche	
Feuilles	Avant la floraison		
Semences	Quand la plante se dessèche		
Tiges	En même temps que les feuilles	Au soleil ou dans une serre à 30-35°C	
Feuilles épaisses			
Bourgeons	Au début du printemps		
fruits	Un peu avant complète maturité		

II.2. Les huiles essentielles

II.2.1. Introduction

Pendant longtemps, les hommes ont cherché des moyens de séparer les éléments huileux des produits aromatiques. Ils ont réussi à exposer la matière à la chaleur. Les substances aromatiques ont été converties en vapeur. Il suffisait de les collecter et de les refroidir pour les obtenir sous forme liquide. Cette opération, effectuée à feu nu, a pris le nom de distillation. Il était certainement connu entre Chinois et Indiens depuis 20 siècles avant J.C. Les Egyptiens et les Arabes ont prévalu des caractéristiques médicinales et aromatiques des plantes : la conservation des momies, l'aromatization des bains, la désinfection des plaies avec les onguents, les parfums et la fabrication des boissons aromatiques (**MOLLER, 2008**).

A l'apogée de leurs conquêtes en Afrique du Nord et en Espagne, les arabes le firent connaître aux Espagnols, lesquels à leur tour le propagèrent en Europe, à travers les possessions du Royaume d'Aragon, échelonnées tout le long des Côtes du Nord de la Méditerranée (**BERTHIER, 1980 ; MOLLER, 2008**)

II.2.2. Définition des huiles essentielles

L'Association Française de Normalisation (**AFNOR, 2000**) a défini les huiles essentielles (HE) comme étant : « des produits obtenus soit à partir de matières premières naturelles par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir des fruits de *Citrus* par des procédés mécaniques et qui sont séparés de la phase aqueuse par des procédés physiques ».

Les huiles essentielles extraites des plantes par distillation comptent parmi les plus intéressants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie. Les huiles essentielles contenues dans les plantes sont considérées comme des composés oxygénés, parfois d'origine terpénoïde et possédant un noyau aromatique (**ISERIN, 2001**).

Selon **MOLLER (2008)**, l'huile essentielle un liquide concentré, très complexe et hydrophobe. Il est obtenu par extraction mécanique, distillation à la vapeur d'eau ou distillation à sec de plantes aromatiques (fleurs, feuilles, bois, racines, écorces ou fruits). Une huile essentielle est donc l'essence distillée de la plante aromatique. Issue du feuillage de la plante, l'huile essentielle possède une composition chimique variable selon les chimiotypes, les sols, les climats, les périodes, les heures de récoltes et les conditions du stockage. Elles ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et donnent naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie : l'aromathérapie.

Selon la 8^{ème} éditions de la pharmacopée française (en 1965), Les huiles essentielles, les huiles volatiles ou les essences sont généralement des produits complexes contenant des principes volatils présents dans les végétaux qui sont modifiés sous une forme ou une autre au cours de leur préparation (**GATES et TSCHUDI, 1952**).

D'après **NAVES (1976)**, aucune des définitions des HE n'a le mérite d'être claire, ni précise. Les HE sont des mélanges de divers produits issus d'une espèce végétale, ces mélanges passant avec une certaine proportion d'eau lors d'une distillation effectuée dans un courant de vapeur d'eau.

La nouvelle Encyclopédie **FUNK et WAGNALLS (2004)** décrit les huiles essentielles comme les « liquides volatils », la plupart du temps insolubles dans l'eau, mais librement solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles végétales et minérales. Elles sont habituellement non huileuses au contact de la peau.

Les essences dans les plantes peuvent être stockées dans divers organes : les fleurs (origan), les feuilles (citronnelle, eucalyptus), les écorces (cannelier), le bois (bois de rose, santal), les racines (vétiver), les rhizomes (acore, gingembre), la sève (encens, myrte), les bourgeons (pin), les fruits (badiane) ou les graines (carvi). Plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une espèce voire dans un même organe (**BRUNETON, 1999**).

Les HE sont nommés parce qu'ils sont très fracturés, hydrophobes et adorent les graisses. Sont seulement légèrement solubles ou pas du tout dans l'eau et sont présents dans le protoplasme sous forme d'émulsion plus ou moins stable qui a tendance à s'assembler en grosses gouttelettes. Par contre, ils sont solubles dans les solvants (acétone, dioxyde de carbone, chloroforme, etc.), dans les graisses et contrairement aux glycérideselles sont solubles dans l'alcool (**BENAYAD, 2008**).

Selon **DJOSSOU (2006)** le marché international des huiles essentielles possède son importante place à côté des produits commercialisés (**Tableau 6**).

Tableau 6 : Estimation de la production d'huile essentielle de quelques pays en milliers de dollars (**DJOSSOU, 2006**).

Pays	Valeurs (en milliers de dollars)
USA	145000
Chine	110000
URSS	30000
Maroc	30000
Bulgarie	26000
Inde	25000
France	20000
Egypte	12000
Espagne	10000
Algérie	8000
Haïti	8000
Madagascar	6000
Cote d'ivoire	3500
Burkina Faso	500
Cuba	500

II.2.3. Répartition et localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles ne se trouvent que chez les végétaux supérieurs qui sont distribués dans un nombre limité de familles. Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : Fleurs bien sûr (bergamotier, tubéreuse...) mais aussi feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier...) et, bien que cela soit moins habituel, dans des écorces (cannelier), des bois (bois de rose, santal...), des racines (vétier), des rhizomes (curcuma, gingembre...), des fruits (toutépices, anis, badiane...), des grains (muscade...). La composition de ces huiles essentielles peut varier selon leur localisation (**BRUNETON, 1999**).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles est généralement associée à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante :

- Cellules à huiles essentielles des Lauraceae ou des Zingiberaceae,
- Poiles sécréteurs des Lamiaceae,
- Poches sécrétrices des Myrtaceae ou des Rutaceae,
- Canaux sécréteurs des Apiaceae ou des Asteraceae (**BRUNETON, 1993**).

II.2.4. Caractères physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont liquides à température ambiante mais également volatile, ce qui les différencie des huiles dites fixes. Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, entraînaibles à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau. Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau. Elles présentent une densité en général inférieure à celle de l'eau et un indice de réfraction élevé. Elles sont pour la plupart colorées car elles peuvent être rougeâtres pour les huiles de cannelle et une variété de thym, jaune pâle pour les huiles de sauge sclarée et de romarin officinal. Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation. Par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité. Ainsi que, L'utilisation de flacons en verre opaque est recommandée. Il est constitué de molécules ayant un squelette carboné et le nombre d'atomes de carbone varie de 5 à 22(le plus souvent 10 ou 15) (**LAKHDAR, 2015**).

II.2.5. Propriétés et activités biologiques des huiles essentielles

Selon la littérature, les HE ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie : l'aromathérapie. En partant de ce principe, les huiles essentielles ont de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, ils sont utilisés pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses, mais ils possèdent également des propriétés cytotoxiques proches des antiseptiques en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre (**MAY et al., 2000 ; BURT, 2004 ; WANNISSORN et al., 2005 ;HAMMOUDI, 2008 ; FERHAT et al., 2009 ; FISHER et PHILLIPS, 2009 ;TOHIDPOUR et al., 2010**).

II.2. 5.1. Effet Antibactérien des huiles essentielles

Selon **BENAYAD (2008)**, les phénols (carvacrol, thymol) possèdent le coefficient antibactérien le plus élevé, suivi des monoterpénols (géraniol, menthol, terpinéol), aldéhydes (néral, géranial), etc.

II.2.5. 2. Effet Antivirale

Les virus entraînent l'apparition d'effets pathogènes très diverses, dont certaines posent aujourd'hui des problèmes non résolus. Les HE constituent une aubaine pour traiter ces fléaux infectieux, les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques (**BENAYAD., 2008**).

II.2.5. 3. Antifongique

Les mycoses sont d'une actualité criante, car les antibiotiques prescrits de manière abusive favorisent leur extension, avec les HE on utilisera les mêmes groupes que ceux cités plus haut, on ajoutera les sesquiterpéniques et les lactones sesquiterpéniques. Par ailleurs, les mycoses ne se développent pas sur un terrain acide. Ainsi il faut chercher à alcaliniser le terrain (**BENAYAD., 2008**).

Les activités antifongiques de nombreuses huiles essentielles, incluant les huiles de thym, de citronnelle, de cannelle et de l'arbre à thé ont été décrites par **BURT (2004)**. L'efficacité des huiles extraites des achillées, *Achilleafragrantissima* (**BAREL et al., 1991**), *A. setacea*, *A. teretifolia* (**UNLU et al., 2002**) et *A. millefolium* (**CANDAN et al., 2003**), contre la levure pathogène *Candida albicans*, a également été mise en évidence.

II.2.5. 4. Antiparasitaire

Le groupe des phénols possède une action puissante contre les parasites (**BENAYAD, 2008**).

II.2.5.5. Antiseptique

Les aldéhydes et les terpènes sont connus pour leurs propriétés antiseptiques et antiseptiques et jouent un rôle dans la prévention de la propagation d'agents pathogènes (**BENAYAD, 2008**).

II.2.5.6. Antioxydant

Plusieurs études ont prouvé que de nombreuses huiles essentielles, comme les huiles de cannelle, de piment, de laurier et d'origan, présentent un pouvoir antioxydant (**MANTLE et al., 1998 ; KARIOTI et al., 2006**).

Le pouvoir antioxydant des HE est développé comme substitut dans la conservation alimentaire. Ce sont surtout les phénols et les polyphénols qui sont responsables de cette activité. La teneur en antioxydant de l'HE a été développée comme alternative à la conservation des aliments. Le phénol et les polyphénols sont principalement responsables de cette activité (**BENAYAD, 2008**).

II.2.6. Composition chimique

Les composants de l'HE appartiennent à deux groupes principaux, les terpénoïdes d'une part et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane, moins fréquents d'autre part, pouvant contenir dans certains cas divers produits résultant de la décomposition contenant des composants non volatils (**BRUNETON, 1999**).

II.2.6.1. Les composés terpéniques

Les principaux constituants des HE sont les hydrocarbures terpéniques (C_5H_8) (**tableau 7**), dont les plus fréquents les monoterpènes proprement dit ($C_{15}H_{16}$) et les sesquiterpènes ($C_{15}H_{24}$) (**figure 10**) et on peut aussi trouver les terpènes sous forme tri et tétraterpènes (**ALLINGERN, 1976**).

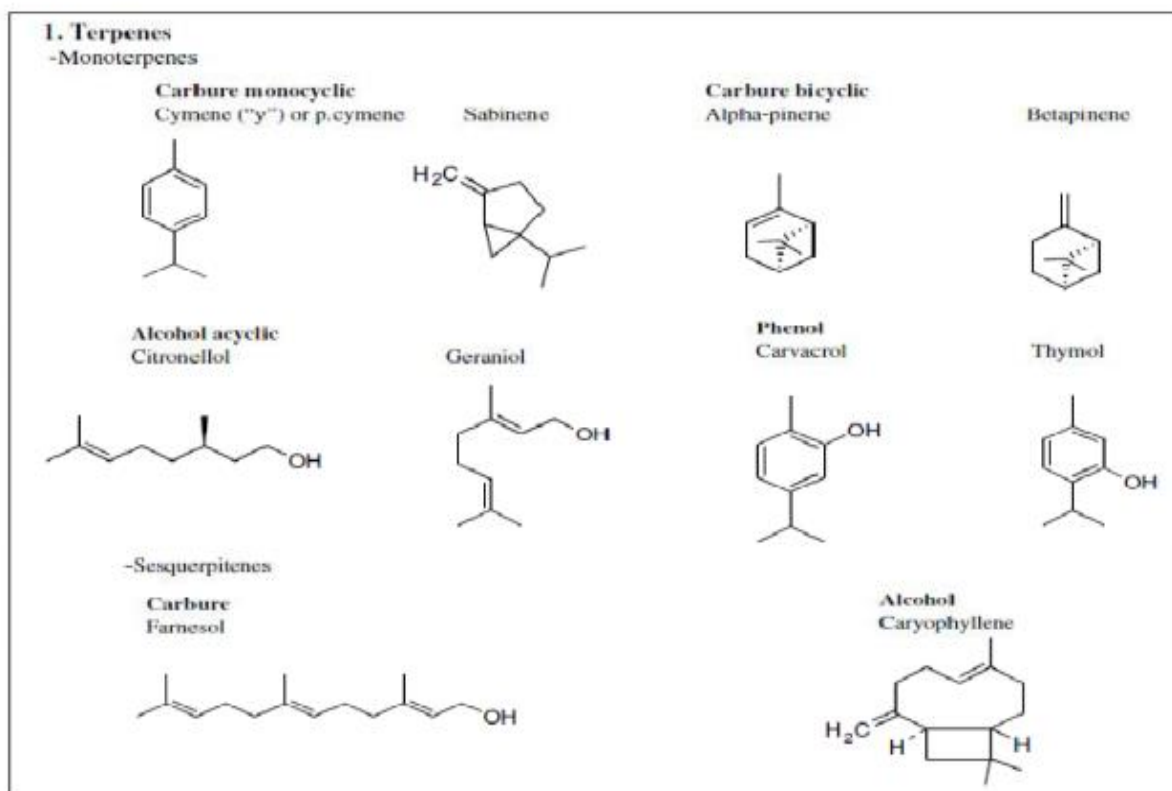


Figure 10: Structure chimique des composés sélectionnés (les terpènes) des huiles essentielles (BAKKALI et al., 2008).

En général, une huile essentielle est un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures (RHAYOUR., 2002).

Selon PIBIRI (2006), la structure varie en fonction du :

- ✚ Nombre d'atomes de carbone qui la constitue ;
- ✚ Caractère saturé ou insaturé des liaisons, et leur agencement : linéaire ou cyclique ;
- ✚ La configuration spatiale (forme de chaise, de bateau, de trièdre...) ;
- ✚ La nature des groupes fonctionnels : terpènes, alcools terpéniques, cétones, phénols.

Tableau 7 : Nomenclature des terpènes (MARRIOTTA *et al.*, 2001)

Nombre d'atomes	Unité d'isoprène	Nomenclature
10	2	Monoterpènes(C10)
15	3	Sesquiterpènes(C15)
20	4	Diterpènes(C20)
25	5	Sesterpènes(C25)
30	6	Triterpènes(C30)
40	8	Tétraterpènes(C40)

II.2.6.2. Les composés aromatiques

Les composés aromatiques sont des dérivés du phénylpropane (C6-C3) qui sont les aldéhydes, alcools, phénol, méthoxy, et dioxyde de méthylène (figure 11) (BAKKALI *et al.*, 2008 ; BAJPAI *et al.*, 2012).

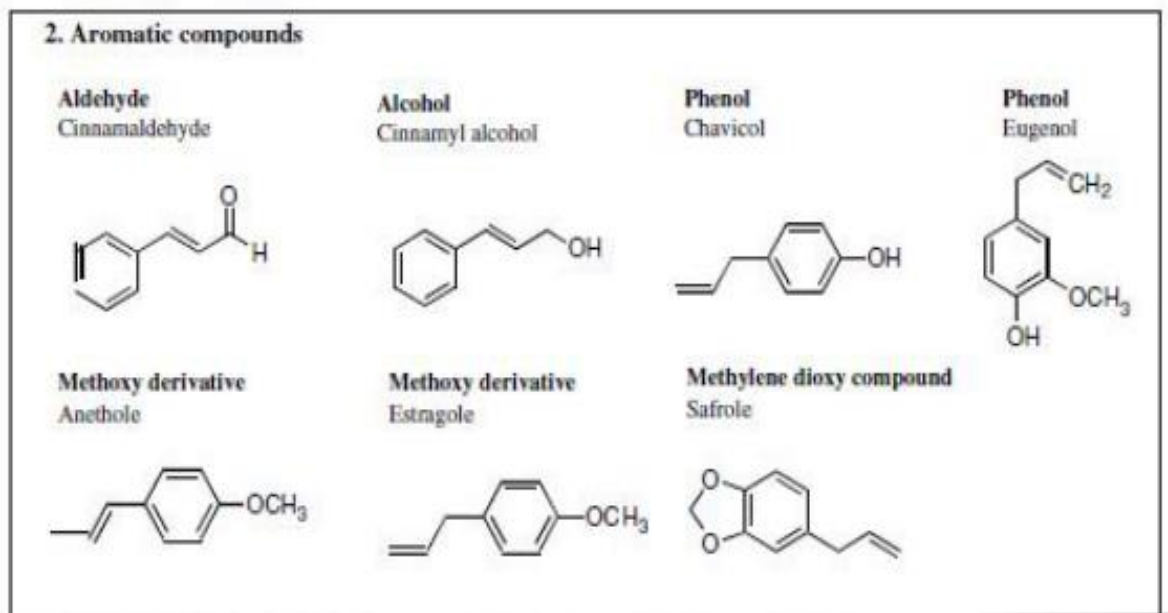


Figure 11 : Structure chimique des terpènes d'huiles essentielles (BAKKALI *et al.*, 2008).

II.2.6.3. Composés d'origines diverses

Dans les huiles essentielles on peut trouver divers composés de diverses origines dont parmi celle de dégradation d'acides gras, de dégradation des terpènes ainsi que les composés azotés ou soufrés (**BRUNETON, 1999**)

II.2.7. Stockage et conservation

Il est préférable d'appliquer une protection contre la lumière à toutes les plantes, car la luminosité peut accélérer de nombreux processus chimiques et entraîner la détérioration ou la modification des composants existants dans les feuilles et les fleurs. En plus, la température est un autre paramètre important et il est reconnu qu'une augmentation de température de 10°C double le taux de détérioration. Par conséquent, il est préférable de stocker les plantes dans un endroit à température et humidité relativement constantes (**WICHTEL et ANTON 1999**).

En raison de l'évaporation rapide et de la sensibilité à l'air et à la lumière, les huiles essentielles doivent être conservées dans un flacon opaque et hermétiquement fermé (**VALNET, 1984 ; SALLE et PELLETIER, 1991**).

II.2.8. Facteurs de variabilité des huiles essentielles

Une huile essentielle reste modulable en fonction des besoins particuliers de la plante. Sa composition donc n'est pas statique (**BRUNETON, 1987 ; PERRY et al., 1999**). De ce fait, la qualité des huiles essentielles varie selon plusieurs facteurs dont parmi on cite :

a) - Origine botanique

La composition d'une huile essentielle varie selon l'espèce productrice (**PADRINI et LUCHERONI 1996**).

b) - Cycle végétatif

Pour certaines espèces, la proportion des différents composants des huiles essentielles peut varier à tous les stades de développement. Des différences parfois très importantes sont observées chez certaines espèces, par exemple, pour la coriandre, la teneur en linoléique est 50% plus élevée que celle des fruits mûrs par rapport aux fruits verts. En conséquence, vous devez choisir la date de la récolte (**BRUNETON, 1999 ; JUTEAU et al., 2002 ; SCHWOB et al., 2004 ; YAYI et al., 2004 ; JORDAN et al., 2006 ; SEFIDKON et al., 2007**).

c)- Nature du sol

Les pratiques culturelles sont également cruciales pour le rendement et la qualité du produit final. La contribution des engrais et l'effet des différences (N, P, K) ont été étudiés pour différentes espèces (**OLIVEIRA et al., 2005 ; PENG & YANG, 2005 ; ZHELJAZKOV et al., 2005 ; BEKHECHI et DJAMEL 2010**).

d)- Influence du procédé d'obtention

La viabilité des constituants des huiles essentielles montre que la composition du produit obtenu par hydro distillation diffère dans la plupart des cas du mélange initialement trouvé dans les sécrétions végétales. En fait, pendant l'hydro-distillation, l'eau et la température peuvent provoquer l'hydrolyse d'esters, ainsi que des réarrangements, des isomères ainsi que la transpiration et l'oxydation (**BRUNETON, 1999 ; KHAJEH et al., 2004 et 2005; VILJOEN et al., 2006; SEFIDKON et al., 2007**).

e) -Lumière et température

Ce sont les paramètres les plus influents sur la composition des huiles essentielles, de plus, ils les travaillent simultanément. Certains auteurs reconnaissent que la quantité d'essence augmente le jour et atteint son maximum l'après-midi ou le soir et diminue la nuit (**PADRINI et LUCHERONI, 1996 ; BRUNETON, 1999**).

f) -Facteurs génétiques

Les chimiotypes ou races chimiques sont très fréquents chez les plantes à huiles essentielles, et ceci pour une même espèce botanique. Ces races chimiques peuvent fournir de par leur composition, différentes huiles essentielles (**BAUDOUX, 1997 ; BEKHECHI et DJAMEL, 2010**).

II.2.9. Toxicité des huiles essentielles

Les HE sont des molécules actives. Elles peuvent avoir de graves effets secondaires. Il est important de respecter la posologie et la durée de la prise. Parmi ces effets citons : des effets allergisants ou hypersensibilisants, photosensibilisants dus aux furocoumarines, neurotoxiques dus aux cétones, néphrotoxiques dus aux terpènes majoritaires dans l'huile essentielle de Térébenthine et des rameaux de Genévrier, hépatotoxiques dus aux phénols pris pendant des laps de temps trop importants ou à doses massives. On peut citer l'eugénol, qui est l'un des constituants du Thym, et qui a une action fortement hépatotoxique.

Chez l'enfant, 10 ml eugénol peut conduire à une insuffisance rénale. Dans d'autres études, il a été démontré que le linalol, l'un des constituants d'une autre espèce de thym, est considérée comme une molécule cytotoxique pour les cellules de la peau humaine (EISENHUT., 2007 ; ELKOLLI., 2008).

II.2.10. Contrôle de qualité des huiles essentielles

Selon PIBIRI (2006), une huile essentielle pure et naturelle est caractérisée par sa composition strictement « végétale », contrairement aux essences synthétiques ou « identiques naturelles » intégralement reconstituées à partir de composés chimiques de synthèse.

Selon la Pharmacopée française et européenne, le contrôle des huiles essentielles s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures physiques : indice de réfraction, pouvoir rotatoire et densité relative. La couleur et l'odeur sont aussi des paramètres importants à prendre en considération. La meilleure carte d'identité quantitative et qualitative d'une huile essentielle reste cependant le profil chromatographique en phase gazeuse. Il permet de connaître très exactement la composition chimique et de rechercher d'éventuelles traces de produits indésirables tels des pesticides ou des produits chimiques ajoutés (PIBIRI, 2006).

II.3. Procédés d'extraction des huiles essentielles

II.3.1. Choix de la méthode d'extraction

La diversité et la complexité des huiles essentielles rendent le choix des processus d'obtention délicat. La méthode choisie ne doit pas conduire à la discrimination entre les composés polaires et apolaires, ni induire de réactions biochimiques, de dégradations thermiques, d'oxydation, de réduction, d'hydrolyse, de changement de pH ou entraîner une perte de composés volatils. Pour cela, différents paramètres et propriétés sont à prendre en compte (FERNANDEZ et CABROL-BASS, 2007).

II.3.2. La distillation

BENJILALI (2004) signale que la distillation peut être définie comme étant la séparation des constituants d'un mélange de deux ou plusieurs composants en fonction de leur température de passage à l'état gazeux (ébullition ou sublimation). La distillation peut s'effectuer avec recyclage de l'eau de distillation (cohobation), ou sans recyclage. La production des huiles essentielles se ferait donc en deux étapes : la diffusion de l'huile

essentielle de l'intérieur des tissus vers la surface du matériel végétal, et l'évaporation et entraînement à la vapeur d'eau.

La technique d'extraction des huiles essentielles utilisant l'entraînement des substances aromatiques grâce à la vapeur d'eau est de loin la plus utilisée à l'heure actuelle. La méthode est basée sur l'existence d'un azeotrope de température d'ébullition inférieure aux points d'ébullition des deux composés, l'huile essentielle et l'eau, pris séparément. Ainsi, les composés volatils et l'eau distillent simultanément à une température inférieure à 100°C sous pression atmosphérique normale. En conséquence, les produits aromatiques sont entraînés par la vapeur d'eau sans subir d'altérations majeures (**FRANCHOMME et al., 1990**).

BRUNETON (1999), montre que le principe de la distillation repose sur la propriété qu'ont les huiles essentielles d'être volatiles sous l'effet de la chaleur, l'huile est alors entraînée par la vapeur d'eau, après condensation, l'huile essentielle se sépare du distillat par décantation.

Il existe deux méthodes de base de distillation pour l'obtention des huiles essentielles qui reposent sur le même principe : entraînement des constituants volatils du matériel végétal par la vapeur d'eau. La différence entre eux réside dans le degré de contact entre l'eau liquide et le matériel (**BENJILALI, 2004**).

a) -L'hydro-distillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait-là plus anciennement utilisée. La matière végétale est immergée directement dans un alambic rempli d'eau, placé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau surnage au-dessus de l'hydrolat (**figure 12**). Cependant, l'hydro-distillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (**LUCCHESI, 2005**).

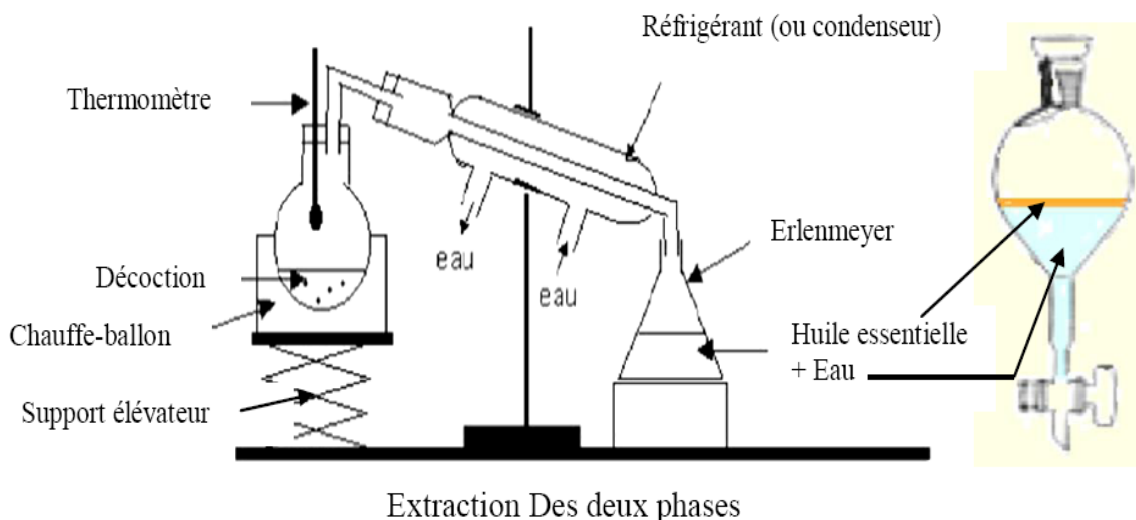


Figure 12 : Schémas des étapes de l'hydro-distillation (LAGUNEZ, 2006).

b) -L'entrainement à la vapeur d'eau

Dans ce type de distillation, le matériel végétal ne macère pas directement dans l'eau. Il est placé sur une grille perforée au travers de laquelle passe la vapeur d'eau (**figure 13**). La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant. Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques (LUCCHESI, 2005).

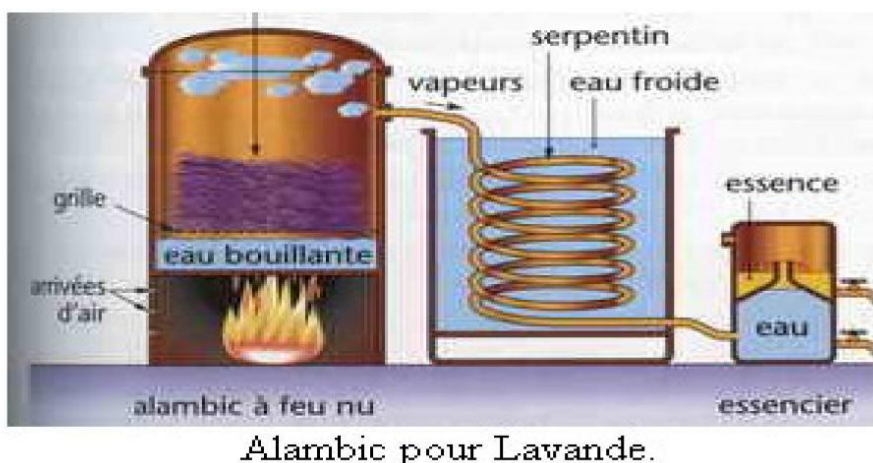


Figure 13 : Principe schématisé de l'appareillage d'extraction par entrainement à vapeur (LUCCHESI, 2005).

c) - Extraction par les solvants

L'extraction par les solvants est précédée d'une division de la plante. Le choix du solvant est influencé par des paramètres techniques et économiques. Les solvants les plus utilisés, sous réserve de législation restrictive particulière, sont les hydrocarbures aliphatiques : éther de pétrole, hexane mais aussi propane ou butane liquides. On a également recouru aux solvants halogénés et l'éthanol. Après l'extraction, le solvant est distillé. Enfin d'opération, le solvant qui imbibe la masse végétale est récupéré par injection de vapeur d'eau dans celle-ci (**BRUNETON, 1999**).

II. 4. Plantes étudiées

Ammoïdes verticillata

A. Description botanique d'*Ammoïdes verticillata*

Ammoïdes verticillata est une plante odorante qui pousse spontanément dans le Nord de l'Afrique ainsi qu'en Nord d'Asie. Cependant, les principaux cultivateurs sont l'Inde et Perse. Les deux grandes qualités d'*Ammoïdes verticillata* sont sa forte action stimulante et son remarquable pouvoir antimicrobien (**BEKHECHI et ABDELOUAHID, 2004**).

Selon **QUEZEL et SANTA (1963)**, cette espèce végétale qui pousse spontanément est annuelle, à souche filiforme, à tige très ramifiée de 10-40 cm, sans rosette de feuilles basales. Feuilles inférieures pétiolées à nombreux segments multifides verticillés, les supérieures pennatifides à segments linéaires. Ombelles principales à 8-15 rayons. Fruits ovoïdes de moins de 1 mm de long (**figure 14**). Trouvé généralement dans la nature ; On la trouve généralement dans les champs, les pelouses, les montagnes et les forêts.

Cette plante est fortement aromatique et piquante ; son odeur est très agréable mais très diffusible et intense ; fortement balsamique, persistante même après la dessiccation (**DAINE et MOSTEFAL, 1998**).

Noms vernaculaires

Nounkha, Nûnkha, Ajowan ou Ajawain

En Arabe : Taleb El Koubs (**ABDELOUAHID et BEKHECHI, 2004**).

Noms scientifiques

Ptychotis verticillata, *Ammoïdes* (ou *Ptychotis*) *verticillata* *Trachyspermum* Boiss (**QUEZEL et SANTA, 1963**).

Carum copticum (Benth et Hook) (**GOUDARZI et al., 2011**).



Figure 14 : *Ammoides verticillata* (ABDELOUAHID et BEKHECHI., 2004).

B. Classification botanique de la plante

Ammoides (ou *Ptychotis*) *verticillata* est classé selon la clé de détermination botanique, d'après QUEZEL et SANTA (1963) ; GUINOCHET et VILMORIN (1975) comme suit :

Tableau 8 : Classification botanique d'*Ammoides verticillata* (QUEZEL et SANTA, 1963)

Embranchement	<i>Phanérogames</i>
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous classe	<i>Dialypétales</i>
Série	<i>Calciflores</i>
Ordre	<i>Ombellales</i>
Famille	<i>Ombellifères</i>
Genre	<i>Ammoides</i> ou <i>Ptychotis</i>
Espèce	<i>Ammoides verticillata</i>

C. Propriétés thérapeutiques de cette plante

D'après l'enquête thérapeutique réalisée par **FELIDJ et al. (2010)** effectuée auprès de la population locale Tlemceniène, la plante est utilisée aussi bien pour des fins culinaires que thérapeutiques. C'est une plante aux effets antispasmodiques, laxatifs, diurétiques, antiinflammatoires qui peut aussi servir comme condiment culinaire. Les types d'utilisation sont repris dans le tableau suivant (**tableau 9**).

Tableau 9 : Utilisation d'*Ammoïdes pussila (verticillata)* par la population de Tlemcen (**FELIDJ et al., 2010**).

Parties de la plante utilisée	Indication	Mode d'emploi
Plante entière	Fièvre Rhume et grippe Problèmes respiratoires Infections rénales Parasites intestinaux Cycle douloureux Antispasmodique Laxatif Migraines et sinusites Boissons rafraîchissantes	Inhalation Inhalation ou infusion de la plante mélangée avec de citron Inhalation ou infusion Infusion Infusion ou plante en poudre mélangée avec de miel Infusion Infusion Infusion infusion
Feuilles	Condiment culinaire Abscesses furoncles	Sauces Soupes Conservateurs d'aliment confit (antifongique) Cataplasme
Racines	Diurétique	Décoction mélangée avec de miel.

Thymus ciliatus ssp. *eu-ciliatus*

A. Description botanique du *Thymus ciliatus* ssp. *eu-ciliatus*

Thymus ciliatus (Desf) Benth. Se présente sous forme de petits arbustes, mais qui peuvent former de bonnes touffes réparties sur le sol. Les feuilles florales diffèrent de la choline et sont généralement fortement développées à la base. Effet du frottement, des matériaux corrosifs, sur les substrats de silice et de silice et un bon drainage du sol (BENABID, 2000).

Noms vernaculaires

Plusieurs appellations de *Thymus ciliatus* ont été reportées dans la littérature

En Français : Thym (TRABUT., 1935)

EnArabe : Zaitra (QUEZEL et SANTA., 1963)

Zaateur (TRABUT., 1935)



Figure 15: Thym (*Thymus ciliatus*) (GHERMAN et al., 2000)

B. Classification botanique de *Thymus ciliatus*

Selon QUEZEL et SANTA (1963), la classification qu'occupe *Thymus ciliatus* dans la systématique est la suivante :

Tableau10 : Classification botanique de *Thymus ciliatus* (QUEZEL et SANTA, 1963)

Embranchement	Phanérogames
Sous Embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous Classe	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Thymus</i>
Espèce	<i>Thymus ciliatus</i>

C. Propriétés thérapeutiques de cette plante

L'huile essentielle de thym contient un goût très piquant, aromatique et herbeux, préservé par un séchage minutieux. Il contient du thymol dans des proportions variables en fonction de l'origine de l'espèce en particulier (**HADDOUCHE, 2010**).

En pharmacie, le thymol et le carvacrol sont utilisés dans les bains de bouche, les dentifrices, les savons, les pommades, les lotions, les aides pour la gorge ainsi que les traitements des gripes (**HADDOUCHE, 2010**).

En aromathérapie, les indications de l'huile essentielle de thym sont nombreuses, on peut citer : abcès, arthrite, brûlures cystite, diarrhée, eczéma, oedème, maladies infectieuses, morsures d'insecte, insomnie, l'obésité, circulation insuffisante, sinusite, blessures, entorses et l'infection de l'appareil urinaire, soulage les maux de tête et les migraines. Grâce au thymol, l'huile essentielle de thym fonctionne comme expectorant et est fréquemment employé en sirops contre la toux (**HADDOUCHE, 2010**).

Partie expérimentale

III.

Matériel et méthode

III. 1. Matières premières (végétal) et extraction des huiles essentielles

a/ Matériel végétal

Les deux espèces de *Thymus ciliatus* (T.C.) et *Ammoides verticillata* (A.V.) ont été collectés à deux régions (respectivement à Heneya et Remchi) de la wilaya de Tlemcen (**figure 16**), durant le mois de mai 2018 pour A.V et le mois d'avril 2019 pour T.C. Nous avons pris toute les parties des deux plantes (tige, feuille, fleurs) et ensuite déposé dans un endroit sombre, sec et aéré afin de les sécher. Puis elles sont conservé dans des boites en carton jusqu'à leurs utilisation.

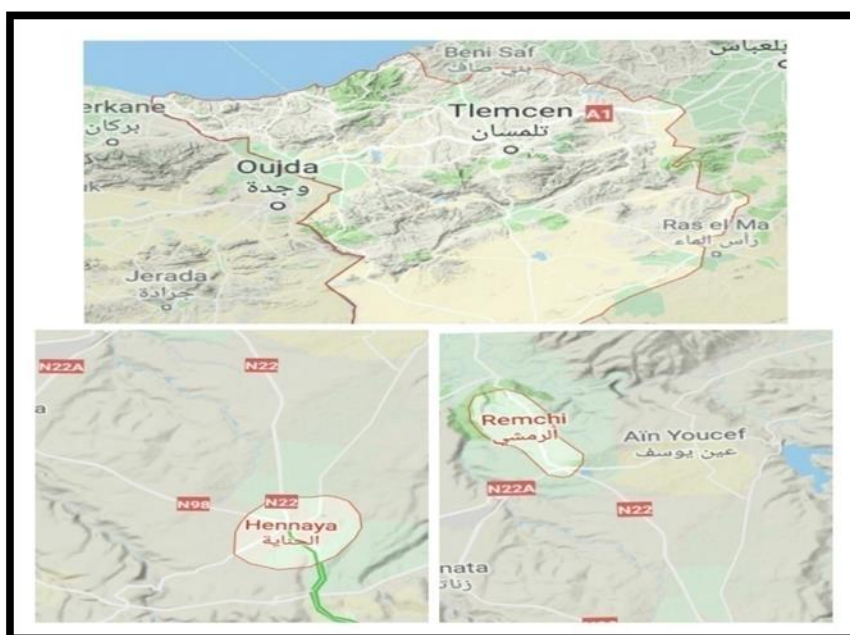


Figure 16 : La situation géographique de deux régions de collecte (Google Maps, 2019).

<https://www.google.com/maps/@34.9490583,-1.3866808,11z?hl=fr>

b/ Extraction des huiles essentielles



Définition des huiles essentielles

Selon la septième édition de la Pharmacopée européenne, les HE sont définis comme : «Produit odorant, généralement complexe, est obtenu à partir d'une matière première végétale, définie botaniquement, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation à sec, soit par une méthode mécanique appropriée sans chauffage»(ASBAHANI et al. 2015).

Hydrodistillation

Le système d'hydrodistillation est recommandé par Clevenger (**figure 17**) dans la troisième édition de la Pharmacopée européenne pour déterminer les rendements en H.E. Ce système permet le recyclage des condensats par un système de cohobation (**ASBAHANI et al. 2015**). Il consiste à immerger le matériel végétal directement dans un alambic encore rempli d'eau placée sur la source de chaleur. Le tout est ensuite bouilli. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle est séparée de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau (sauf quelques rares exceptions), elle surnage au-dessus de l'hydrolat (**PIOCHON, 2008**).

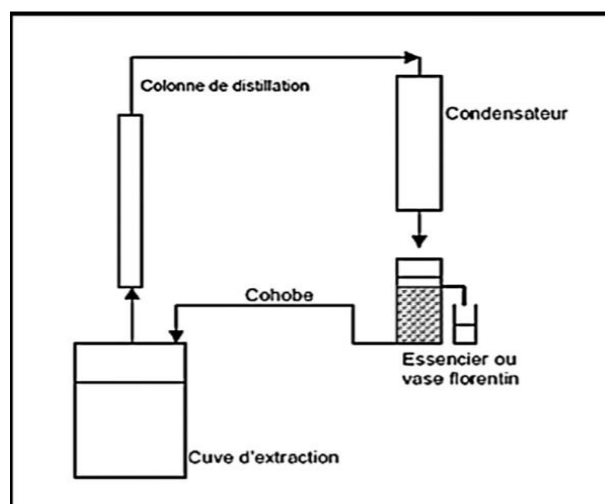


Figure 17 : Composition de l'appareil d'hydrodistillation(**RICHARD, 1999**).

Extraction de l'huile essentielle

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée au laboratoire de substances naturelle et bioactives (LASNABIO) pour A.V et pour T.C nous avons effectué cette opération au niveau du laboratoire du parc national de Tlemcen à Lala Seti.

Pour les deux extractions, cette opération a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger en mélangeant les matières végétales avec de l'eau et puisque l'extraction s'est déroulée dans deux laboratoires différents ça a nécessité deux appareils différents ;en premier lieu au niveau du laboratoire LASNABIO où le montage était de petite taille (**figure 18**) qui n'a pas permis l'extraction de grandes quantités ce qui a nécessité l'utilisation de deux montages d'une contenance de 300g par contre au niveau du laboratoire

du parc national de Tlemcen l'alambic utilisé a permis l'extraction de la totalité de la plante récolté (4 kg de matières végétal)(**figure 19**).

Dans les deux cas, l'ensemble (eau plus la plante) est porté à ébullition pendant 3h, le chauffage permet donc l'explosion de glandes contenant des huiles essentielles dans la structure de la plante, puis libère des particules volatiles. Les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide menant à une phase organique (huile essentielle) qui est séparée de l'hydrolat par décantation (**ATTOU, 2017**).



Figure 18 : L'appareil d'hydrodistillation (laboratoire LASNABIO) (**photo original**).



Figure 19 : L'alambic d'hydrodistillation (laboratoire de parc national de Tlemcen) (**photo original**).

Détermination des rendements en huiles essentielles

Le rendement des huiles essentielles (**figure 20**) est obtenu par le calcul du rapport entre la masse des huiles essentielles obtenues et la masse de matière végétale traitée. Le rendement est calculé comme suit :

$$R_{at}\% = M/M_0 \times 100$$

R_{at}% : Rendement en huile essentielle.

M : Masse d'huile essentielle récupéré (g).

M₀ : Masse de matière végétale à traiter (g).



Figure 20 : Le rendement d'extraction des deux plantes (**photo Original**).

III. 2. Huiles essentielles utilisées

Les huiles essentielles utilisées sont extraites à partir de *Thymus ciliatus* et *Ammoides verticillata*, conservées dans des tubes en verre bien fermé et sombre pour éviter toute dégradation de ces huiles due à l'action de l'air et de la lumière.



Figure 21 : Pilulier contenant les deux huiles essentielles d'A.V et T.C (photo original)

III. 3. Choix de l'huile organique

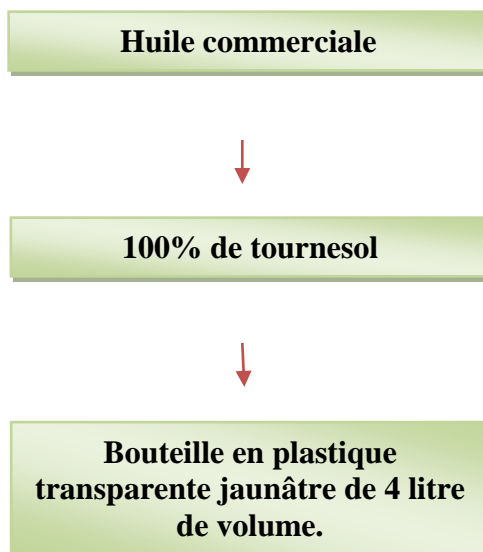
✚ L'huile de tournesol

Le tournesol est la plante annuelle à graines oléagineuses dont le nom scientifique est *Helianthus annuus*L. L'appellation tournesol provient de sa tendance à se tourner vers le soleil pendant la journée, alors que son nom scientifique indique la forme caractéristique de son inflorescence composée, ou capitule et en grec Helios signifie soleil et anthos signifie fleur (KARTIKA., 2005).

L'huile extraite à partir des graines de tournesol est de couleur jaune citron, limpide, de saveur douce et d'odeur légère et agréable. Il présente une grande diversité dans sa composition en Acides Gras et de composés secondaires, tels que le tocophérol et les phytostérols (SADOUDI, 2014).

L'huile de tournesol est largement utilisée dans l'alimentation et est très appréciée comme source d'acide linoléique essentiel (cis-9, cis-12-octadécadiénoïque) (YANISHLIEVA et al. 1997), (C18 :2, ω 6)et carencée en acide α -linoléique (C18 :3, ω 3)(SADOUDI., 2014). Comme d'autres huiles insaturées, elle est utilisée non seulement comme huile de salade mais aussi pour la friture d'aliments (YANISHLIEVA et al. 1997).

Pour cette raison que nous avons utilisé une huile commerciale 100% tournesol. De ce faite, L'huile a été achetée auprès de détaillants pour être utilisée pour la friture.



III. 4. Matériel utilisée

- Balance ;
- Plaque chauffante ;
- Micropipette ;
- Etuve ;
- Huile végétal (100% tournesol) ;
- Huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Ammoides verticillata* à la concentration de 0,2% ;
- Thermomètre (pour contrôler la température de 180°C) ;
- 4 flacons de 1L rempli d'huile (1 pour huile de tournesol et 3 pour huile de tournesol + huiles essentielles) ;
- 24 tubes à essai (12 tubes pour le chauffage et 12 tubes sans chauffage, chaque 3 tube représentent un lot bien déterminé) et portoir en métallique et en plastique ;
- Pomme de terre et un pan pour la friture ;
- Marqueur.

III. 5. Mode opératoire

L'objectif de notre recherche est d'étudier le comportement d'huile végétal additionné d'huile essentiel et de déterminer les caractéristiques chimiques à savoir l'indice de saponification, indice d'iode, indice d'acide, indice de peroxyde et d'ester. Ces différents indices ont été déterminés durant les cinq jours de l'expérimentation.

III. 5. 1. Préparation de concentration

A. Préparation des différentes concentrations pour friture

Nous avons mentionné sur les quatre bouteilles en verre d'huile de friture (**figure 22**), les différents types HE avec les concentrations suivantes : 0,2% d'A.V, et de T.C et un troisième lot constitué d'un mélange des deux huiles essentielles à raison de 0,1% d'A.V et 0,1% de T.C (ce qui donne un ensemble de 0,2 d'HE), en plus d'un lot témoin à 0% d'HE.



Figure 22 : Flacons de 1L pour remplir l'huile de tournesol après friture (**photo Original**).

Puis, à l'aide d'une micropipette nous avons pris le volume de 2ml qu'on a mis dans un litre d'huile de tournesol afin d'avoir la concentration de 0,2 % pour les deux huiles essentielles dans l'huile de tournesol que nous avons déjà mis dans les quatre bouteilles en verre préalablement marquées (**figure 23**), après, nous avons bien agité l'ensemble pour obtenir un bon mélange.



Figure 23 : Préparation de la concentration de 0,2% d'huile essentiel dans un litre d'huile de tournesol destiné à la friture (**photo Original**).

B. Préparation des différentes concentrations entre huiles essentielles et l'huiles organiques destinées pour le chauffage et non chauffage

Nous avons appliqué les mêmes principes de la première préparation, sauf que dans ce cas les volumes préparés sont différents car nous avons pris 20 μ l d'huiles essentielles (d'A.V. et de T.C. chaque et un mélange de d'A.V. et de T.C.) que nous avons ajouté à neuf tubes contenant 10ml d'huiles de tournesol que nous avons bien agité afin d'avoir la concentration finale de 0,2% en plus trois tubes considéré comme témoin (sans HE) et dans ce cas il y aura juste un chauffage (sans friture) (**figure 24**).

Pour les tubes non chauffés, les mêmes préparations de mélanges d'huile essentielles et huiles de tournesol ont été réalisé pour neuf tubes, en plus de trois tubes considérés comme témoin négatif (sans chauffage et sans HE) (**figure 25**).



Figure 24 : Tubes à essai rempli par le mélange d'huile de tournesol et huile essentiel (A.V et T.C) pour un chauffage de 180°C (**photo original**).



Figure 25 : Tubes à essai remplis par huile de tournesol et mélange d'huile et huile essentiel sans chauffage laissé dans un endroit sec (**photo Original**)

III. 5.2. Friture

La friture doit être réalisée dans un récipient à bord haut, en tenant compte des proportions d'un volume d'aliment pour trois volumes d'huile afin de réduire les débordements liés au phénomène de mousse. Les aliments frais ou surgelés doivent être séchés pour éviter les pulvérisations, limiter l'hydrolyse de l'huile et l'émission de fumées. Lorsque l'huile est chauffée à 175/180°C, l'eau se met en effet instantanément en ébullition, se transforme en vapeur d'eau, provoquant l'apparition de bulles plutôt grosses qui font bouillonner le bain de friture (**COMBE et ROSSIGNOL-CASTERA., 2010**).

Suivant le protocole de **MIGUEL et al. (2014)**, nous avons appliqué l'opération de friture qui consiste à faire frire les pommes de terre dans un bain du mélange d'huiles (de tournesol et essentielles à 0,2% de chaque et du mélanges d'HE) à une température de 180°C pendant 20min (**figure 26**). Après ce temps les quatre flacons sont laissés pour se refroidir dans un endroit sec et à l'abri de la lumière pour qu'ils soient prêts à la mesure chimique des différents indices (**figure 27**). Cette opération a été répétée pendant cinq jours.



Figure 26 : L'opération de friture dans un bain d'huile avec ½ Kg de pomme de terre à une température de 180°C (photo original).



Figure 27 : Huile de friture et mélange d'huile de friture et HE prête à analysé les différents indices (photo original).

III.5. 3. Chauffage des mélanges d'huiles

Pour les tubes à essai, nous avons mis neuf échantillons mélange d'huile de tournesol et HE plus les trois pour le témoin dans l'étuve chauffée à 180°C pendant 20 minutes, après ce temps les douze tubes chauffé et les douze tubes non chauffé qui sont mélangées d'huile végétale et HE (figure 28), laissé aussi dans un endroit sec et à l'abri de la lumière pour qu'ils sont prête à la mesure chimique de différentes indices (figure 29).

Nous avons aussi répété cette opération de chauffage durant cinq jours.



Figure 28: Les tubes à essai rempli d'huile et mélange d'huile et HE avant et après chauffage (photo Original).



Figure 29: Les tubes avec et sans chauffage prête pour analyser (photo Originale).

III. 6. Les caractères chimiques

A. Indice d'acide (I.A)

L'indice d'acide (I.A) est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potasse (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides libres renfermés dans un gramme d'huile (1g de corps gras). L'objectif de cette méthode est de neutraliser les acides libres par une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium titrée (WOLFF, 1968).

Le protocole expérimental

Suivant le protocole décrit par **WOLFF (1968)**, nous avons commencé par : peser 1 gramme d'huile, puis nous avons ajouté 5 ml d'éthanol à 96% et environ 5 gouttes de phénolphtaléine (indicateur coloré) à 0,2% et nous avons déversé dans l'erlenmeyer (**figure 30**). Après avoir ajouté du KOH (0,1 mol/ L) jusqu'à la couleur devienne rose, nous avons finalement remarqué et noté le volume de la solution d'éthanol de KOH ajoutée (**figure 31**).



Figure 30 : Pesé de 1 g de corps gras et l'addition de l'éthanol à 96% (photo original).



Figure 31 : L'ajoute de KOH (photo originale).

L'indice d'acide I.A est calculé selon la une formule suivante :

$$\text{I.A(mg de KOH/g d'huile)} = 5,61.V/m$$

V : Volume en ml de la solution éthanolique de KOH (0,1mole/l) utilisée pour le titrage

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

B. Indice de peroxyde

Indice de peroxyde est le nombre des substances de l'échantillon en kilogramme qui oxydent l'iodure de potassium. L'objectif de cette méthode consiste à titrer l'iode libéré avec une solution de thiosulfate de sodium à partir d'une prise d'essai en solution dans un mélange acide acétique et chloroforme (**LION, 1955**).

Le protocole expérimental

Nous avons pesé dans un erlenmeyer 2g d'huile de chaque échantillon, puis nous avons ajouté 10 millilitres de chloroforme, 15 millilitres d'acide acétique, puis 1 millilitre rapidement de solution d'iodure de potassium (Ki). Agiter le mélange pendant une minute et laisser reposer pendant 5 minutes à l'abri de la lumière après certain temps nous avons mis environ 75 millilitres d'eau distillée.

Après avoir ajouté d'amidon comme indicateur nous avons finalement titré l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium (0,002 N) ajoutée (**figure 36 et 37**).



Figure 32: Pesé de 2 g de corps gras puis l'ajout de 10 ml de chloroforme, 15 ml d'acide acétique, puis 1 ml de solution de Ki (**photo originale**).



Figure 33 : le titrage d'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium après l'ajout de l'amidon comme indicateur (**photo originale**).

L'indice de peroxyde est calculé par formule (WOLFF, 1968) :

$$IP = V \cdot T \cdot 1000 / m$$

V : = nombre de millilitres de solution de thiosulfate de sodium normalisé (0,01 ou 0,002 N, selon les indices prévus) utilisé pour l'essai, corrigé en fonction des résultats de l'essai à blanc ;

T : =facteur de normalité exact de la solution de thiosulfate de sodium (0,01 ou 0,002 N, selon les indices prévus) utilisée ;

m := poids (en grammes) de la prise d'essai.

C. Indice de Saponification (I.S)

Indice de Saponification est le nombre en milligrammes de potasse (KOH), nécessaire pour neutraliser les acides libres et saponifier les acides gras combinés (les esters) présents dans un gramme de corps gras (**LION, 1955**).

Le protocole expérimental

Nous avons pesé 1 gramme d'huile dans une fiole de chaque échantillon après avoir ajouté 25 ml de potasse alcoolique KOH à une concentration de 0,5 mol / L, puis chauffé le mélange dans un bain d'eau bouillante pendant 45 minutes. Nous avons ajouté 3 gouttes de phénophtaléine de 0,2%. À la fin, l'excès d'hydroxyde de potassium a été déterminé par une concentration en acide chlorhydrique de 0,5 mol / l (HCl) jusqu'à disparition de la couleur rose et l'apparition de la couleur initiale du mélange. Nous avons remarqué et noté le volume d'acide chlorhydrique (HCl) ajoutée (**figure 32 et 33**).



Figure 34 : Pesé de 1 g de corps gras puis l'ajout de 25ml de KOH (photo originale).



Figure 35: Fioles en chauffe + l'addition des gouttes de phénolphtaléine + le dosage par l'HCL(photo originale).

L'indice de saponification est calculé par la formule suivante : (WOLFF., 1968)

$$I.S \text{ (mg de KOH/g de l'huile)} = [(V_0 - V_1) \cdot C_{HCL} \cdot M_{KOH}] / m$$

V_0 : volume versé au témoin en ml de HCL =18

V : volume en ml de HCL utilisé pour l'échantillon à analyser.

m : masse de l'huile exactement pesée en gramme.

C_{HCL} : concentration de la solution d'acide chlorhydrique HCL en mol/l.

M_{KOH}: masse molaire du KOH en g/mol.

D. Indice d'iode (Ii)

Cet indicateur mesure le degré d'ingestion de matière grasse en déterminant le nombre de grammes d'iode associés aux doubles liaisons présentes dans 100 grammes de lipides (LION, 1955).

Le protocole expérimental

Nous avons pesé dans un erlenmeyer 1 g d'huile (corps gras), puis nous avons ajouté 20 ml de cyclohexane et 20 ml de réactif de Wijs. Ensuite nous avons gardé la solution à l'abri de la lumière pendant 20 à 30 minutes. Après ce temps, 20 ml de solution d'iodure de potassium (KI) et 100 ml d'eau distillée ont été ajoutés. Ensuite, le surplus d'iode est dosé avec une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) de 0,2 mol /l jusqu'à ce que le jaune disparaisse en raison de l'iode environ, la solution devient transparente (**figure 34 et 35**).

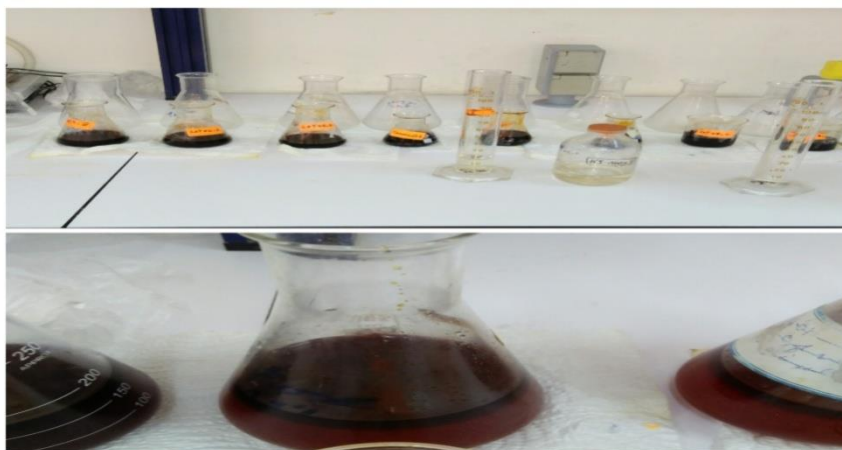


Figure 36 : L'échantillon après l'addition du cyclohexane et du réactif de WIJS (**photo original**).

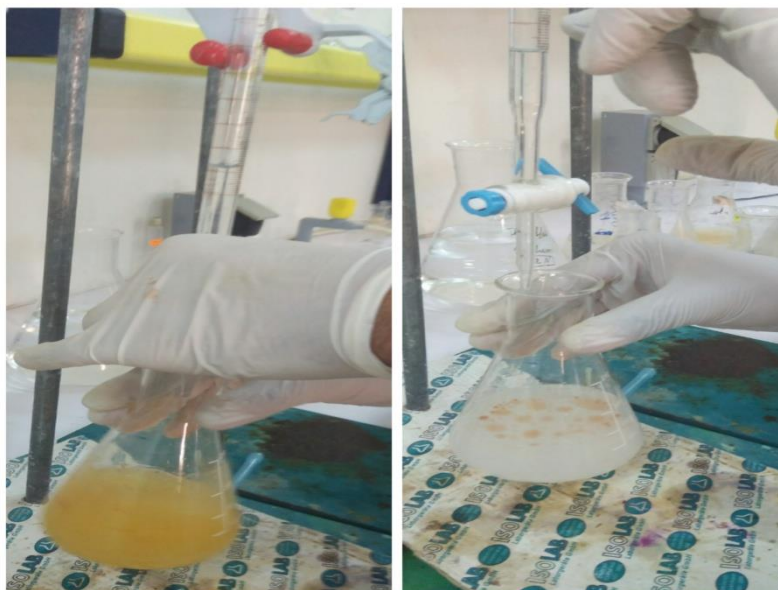


Figure 37 : Le titrage après l'ajout de Ki l'eau distillé (photo original).

L'indice d'iode est calculé par formule (WOLFF, 1968) :

$$I_i = 12.7 \cdot C_{S_2O_3^{2-}} / mg (VT - VD)$$

VT : Volume (en ml) de Na₂S₂O₃ (0,1 N) nécessaire pour titrer l'essai à blanc (VT=13,3).

VD : Volume (en ml) de Na₂S₂O₃ (0,1 N) nécessaire pour titrer l'échantillon.

C_{S₂O₃²⁻} : concentration molaire de thiosulfate de sodium utilisée dans l'essai (0,2mol/l).

mg : la masse en gramme de l'échantillon.

E. Indice d'ester (I.E)

L'indice d'ester d'un corps gras est la quantité de potasse exprimé en milligramme, nécessaire pour saponifier les acides gras combinés présentent dans 1g de corps gras (**LION, 1955**).

L'indice d'ester I.E est calculé par la relation suivante :(**WOLFF, 1968**)

$$\mathbf{I.E = I.S - I.A}$$

I.A : valeur d'indice d'acide.

I.S: valeur d'indice de saponification.

Troisième partie

III. Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous présenterons et discuterons les résultats obtenus au cours de notre étude qui concerne le rendement et l'analyse physico-chimique de l'huile de tournesol mélangée aux huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Ammoides verticillata* à raison de 0,2% ainsi qu'un mélange des deux huiles à raison de 0,1% chaque pour avoir un total de 0,2%.

III.1. Rendement en huile essentielle

Le **tableau 11** présente l'ensemble de rendement des deux plantes étudiées à savoir *Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus*.

Tableau 11 : Rendements en huiles essentielles des deux espèces étudiées

Plantes	Poids de la matière végétal (en gramme)	Volume (en millilitre)	Rendement (en %)
<i>Ammoides verticillata</i>	1517	61,17	14,78%
<i>Thymus ciliatus</i>	4 000	30	4,69%

Les résultats enregistrés nous montrent qu'*Ammoides verticillata* a donné un excellent rendement en enregistrant un taux de 14,78% avec un volume de 61,17ml d'huiles essentielles à partir de 1517g de la plante entière.

L'extraction de notre échantillon réalisé par hydrodistillation a donné un rendement total obtenu à partir de trois extractions durant 3 jours d'*Ammoides verticillata* de 14,78% et une journée pour *Thymus ciliatus* de 4,69% (**figure 38**).

D'après l'étude de **MERZOUGUI et TADJ, (2012)** ont trouvé un rendement moyen de 2,9% d'*Ammoides verticillata* à partir de trois extractions, moins ce qu'on a obtenue pour notre plante d'*Ammoides verticillata*.

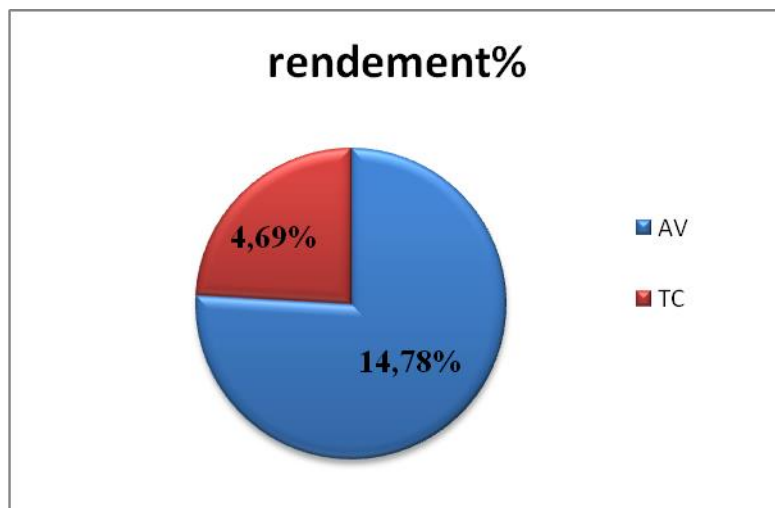


Figure 38 : rendement en huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* et de *Thymus ciliatus*.

Dans une étude réalisée par **BELBACHIR et LAHMAR (2013)**, ils ont obtenu des rendements compris entre 1 et 3,7% en étudiant les huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* de différentes stations de l'ouest algérien.

De même **BRAHMI (1998)**, a obtenu des rendements en HE d'*Ammoides verticillata* qui n'ont pas dépassé 3,92%.

Dans un même contexte, l'étude phytochimique d'*Ammoides verticillata* effectuée par **CHIALI et ELAIHAR (2000)**, leur a permis d'obtenir des rendements en huiles essentielles allant de 2,52 et 3,29%.

Dans d'autres études réalisées séparément par **KAMBOUCHE & EL-ABED (2003)** et **BEKHECHI (2002)**, les échantillons d'*Ammoides verticillata* ont révélés des rendements allant de 2,5% à 5,3%.

Dans une étude menée par **EL OUARIACHI et al. (2011)** au Maroc et précisément à Ahfir, ont trouvé que le rendement en huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* n'a pas dépassé les 2%.

Par ailleurs, la culture d'*Ammoides verticillata* en Inde a donné un rendement en huiles essentielles compris entre 4 et 6% (**NARAYANAN et al., 1967**).

DESJOBERT et al. (1997) attribuent la différence de rendements des huiles essentielles d'une plante à plusieurs facteurs dont parmi la nature du sol, conditions climatiques, l'altitude, la dispersion géographique et aux conditions culturales.

Toujours dans l'étude des rendements en huiles essentielles, *Thymus ciliatus* a donné un rendement faible par rapport à *Ammoides verticillata* en enregistrant un pourcentage de 4,69% avec un volume de 30ml extraite à partir de 4Kg de la partie aérienne de la plante.

Dans une étude sur *Thymus ciliatus* du Maroc, **AMARTI et al. (2010)** ont obtenus un rendement en huile essentielle de 1,2%, ce rendement est très faible comparé par rapport au rendement obtenu dans notre étude sur *Thymus ciliatus* avec un pourcentage de 4,69%.

Dans une étude réalisée par **KHELIF (2013)**, L'extraction des échantillons de *T. ciliatus* par hydrodistillation a fourni un taux de 3 % ce qui est faible par rapport au notre.

En séparant les différentes parties de *T. ciliatus*, **BENAZZA et BENSLIMANE (2013)** ont obtenu des rendements allant de 2,4 à 5% pour les fleurs, 0,715 à 1,53% pour les feuilles et de 0,2 à 0,35% pour les tiges.

HADDOUCHE (2011), en étudiant les huiles essentielles de *T. ciliatus*, a obtenu un rendement de 0,31%.

Dans une autre étude, **DOB et al. (2006)** ont obtenu un rendement aussi faible avec un taux de 0,9% en étudiant les huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. De même **AMARTI et al. (2010)** ont obtenu un très faible rendement avec un taux de 0,3% pour *T. algeriensis*.

BOUNATIRON et al. (2007) ont obtenu des rendements allant de 1.2 % à 5.6% en étudiant les huiles essentielles de *Thymus capitatus* Hoffm. et Link de différentes régions et stades de collecte (végétatif, floraison et post floraison).

L'étude menée par **EL AJJOURI et al. (2008)** a révélé des taux d'huiles essentielles de 2,05% pour *T. capitatus* et 1,75% pour *T. bleicherianus*.

Dans son étude sur les huiles essentielles de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut **HADDOUCHI et al. (2009)** ont obtenu un rendement de 2%.

C'est pour cette raison que les tradithérapeutes au cours du choix des plantes destinées aux traitements des différentes maladies prennent soin de bien choisir la saison dont les espèces particulières produisent des composés à effets biologiques, le choix de la région de collecte ainsi que la partie la plus efficace de la plante active (**OKUNDA, 2002 ; CHANDRA, 2004 ; JAGETIA et BALIGA, 2005**).

III.2. Evaluation des caractères chimiques des huiles étudiées

L'huile utilisée dans cette étude (100% tournesol) a été soumise à des examens chimiques pour vérifier leurs qualités et leurs comportements après un chauffage et friture à la température de 180°C et sans chauffage additionné en huiles essentielles à une concentration de 0,2% par la mesure des différents indices de ces huiles.

KARLESKIND (1992), montre que la détermination de la densité d'une huile nous renseigne sur sa pureté. Elle est en fonction de la composition chimique des huiles et de la température.

III.2.1. Indice d'acide

La détermination de l'acidité libre comme paramètre très important pour l'évaluation de la qualité de leurs huiles alimentaires, de ce fait, l'indice d'acide qui mesure la quantité d'acides libres résultant des réactions hydrolytiques des triglycérides est un critère de qualité permettant de se rendre compte de l'état de conservation d'une huile (**KANJI, 2001**).

Durant le premier jour de l'étude, nous avons remarqué que les mélanges d'huile de tournesol et huiles essentielles des deux plantes étudiées ont montrés une hétérogénéité des résultats d'indices d'acides, car nous avons enregistré une valeur de 0,56 mg KOH/g d'huile pour l'ensemble des mélanges traité par friture ainsi que ceux de d'*Ammoides verticillata* et du témoin chauffé et celle du mélange avec *Thymus ciliatus* et sans chauffage. Par contre le reste des lots étudié ont révélé des indices d'acide compris entre 0,5236 et 0,5423 mg KOH/g d'huile (**Figure 39**). Durant les autres jours de traitement la plupart des lots étudiés ont donné des indices d'acide qui avoisine 0,56 mg KOH/g d'huile (**Figure 40, 41, 42 et 43**).

Ces valeurs sont dans l'intervalle des caractéristiques de la qualité des huiles végétales fixées par le **CODEX ALIMENTARIUS (1983)**.

D'après l'étude de **BAAZIZ et MOKHTARI, (2018)** ils ont eu de valeurs comprises entre 0,5 et 1,7 mg de KOH/g d'huile en traitant les mélange d'huile de soja avec différentes concentrations d'huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* et chauffé une fois à la température de 200°C.

En outre, les valeurs obtenues dans cette étude indiquent que nos huiles sont conformes aux normes.

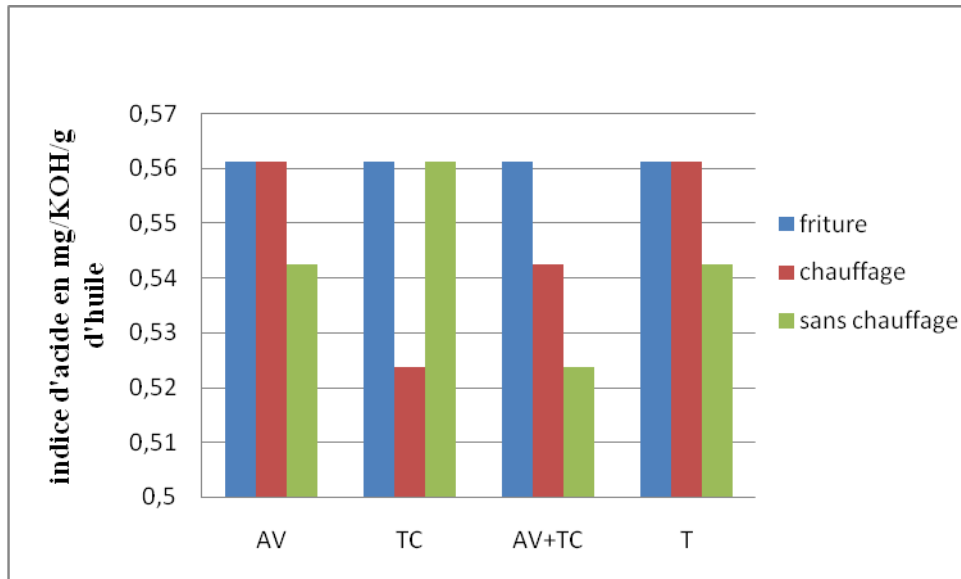


Figure 39 : Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 1^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

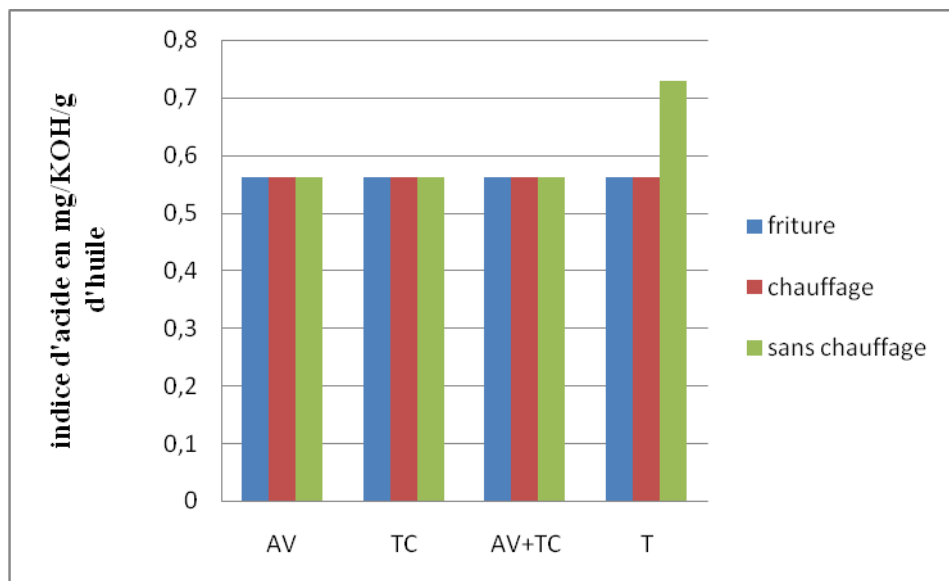


Figure 40: Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 2^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

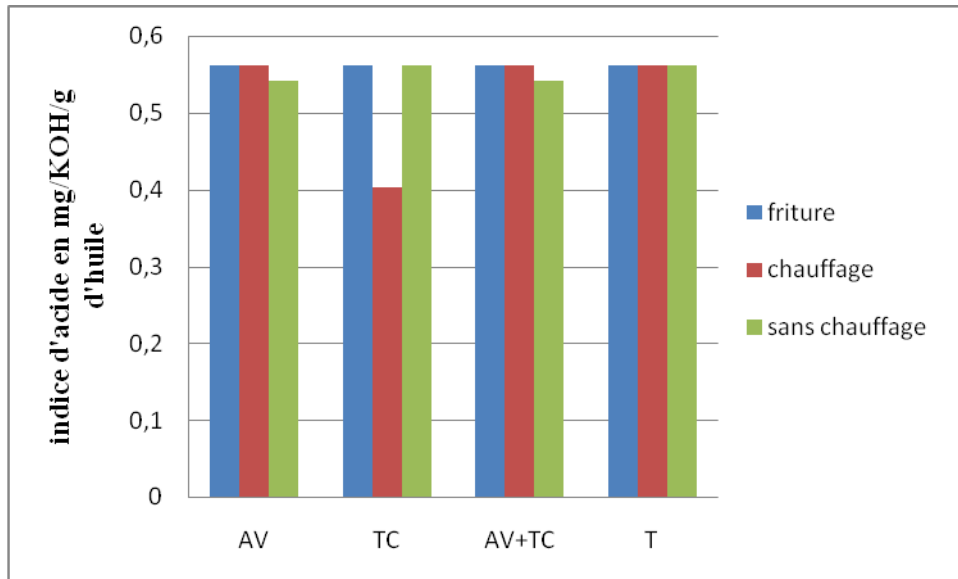


Figure 41: Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 3^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

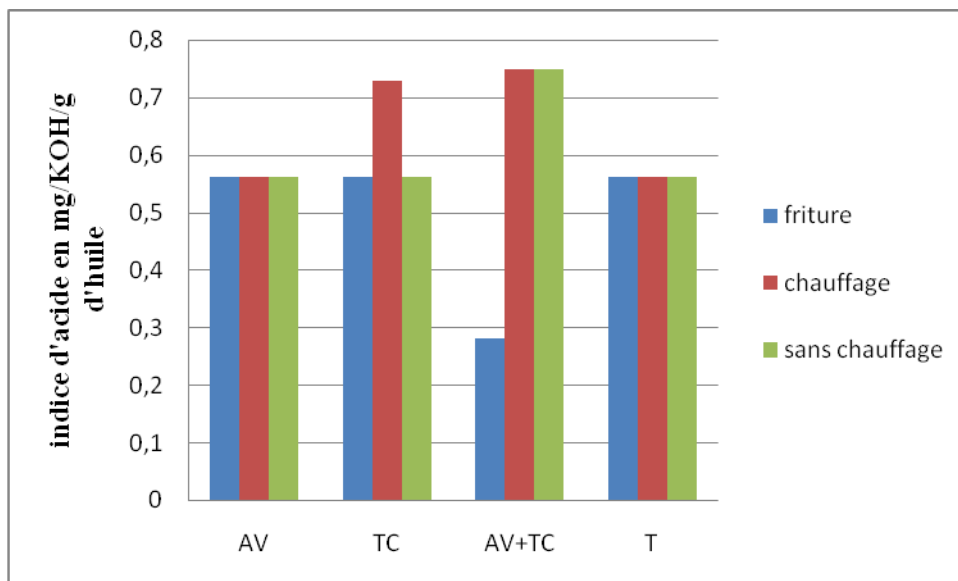


Figure 42: Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 4^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

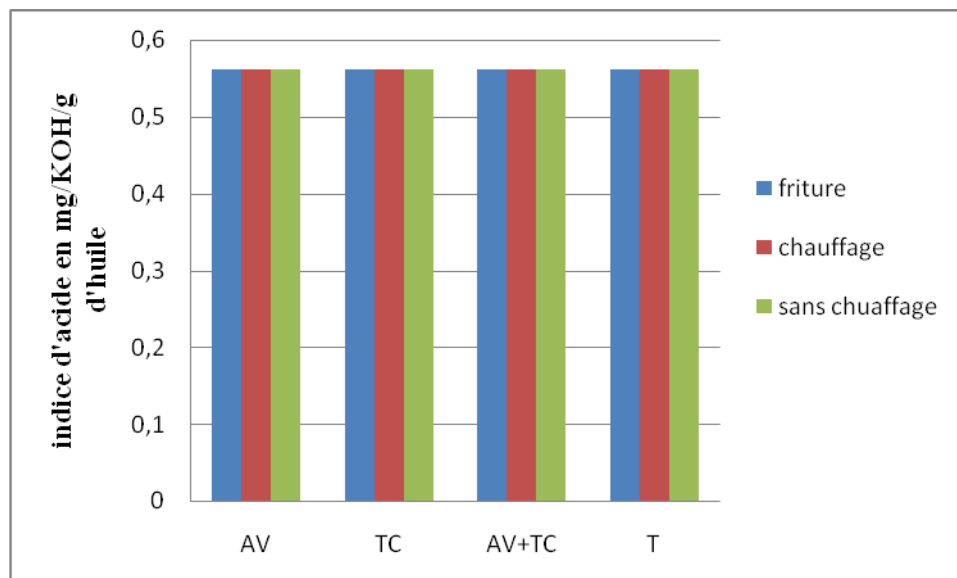


Figure 43: Indices d'acides de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 5^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

Pour se maintenir en bonne santé l'organisme a besoin d'acides gras contenus dans les huiles alimentaires, ces acides gras vont aussi lui apporter les nutriments essentiels et sont une bonne source d'énergie et sont donc indispensables pour l'organisme humain, certains d'entre eux sont fragiles : l'exposition à l'air, à la lumière et à la chaleur peut les dénaturer (principalement le cas des AGPI à long chaîne) (MEDART, 2009). En plus ces acides gras donnent un goût aux aliments ce qui affecte l'appétibilité des aliments présentés aux consommateurs. Mais la conséquence de l'utilisation de ces huiles et graisses conduit à une oxydation ce qui cause une perte de leurs valeurs nutritionnelles et se transforme en produits nocifs par oxydation (BILLEK, 2000), ce qui les rend impropres à la consommation (STEVENSON et al. 1984).

Afin de surveiller la qualité des huiles durant les opérations de friture les chercheurs utilisent l'indice d'acide (MIGUEL, et al., 2014), car la valeur acide est l'un des indicateurs permettant d'obtenir une idée sur la qualité de l'huile (REHAB, 2010), parce que la présence d'un niveau acceptable d'acides gras libres ne permet pas une dégradation des huiles et graisses alimentaires. C'est dans ce contexte que le contrôle et l'évaluation de la qualité des huiles de friture destinées à la consommation humaine nécessite la détermination de la teneur en acides gras libres (STEVENSON et al., 1984 ; MIGUEL, et al., 2014), parce que ce taux

d'acides gras libres nous informe sur l'état d'altération de l'huile par hydrolyse (GHARBY et al., 2014).

Les variations de l'indice d'acide des échantillons d'huile de tournesol de notre étude sont indiquées dans les figures 44, 45 et 46 respectivement pour la friture, avec chauffage et sans chauffage. L'indice d'acide d'huile de tournesol mélangé et sans HE après friture à 180°C était compris entre 0,28 et 0,56 mg de KOH / g d'huile durant toutes les cinq journées comparé à l'huile de tournesol mélangée ou non aux huiles essentielles traité cinq jours de suite par un simple chauffage à la température de 180°C nous ont révélé une variation de l'indice d'acide comprise entre 0,40 et 0,75 mg de KOH/ g d'huile de même pour les même mélanges d'huiles mais cette fois ci sans chauffage nous avons noté des variations comprises entre 0,52 et 0,75mg de KOH/g d'huile.

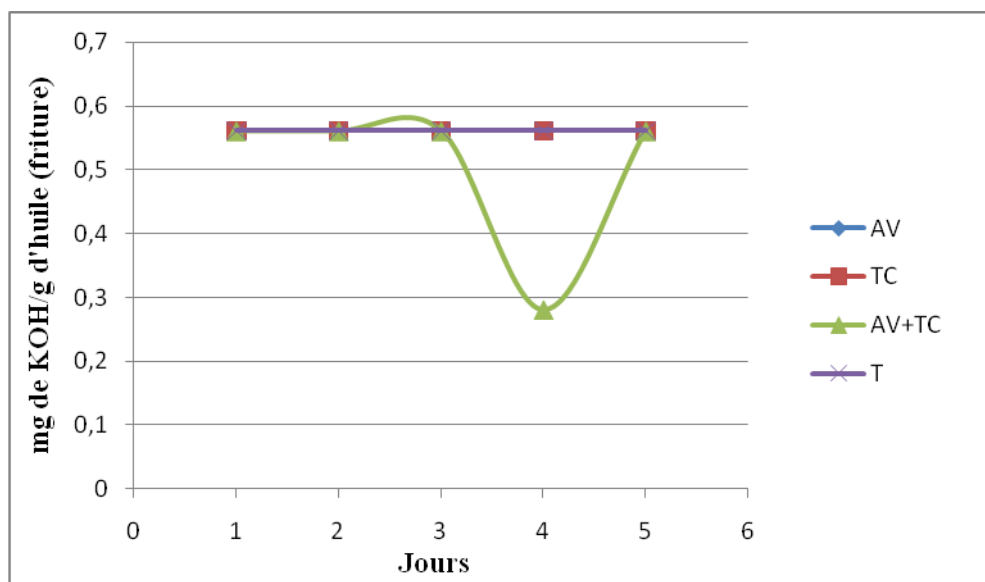


Figure 44 : indice d'acide de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par friture.

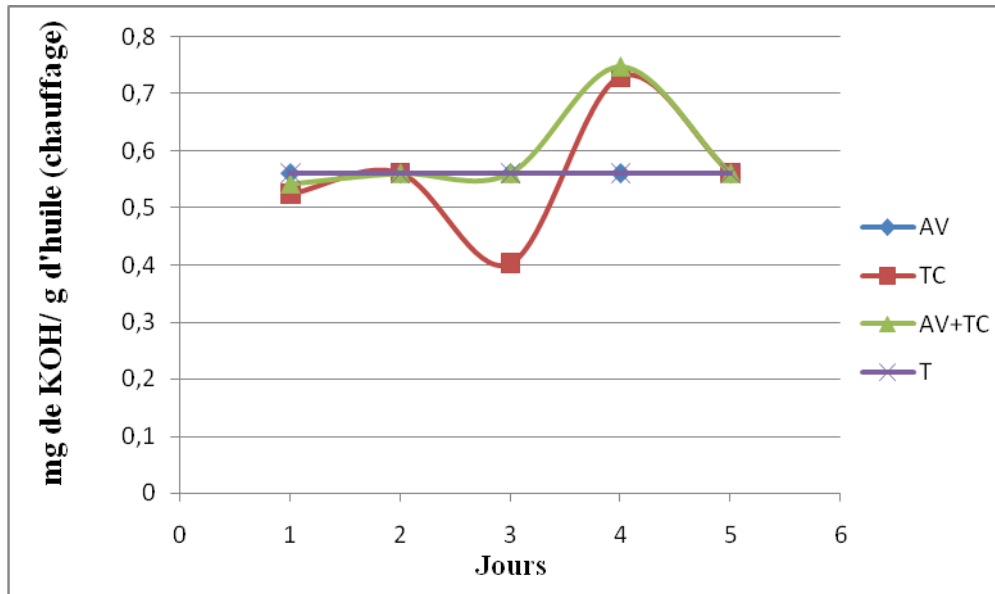


Figure 45 : indice d'acide de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par chauffage.

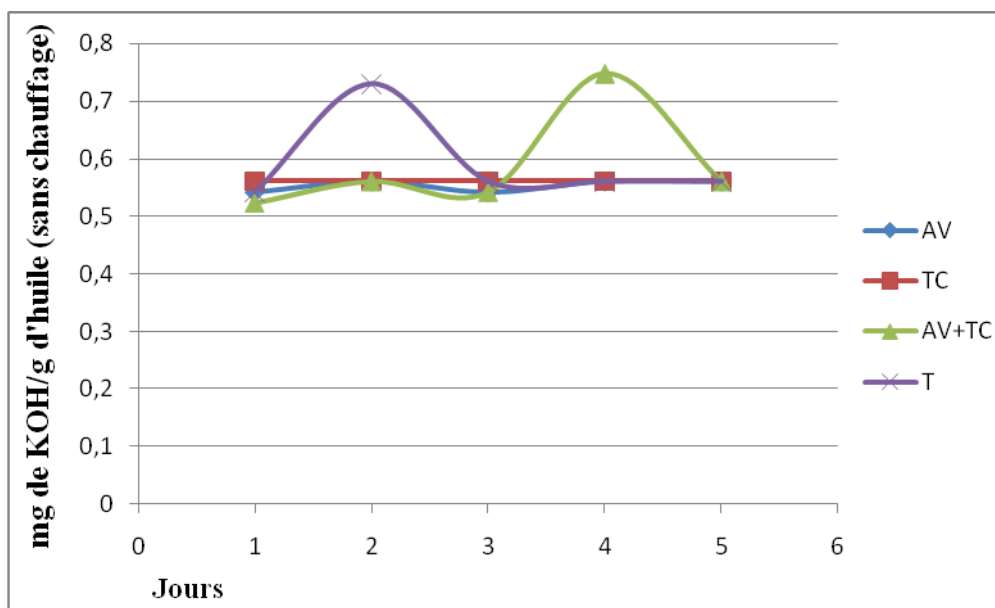


Figure 46 : indice d'acide de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de conservation sans chauffage.

Les indices d'acides de notre étude ont été comparés aussi avec ceux de **MIGUEL et al. (2014)**, qui ont ajouté les huiles essentielles de *Thymbra capitata* à l'huile de tournesol, car ces auteur sont enregistré des valeurs de l'indice d'acide basse durant les deux premiers jours de traitement à la température de 180°C par rapport à celle du témoin mais au-delà l'ajout des huiles essentielles n'a pas été efficace, car les deux échantillons contenant de les huiles

essentiels de *Thymbra capitata* qui ont fait l'objet d'un simple chauffage et d'une cuisson de la viande ont révélé des valeurs d'indice d'acide significativement supérieures à celle des autres traitements.

Plusieurs auteurs ont expliqué le phénomène qui se passe au cours de la friture et ils ont dit que la réaction la plus dominante est celle de l'hydrolyse des triglycérides et la cause principale de cette oxydation est surtout l'affectation des triglycérides par la présence d'eau dans le substrat. Car après chauffage cette eau se transforme en vapeur, le contact de cette vapeur avec l'huile chaude conduit à l'hydrolyse partielle des triglycérides en acides gras et en esters partiels de glycérol qui se passe pendant une durée trop courte (**POKORNY, 1998 ; NDJOUENKEU et NGASSOUM, 2002 ; MIGUEL, et al., 2014**), ce qui explique les valeurs obtenues dans notre étude.

Néanmoins, dans notre travail les valeurs d'indice d'acide trouvées n'ont jamais dépassé la valeur de 2% car **MATTHAUS (2006)**, a mentionné que cette valeur est la limite maximale pour le rejet d'une huile de consommation.

ANTOUN et TSIMIDOU (1998) avancent que l'ajout de plantes contribue massivement à la stabilité des huiles au cours du chauffage.

De même **BENSMIRA et al. (2007)** ont constaté une bonne résistance des huiles de tournesol additionnées aux huiles essentielles de la lavande et du thym après un traitement thermique à la température de 200°C car ils ont enregistré un faible taux d'acides gras libres ce qui signifie qu'il y a eu une faible hydrolyse des triglycérides de l'huile utilisée.

III.2.2. Indice de peroxyde

Indice de peroxyde est le nombre des substances de l'échantillon en kilogramme qui oxydent l'iodure de potassium (**LION, 1955**).

Les résultats des indices de peroxyde obtenus pour les huiles étudiées apparaissent clairement dans les **figures (47, 48, 49, 50 et 51)**. Durant les quatre premiers jours de traitement par chauffage, friture et sans chauffage ainsi que le cinquième jour de conservation des mélanges d'huile de tournesol et des huiles essentielles sans chauffage les indices de peroxyde étaient conformes à la norme du **CODEX ALIMENTARIUS (1983)** pour l'huile alimentaire en enregistrant des taux d'indices de peroxyde inférieur à 07 meq O₂ actif par kg d'huile. Ce n'est qu'au cinquième jour de traitement par chauffage et friture que les indices

ont dépassé la norme en enregistrant des taux compris entre 12 et 28 g meq O₂ actif par kg d'huile.

Contrairement à notre étude **MIGUEL et al. (2014)** ont constaté des indices de peroxydes vraiment élevée de l'ensemble des lots d'huile d'olives et l'huile de tournesol seule ou mélangée avec l'huile essentielle de *Thymus capitata* durant le premier jour de traitement par chauffage et par friture des viandes de bœuf et ils ont attribué ce taux élevé à la formation d'hydroperoxydes à une plus grande échelle que l'huile seule et davantage dans l'huile additionnée d'huile essentielle de *Thymus capitata*. Par contre, les derniers jours de traitement ont révélé que la viande de bœuf frit avec de l'huile de tournesol et de l'huile essentielle présentait l'indice de peroxyde le plus faible, comparé à celui enregistré au premier jour du test.

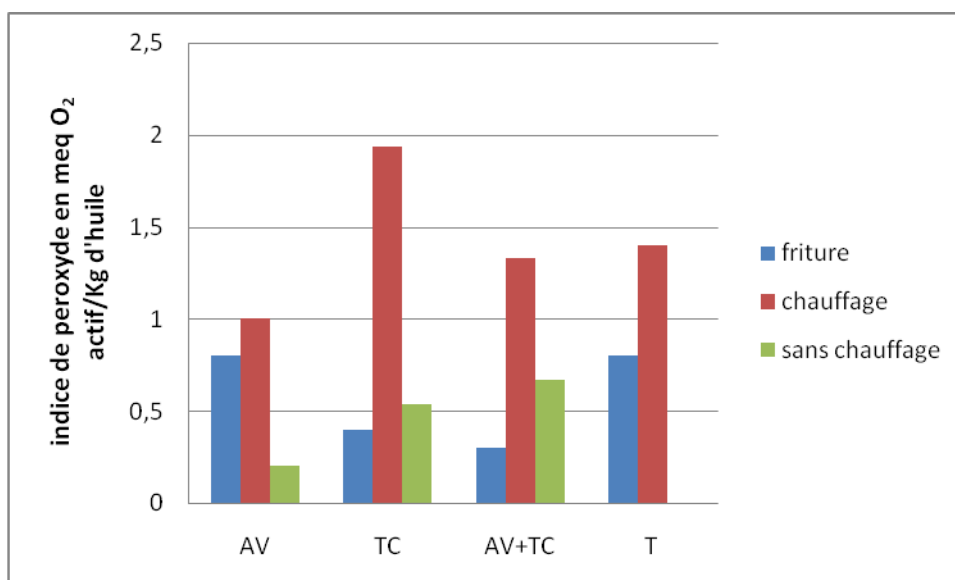


Figure 47 : Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 1^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

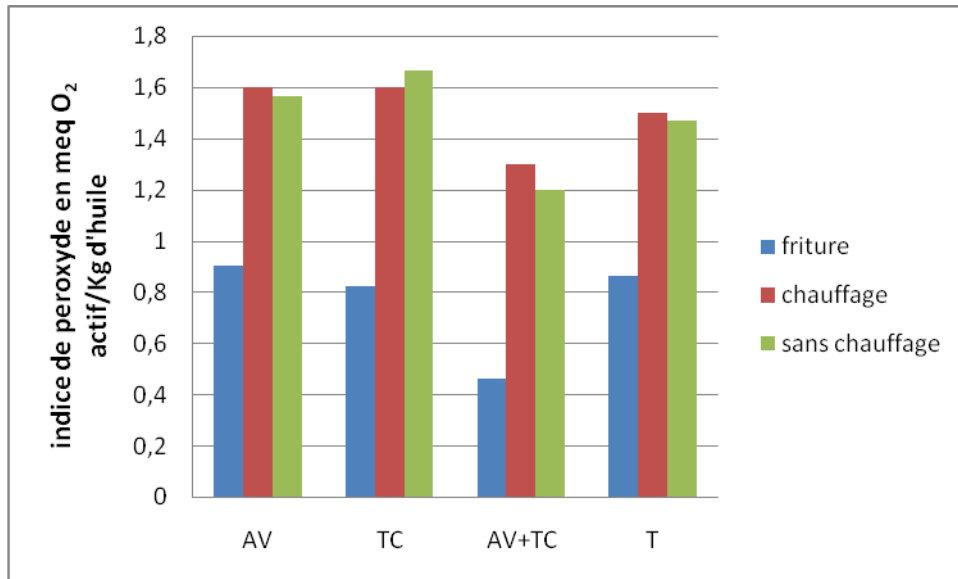


Figure 48 : Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 2^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

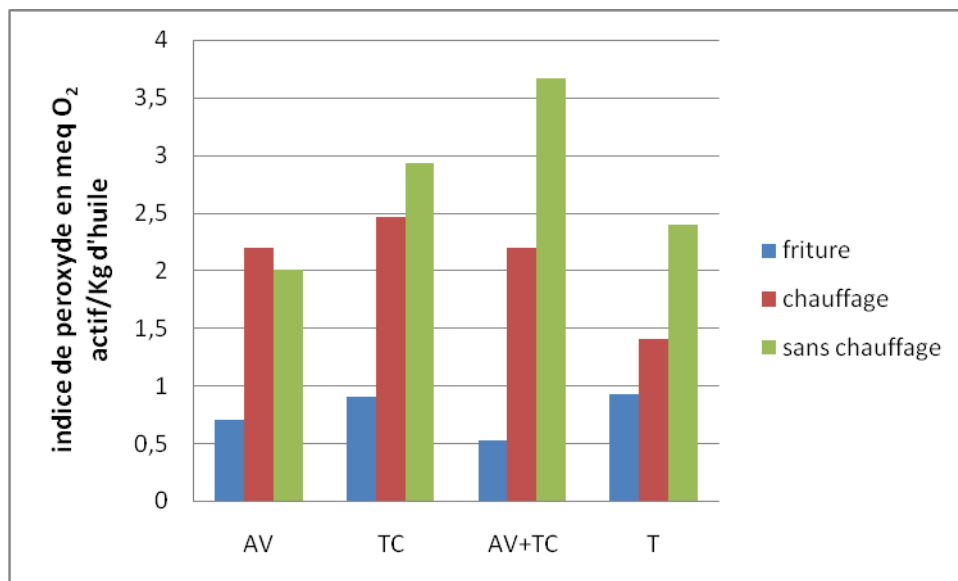


Figure 49 : Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 3^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

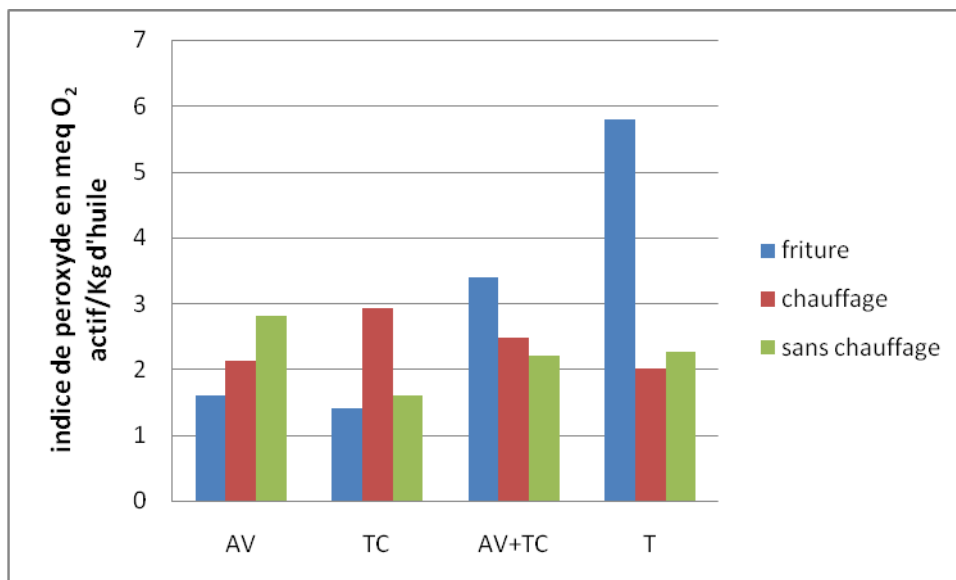


Figure 50 : Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 4^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

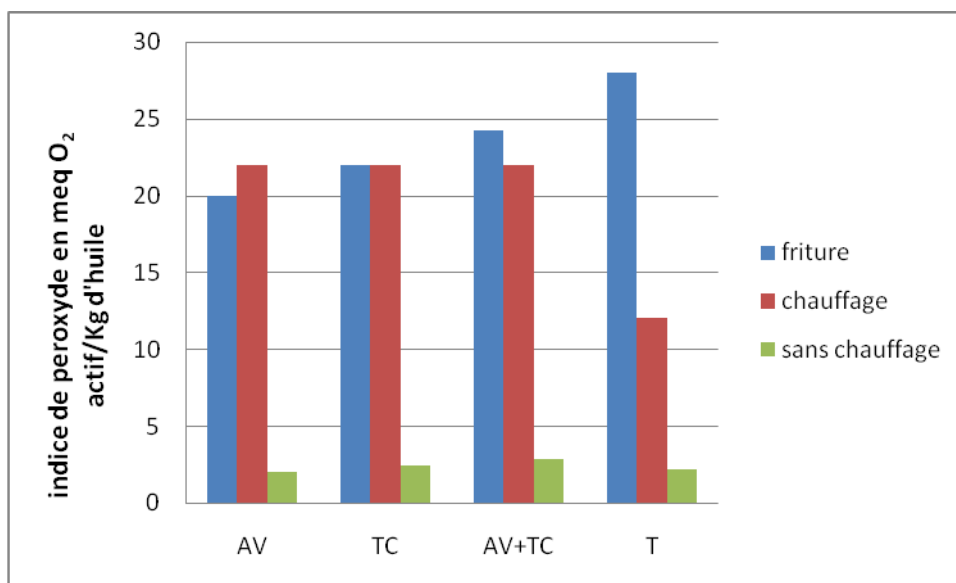


Figure 51 : Indices de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 5^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

Selon **KANDJI (2001)** et **BILLEK (2000)**, l'indice de peroxyde permet d'apprécier le degré d'oxydation d'huile, donc la première étape de l'oxydation des graisses et des huiles est la formation d'hydroperoxydes.

Selon **MASKAN (2003)**, la teneur en acides gras libres, résultant de l'hydrolyse des triacylglycérols ainsi que de la décomposition ultérieure des hydroperoxydes, est l'un des indicateurs les plus importants de la dégradation de l'huile de friture. Les produits d'acides gras oxydés confèrent des arômes et des odeurs désagréables (goût rance) au milieu de friture et aux aliments frits. Les acides gras libérés sont plus sensibles à l'oxydation due aux hautes températures de friture (**NAWAR., 1996 ; LIN et al. 1998**). Selon **DEYMIE et al., (1981)** et **LAMBONI et al. (1999)**, l'augmentation des acides gras libres devient un substrat pour l'oxydation et lorsque le niveau d'acides gras insaturés est élevé alors que l'indice de peroxyde augmente également, en plus, cette peroxydation conduit à la formation de composés très toxiques par la destruction des acides gras.

Les variations de l'indice de peroxyde des échantillons d'huile de tournesol mélangée aux huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Ammoides verticillata* de notre étude sont indiquées dans **les figures 52, 53 et 54** respectivement pour friture, avec chauffage et sans chauffage. L'indice de peroxyde d'huile de tournesol mélangé et sans HE après friture à 180°C était entre 21,9 et 310 meq O₂ actif par kg d'huile durant les quatre jours de traitement par chauffage friture et sans chauffage, ces valeurs sont inférieures du maximum suggéré par le **CODEX ALIMENTARIUS (1983)**, de même durant le dernier jour de travail les échantillons qui n'ont pas été chauffé le taux d'indice de peroxyde a toujours été conforme aux norme, par contre le cinquième jours de traitement des mélanges d'huile de tournesol et des huiles essentielles des deux plantes étudiée a dépassé la barre de la norme internationale du **CODEX ALIMENTARIUS (1983)**.

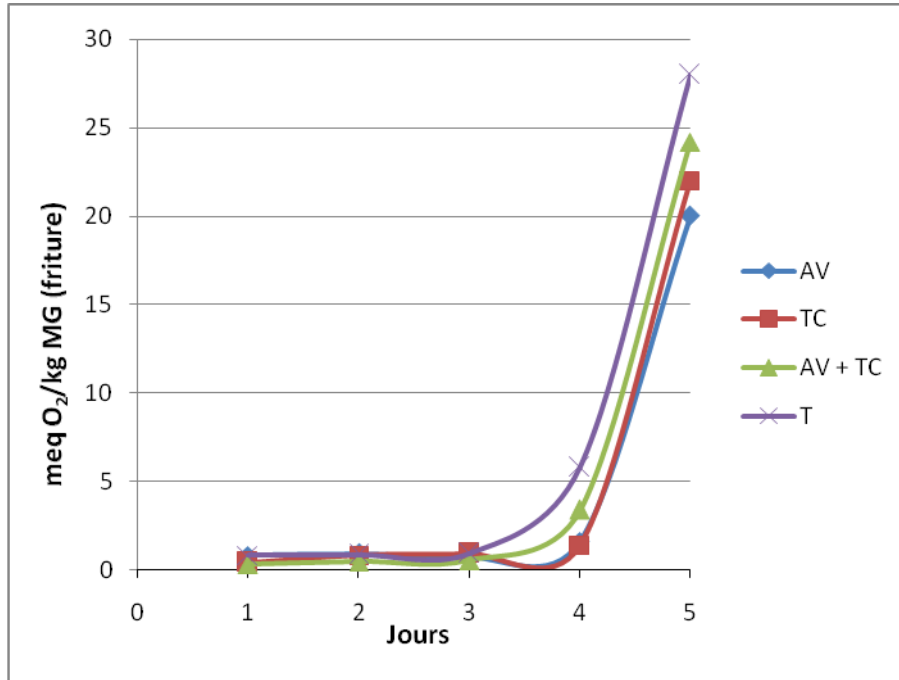


Figure 52: indice de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par friture.

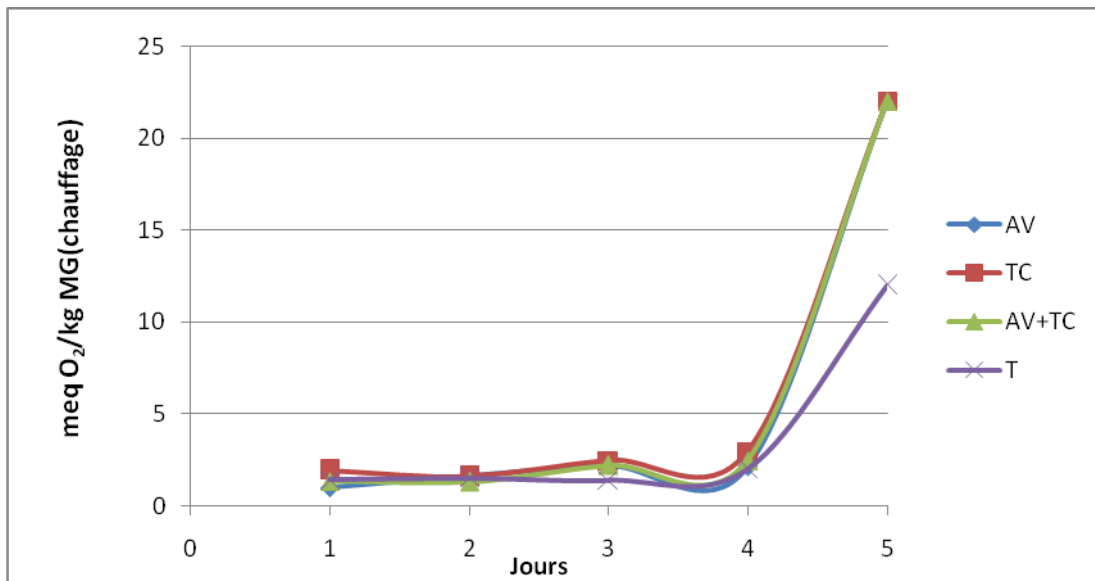


Figure 53: indice de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par chauffage.

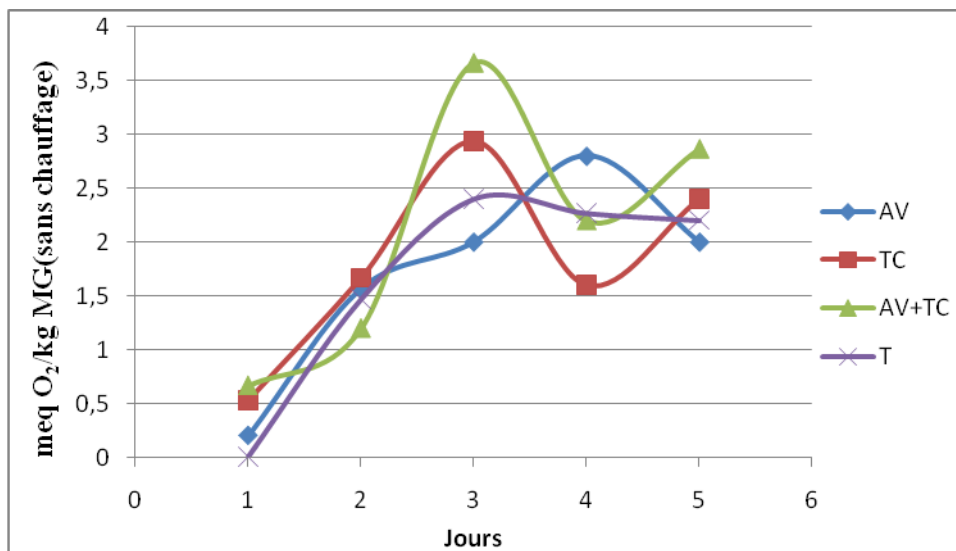


Figure 54: indice de peroxyde de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de conservation sans chauffage.

Nous avons également comparé nos résultats d'indice de peroxyde à ceux rapporté par **MIGUEL et al. (2014)**, qui ont aussi remarqué un taux élevé de l'indice de peroxyde durant le premier jour de traitement

L'étude de **BENSMIRA et al. (2007)**, montre que l'ajout de lavande et / ou de thym à l'huile de graines de tournesol empêche l'oxydation dans une certaine mesure, réduisant ainsi la quantité de peroxydes formés lors de son exposition à des températures de friture simulées.

Pour l'étude de **SAOUDI et al. (2016)**, disent que l'utilisation des plantes aromatiques a amélioré la stabilité à l'oxydation des huiles formulées.

Dans cet esprit, **ANTOUN et TSIMIDOU (1998)**, ont indiqué que la stabilité à l'oxydation était plus importante dans les huiles aromatisants.

Dans une étude réalisée par **KAROUI et al. (2011)**, l'addition de poudre de *Thymus capitatus* à l'huile de maïs a amélioré sa stabilité durant le chauffage à une température de 180°C par rapport à un témoin (sans l'ajout de la poudre du thym).

JABRI-KAROUI et MARZOUK (2014) ont aussi constaté que l'ajout de l'écorce de *Citrus aurantium* L. induit à une amélioration de la stabilité de l'huile de maïs chauffé à la température de 180°C.

Dans une étude réalisée par **ANWAR et al., (2010)**, sur l'ajout d'un extrait méthanolique des graines d'orge à l'huile de tournesol pour voir son efficacité durant un stockage accéléré par chauffage à 60°C au four pendant une période de 30 jours à raison de 8h de chauffage par jour ce qui a conduit ces auteurs à conclure que l'ajout de l'extrait méthanolique des graines d'orge n'a pas exercé une grande efficacité vis-à-vis des réactions d'oxydations des acides gras durant un chauffage.

En faisant une comparaison entre l'utilisation de la poudre d'origan et de son extrait éthanolique, **HOUHOULA et al., (2003)** ont constaté que l'extrait éthanolique d'origan a exercé une action protectrice plus importante que celle de l'origan broyé (ajouté à raison de 2g/L d'huile de coton) au cours d'une friture de pomme de terre par l'huile de coton

D'autre part, **YANISHLIEVA et al., (1997)** ont trouvé que l'ajout de l'extrait éthanolique de *Satureja hortensis* L. a amélioré la stabilité de l'huile de tournesol à l'oxydation car même après 50h de traitement thermique de 180°C il a été remarqué une inhibition du processus oxydatif.

III.2.3.Indices de saponification

L'indice de saponification d'un corps gras est d'autant plus élevé que la chaîne carbonée des acides gras est courte (**WOLF., 1968**).

D'après les résultats présentés la **figure 55**, Nous remarquons qu'après le premier jour de traitement par friture et par chauffage du mélange de l'huile de tournesol avec l'huile essentielle de *Thymus ciliatus* ont enregistré les taux les plus importants en dépassant les 235 mg KOH/g d'huile ce qui dépasse les taux autorisés par la norme internationale mentionnée au **CODEX ALIMENTARIUS (1983)**, suivi par ceux du témoin et du mélange d'huile de tournesol et de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* traités par friture et par chauffage ainsi que celui du traitement par chauffage du mélange des deux huiles essentielles et de l'huile de tournesol. Cette figure nous a aussi révélé que la conservation sans chauffage de l'ensemble des mélanges d'huile a révélé les taux les plus faibles en enregistrant des valeurs comprises entre 62 et 134mg KOH/g d'huile pour rester dans l'intervalle autorisé par le **CODEX ALIMENTARIUS (1983)**.

Après le deuxième jour de traitement (**figure 56**) nous avons remarqué que la friture dans l'huile de tournesol mélangée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* a révélé un taux d'indice de peroxyde supérieur à 300 mg KOH / g d'huile, d'un autre côté l'huile de

tournesol mélangée avec l'huile d'*Ammoides verticillata* non chauffé et le mélange avec l'huile essentielle du thym chauffé ainsi que les mélange d'huiles des deux plantes avec l'huile de tournesol et celle du témoin ont donné des valeurs qui avoisine les 200 mg KOH / g d'huile.

Dans les **figures 57, 58 et 59** nous remarquons qu'il y a une augmentation des valeurs des indices de saponification du témoin chauffé et du mélange des deux huiles essentielles avec l'huile de tournesol non chauffé après 3 jours et de l'ensemble des échantillons de mélanges d'huiles essentielles avec l'huile de tournesol traité par chauffage après 5 jours de traitement ce qui les rends impropres à une utilisation ultérieure autorisée par la norme internationale du **CODEX ALIMENTARIUS (1983)**.

D'après l'étude de **BAAZIZ et MOKHTARI (2018)**, les valeurs de l'indice de saponification ont été comprises entre 125 à 182 mg de KOH/g d'huile.

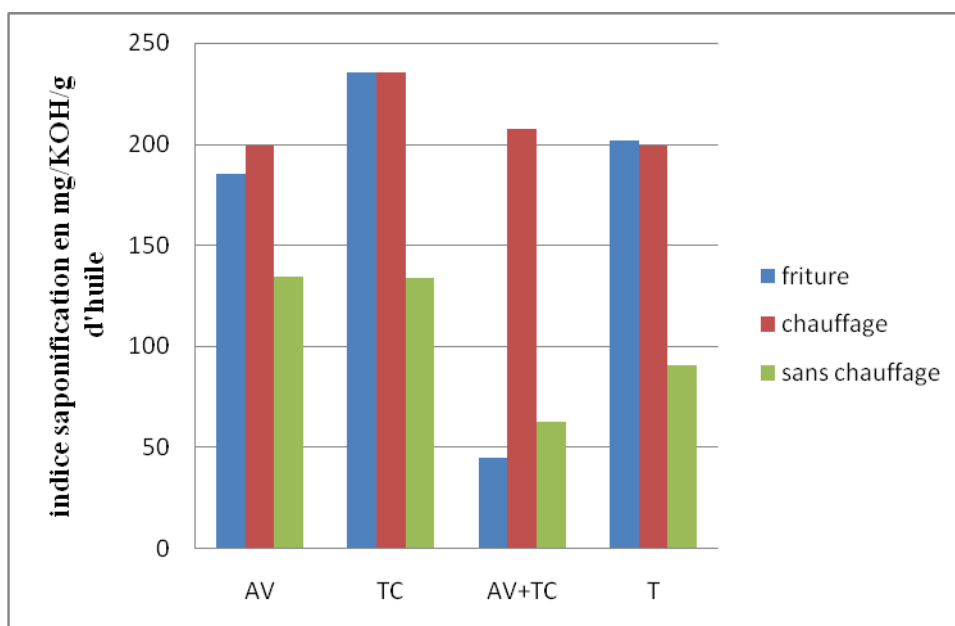


Figure 55: Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 1^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

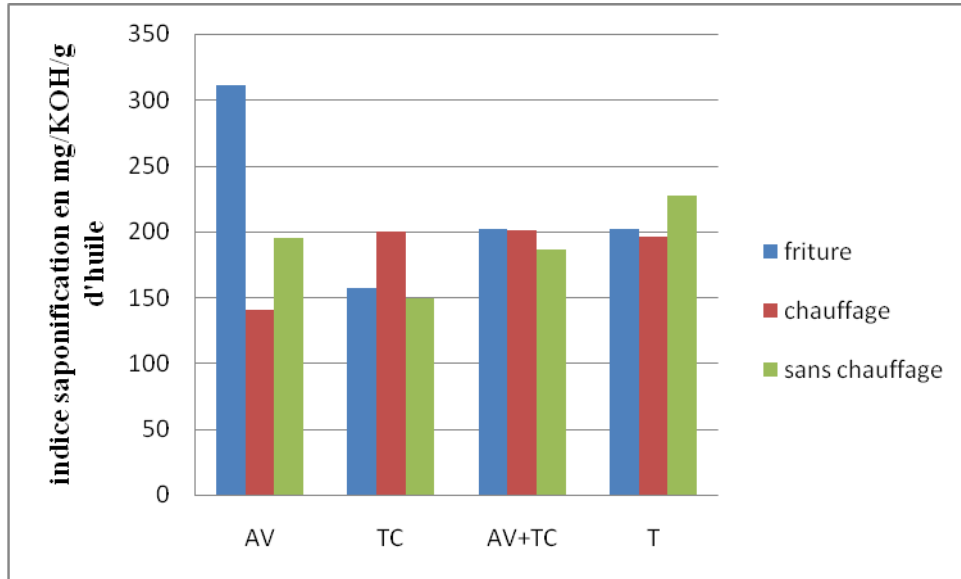


Figure 56 : Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 2^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

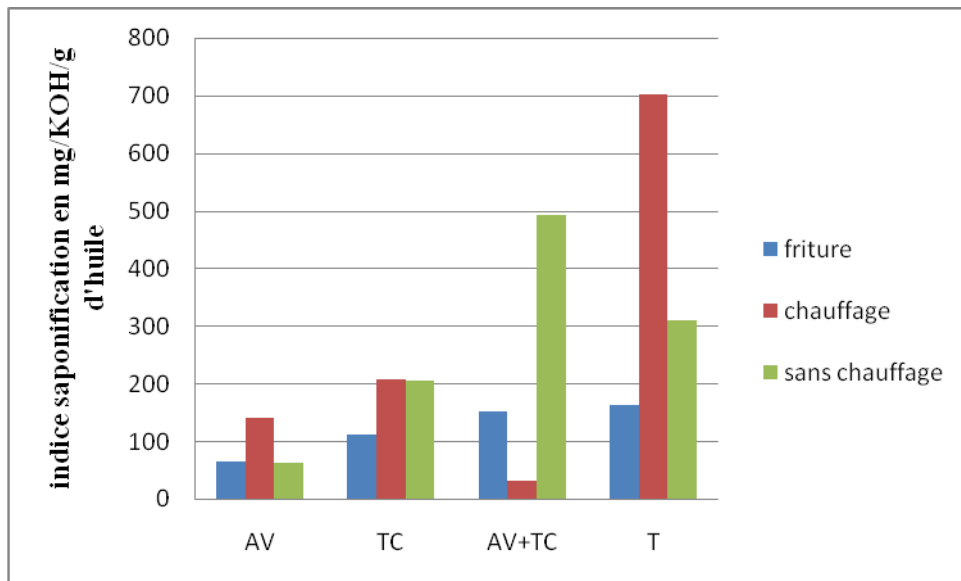


Figure 57: Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 3^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

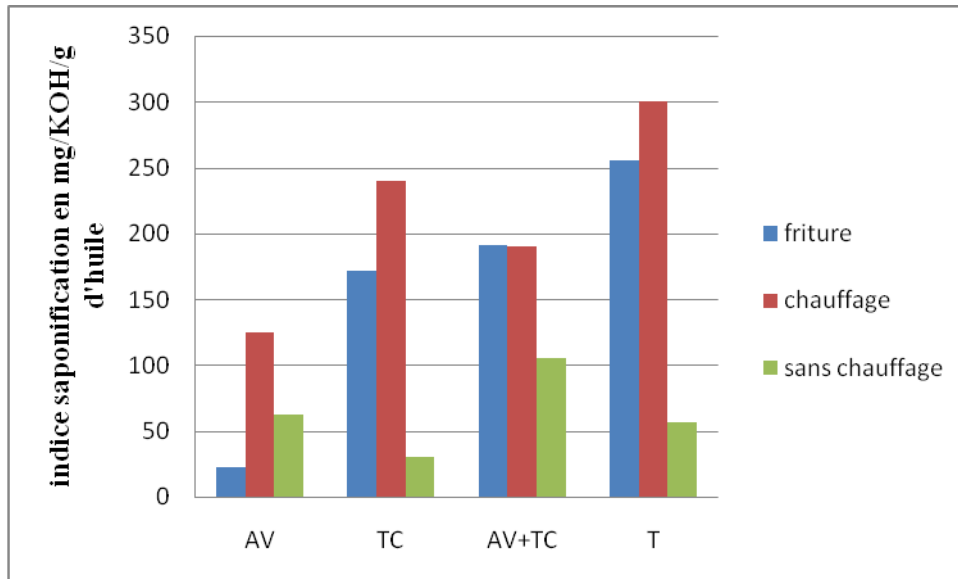


Figure58 : Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 4^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

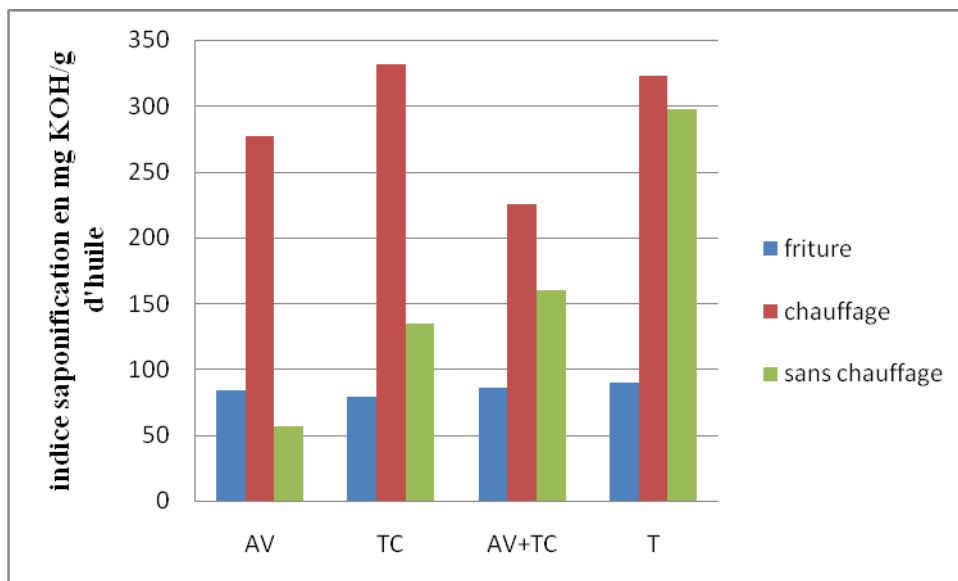


Figure59 : Indices de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 5^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

Dans notre travail nous avons obtenu des valeurs très variable concernant la friture, chauffage et sans chauffage dans certain jour sont à la norme de **CODEX ALIMENTARIUS (1983)** et d'autre ont dépassé le seuil toléré par cette norme, comme les **figures 60,61 et 62**

montrent. D'après **NDJOUENKEU et NGASSOUM. (2002)**, l'élévation de l'indice de saponification d'*Irvingiagabonesis* par rapport aux autres huiles peut impliquer une plus ou moins forte tendance à la libération de substances volatiles au cours du chauffage.

Dans une étude réalisée par **POPA et al. (2012)** l'indice de saponification a été de 190 mg KOH / g MG en étudiant l'effet de *Linum usitatissimum* L. mais ce taux reste conforme à la norme du **CODEX ALIMENTARIUS de 1983** et qui comprise entre 189 et 197mg KOH / g MG.

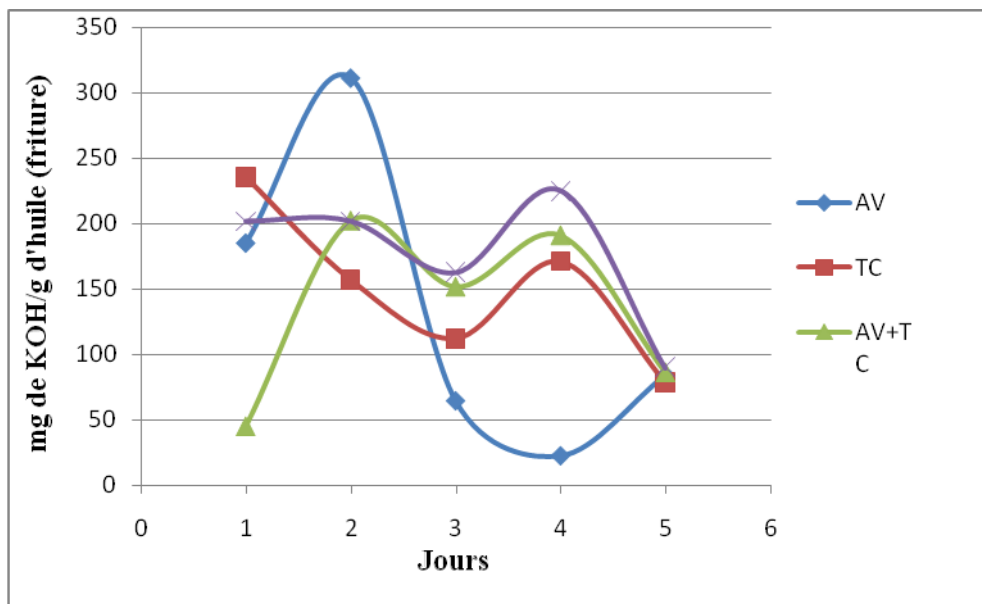


Figure 60 : indice de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par friture.

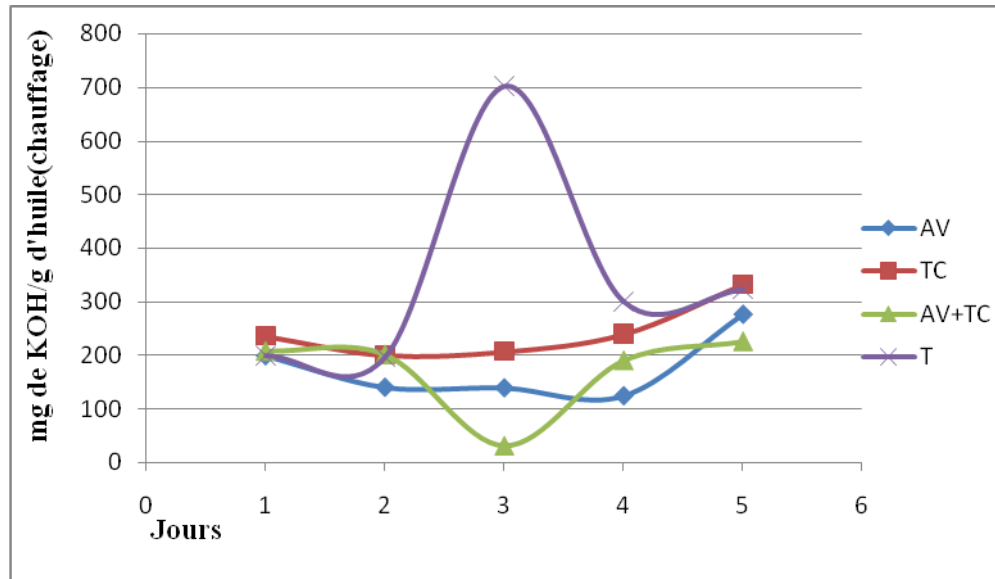


Figure 61 : indice de saponification.de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par chauffage.

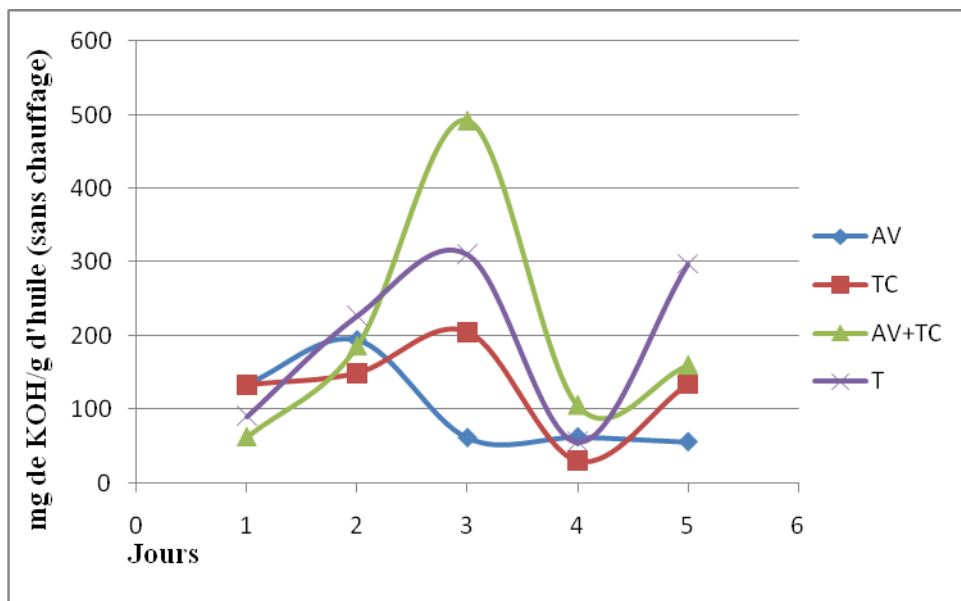


Figure 62 : indice de saponification de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de conservation sans chauffage.

III.2.4. Indice d'iode

L'indice d'iode mesure le degré d'insaturation des acides gras contenus dans l'huile (KANDJI, 2001).

Selon WOLFF (1968), est en rapport direct avec le degré d'oxydation d'une huile, plus une huile est insaturée plus son indice d'iode est plus élevé et l'huile est de bonne qualité et consommable.

Les résultats obtenus des indices d'iode pour les huiles étudiées apparaissent clairement dans les figures (63,64,65,66,67 et 68). A part le cinquième jour de traitement par chauffage de l'ensemble des mélanges d'huiles et ceux du mélange des deux huiles essentielles avec l'huile de tournesol et celle du témoin non chauffé qui ont donné des valeurs supérieures à la norme, les autres mélanges et traitement ont des indices d'iodes compris dans l'intervalle établi par la norme du CODEX ALIMENTARIUS (1983) pour l'huile alimentaire (92 – 102 g d'I₂ / 100 g MG).

Les valeurs obtenues de l'étude de BAAZIZ et MOKHTARI (2018) de l'huile avec chauffage et sans chauffage est entre (70 et 90 g d'I₂ / 100 g MG) plus proche de l'intervalle établi par la norme ce qui signifie la conformité de ces huiles.

En outre, les valeurs obtenues dans cette étude indiquent que nos huiles sont conformes aux normes.

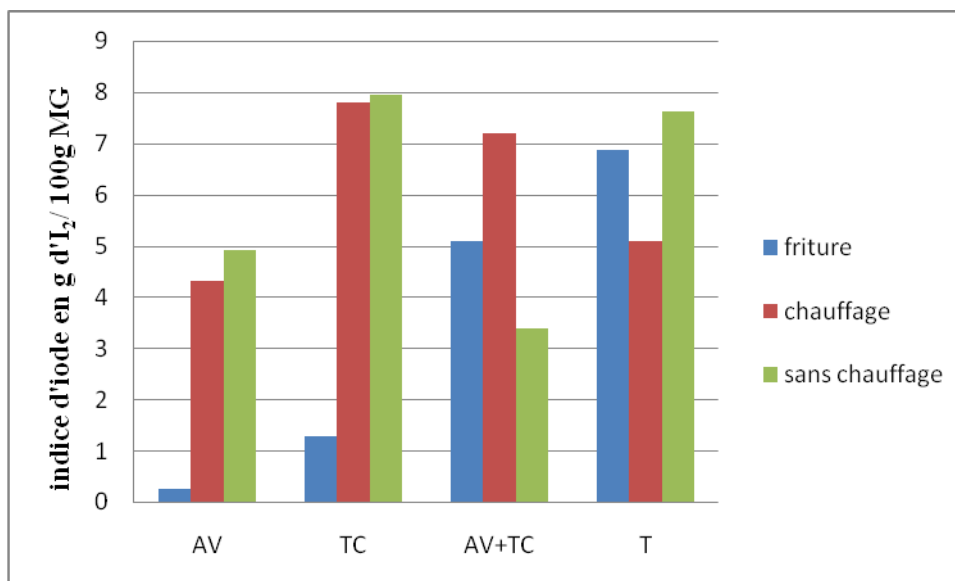


Figure 63 : Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 1^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

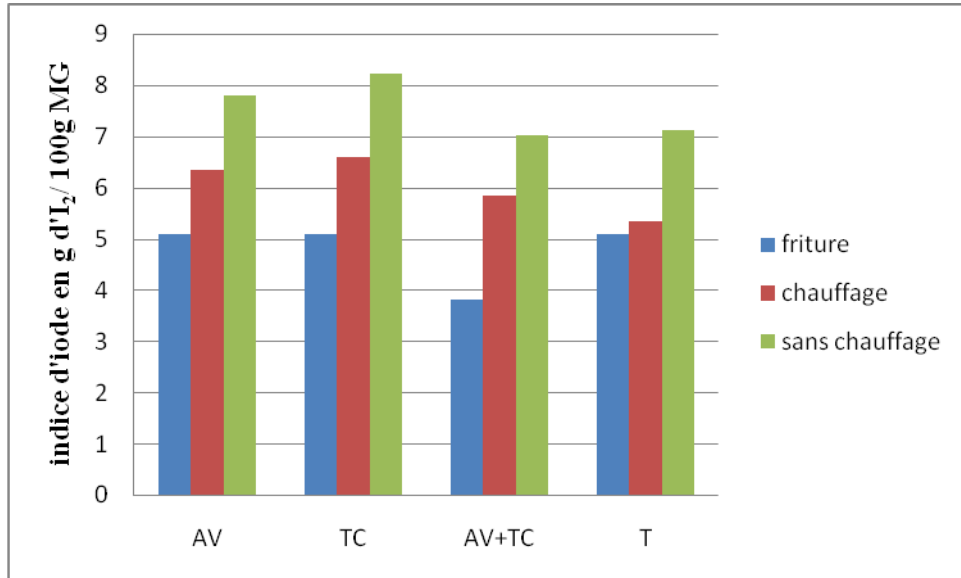


Figure 64 : Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 2^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

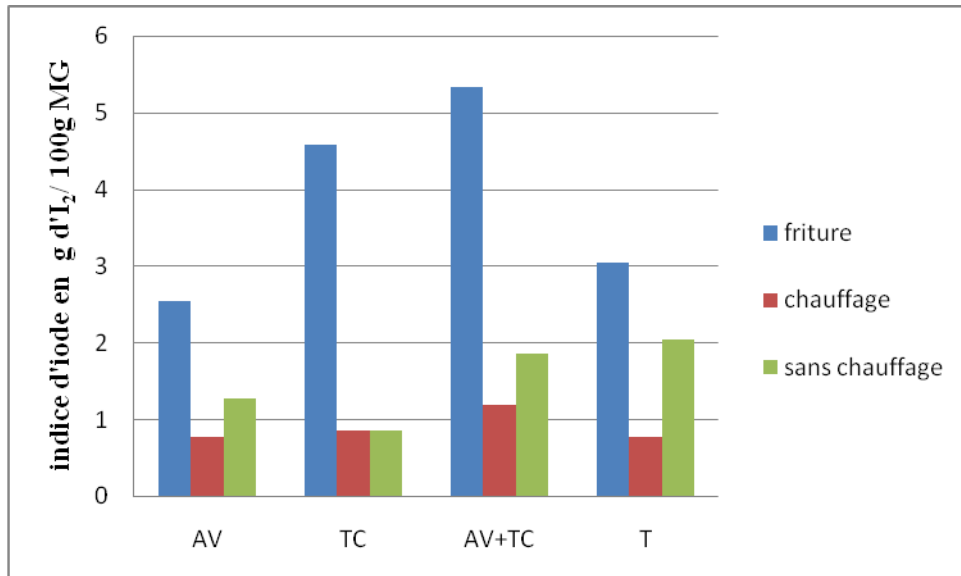


Figure 65 : Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 3^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

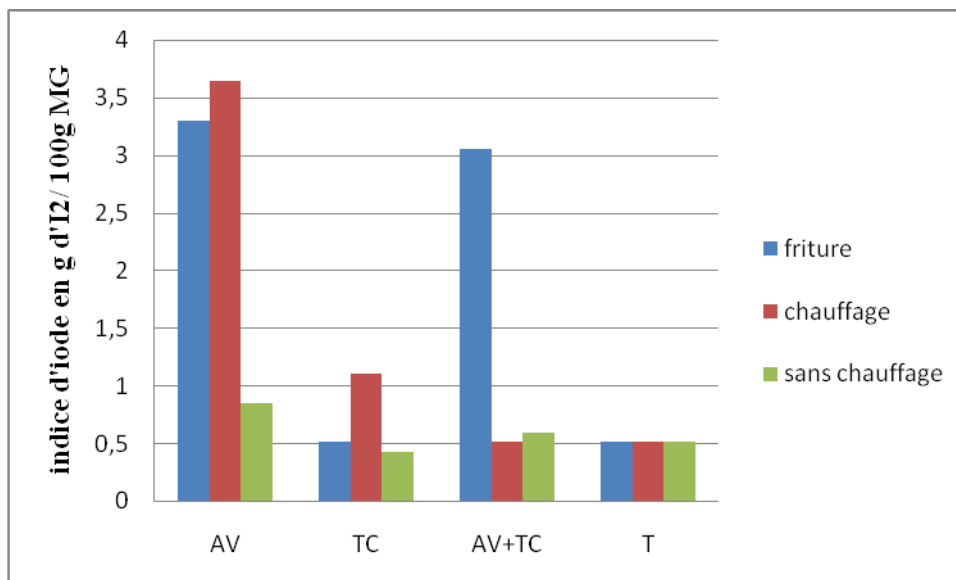


Figure 66 : Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 4^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

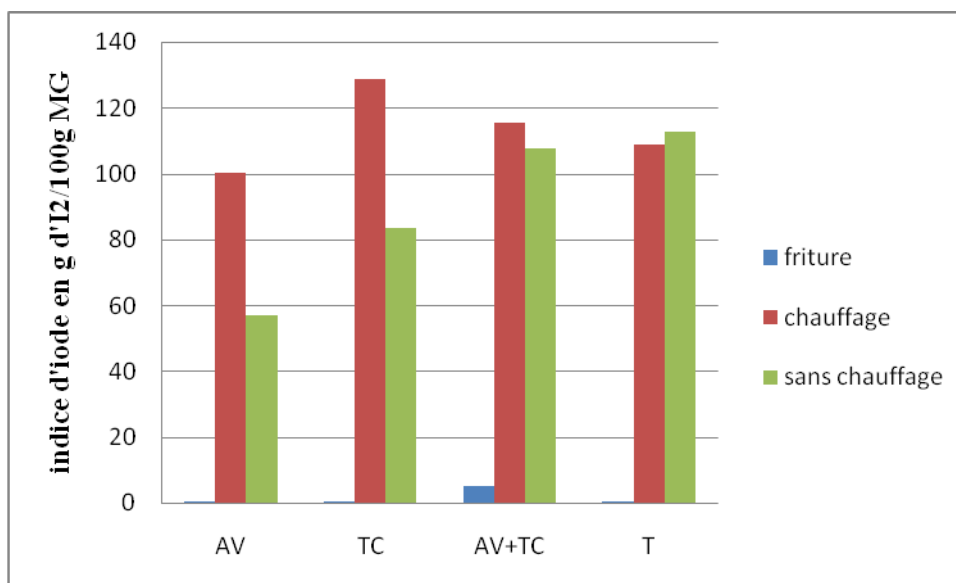


Figure 67 : Indices d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 5^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

Les valeurs obtenues dans notre recherche sont de l'ordre de 0,25 et 6,85I₂/100g MG pour la friture ; entre 5,8 et 128I₂/100g MG pour le chauffage et entre 3,38 et 112I₂/100g MG sans chauffage. Le premier constat fait sur ces valeurs est qu'elles ne dépassent pas la limite

autorisée par la norme citée au **CODEX ALIMENTARIUS (1983)** à l'exception du 5^{ème} jour de traitement par chauffage ainsi que le 5^{ème} jour sans chauffage (**figure 68, 69 et 70**).

Nos résultats d'indice d'iode sont inférieurs à celle enregistré par **POPA et al. (2012)**, qui ont obtenu des taux avoisinant les 177g d'I₂/100g huile.

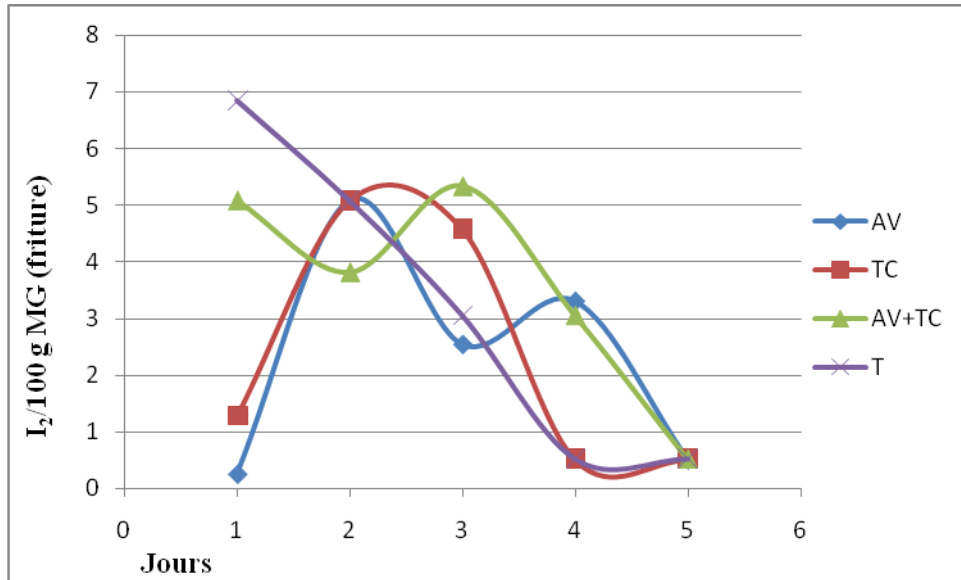


Figure 68 : indice d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par friture.

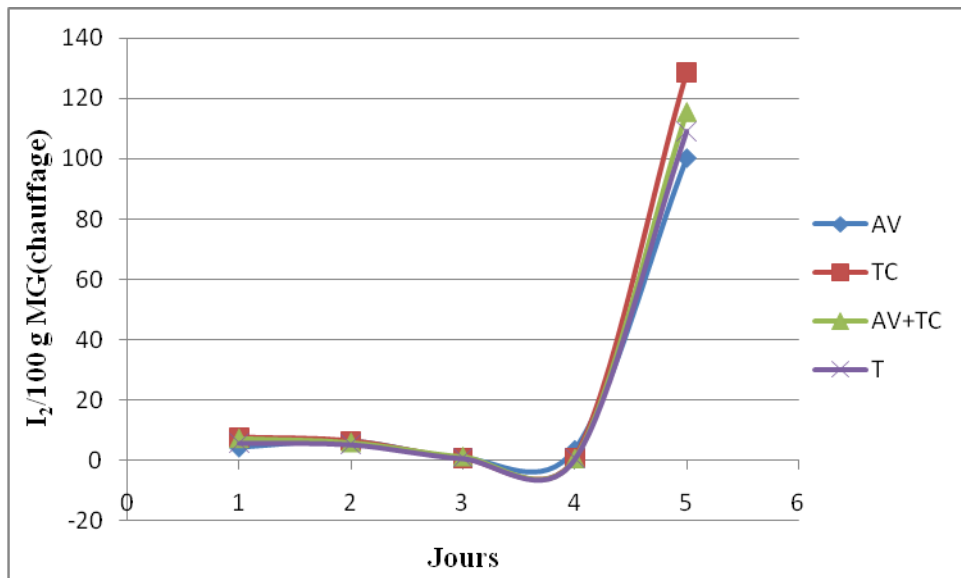


Figure 69 : indice d'iode d'huile de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par chauffage.

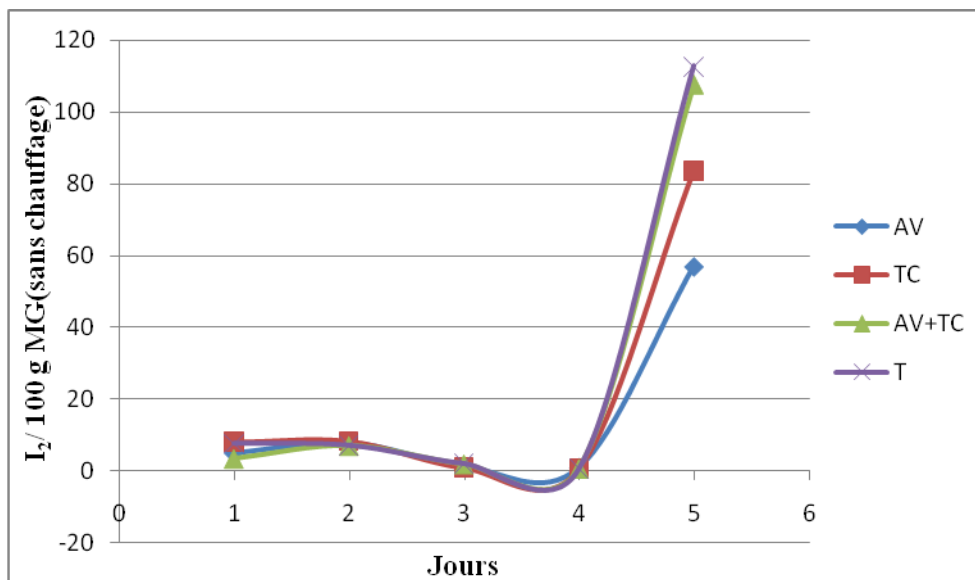


Figure 70 : indice d'iode de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de conservation sans chauffage.

III.2.5. Indice d'ester

Les différents indices d'ester obtenu dans notre étude sont présentés dans les **figures 71, 72, 73, 74 et 75** et aussi dans les figures **76, 78 et 79**. Nous remarquons qu'à part les lots qui n'ont pas subi de traitement thermique (c'est-à-dire sans chauffage) les taux de cet indice sont non conforme à la norme internationale du **CODEX ALIMENTARIUS (1983)** pour l'ensemble des lots traité thermiquement quelques soit par chaleur ou par friture, car les valeurs de l'indice d'ester limite pour une huile alimentaire doivent pas dépasser 187,9 mg de KOH/ g d'huile.

D'après les résultats d'indice d'ester de **BAAZIZ et MOKHTARI (2018)** les valeurs comprises entre 118 et 181 mg de KOH/ g d'huile.

En outre, les valeurs obtenues dans cette étude indiquent que nos huiles sont non conformes aux normes.

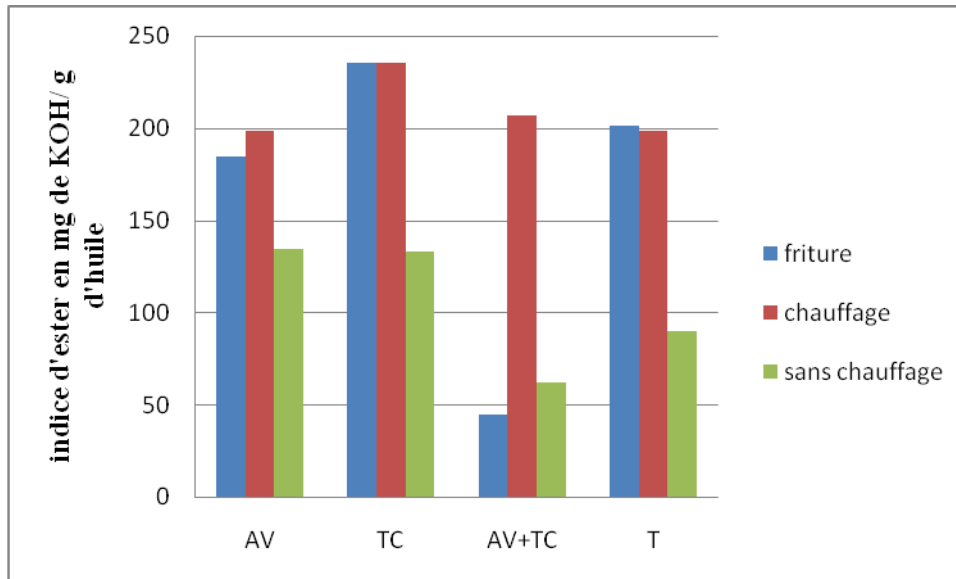


Figure 71: Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 1^{er} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

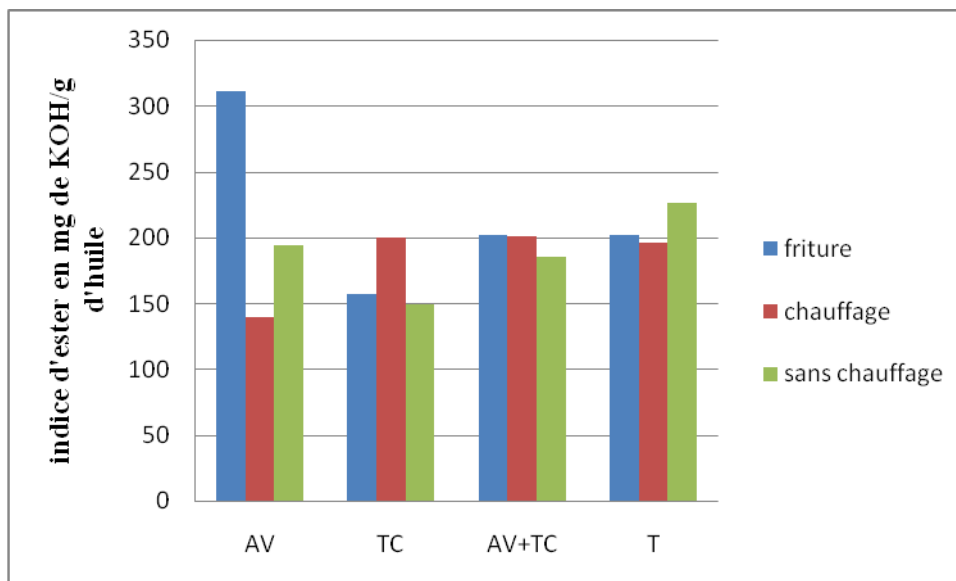


Figure 72: Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 2^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

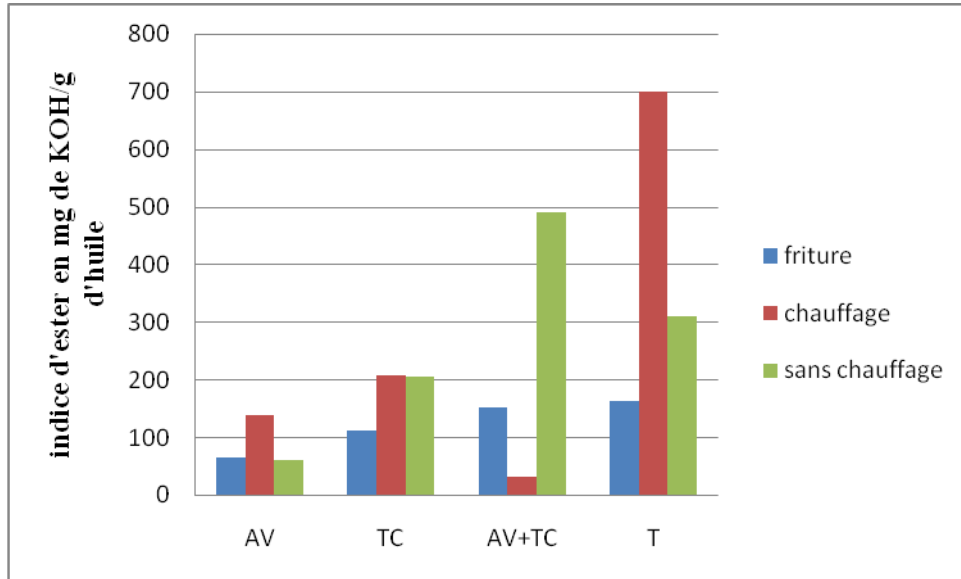


Figure 73: Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 3^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

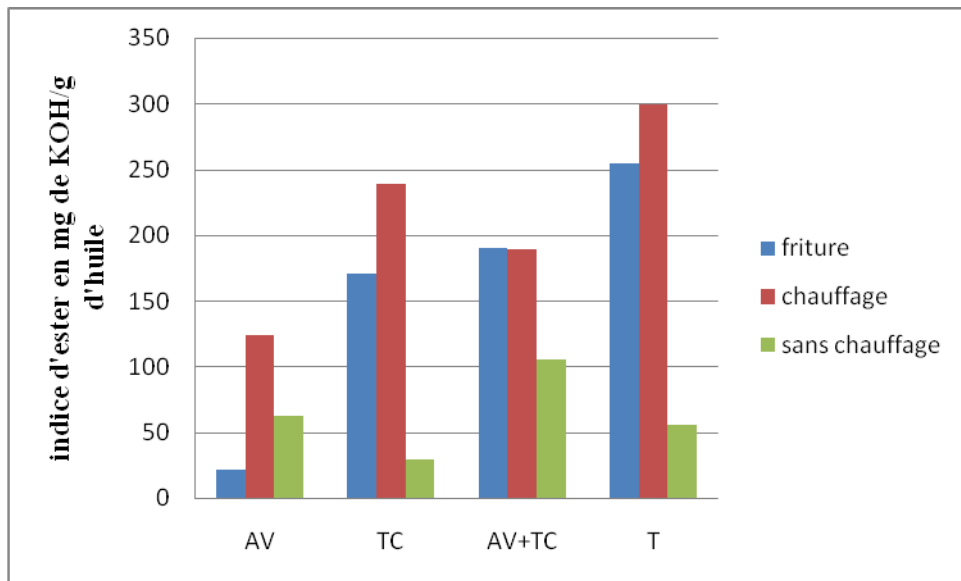


Figure 74 : Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 4^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

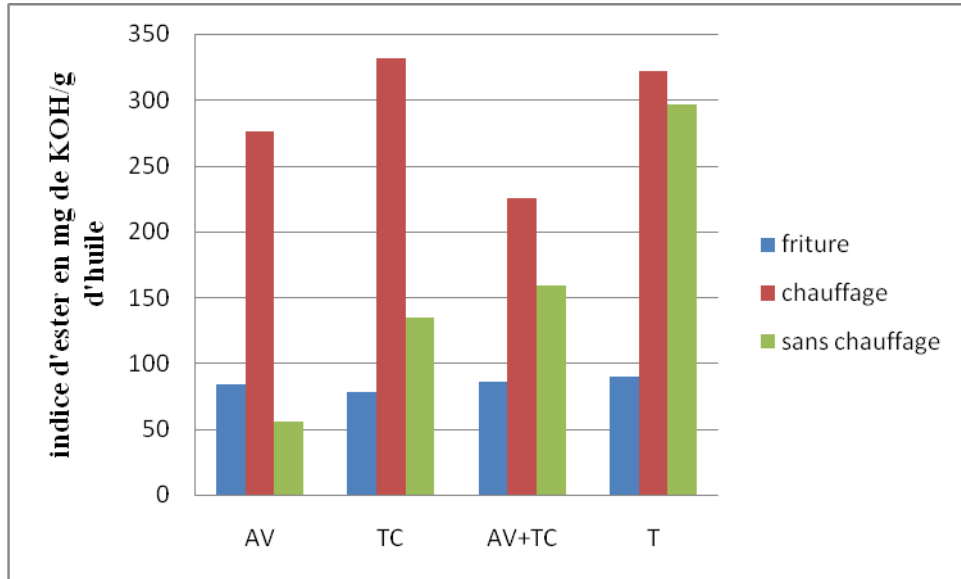


Figure 75: Indices d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* au 5^{ème} jour de traitement par friture, chauffage et sans chauffage.

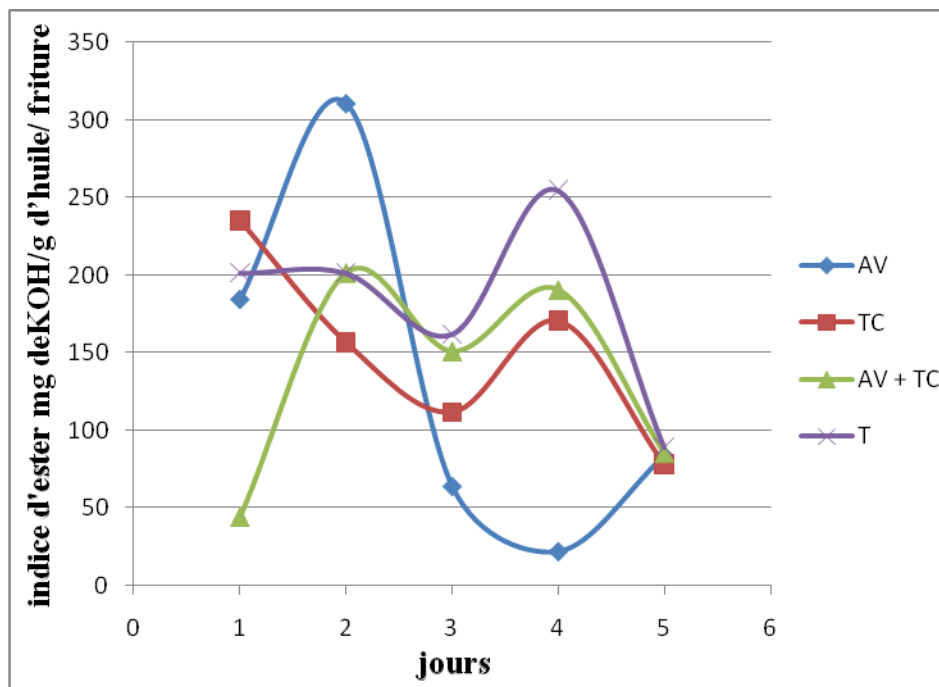


Figure 76 : indice d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par friture

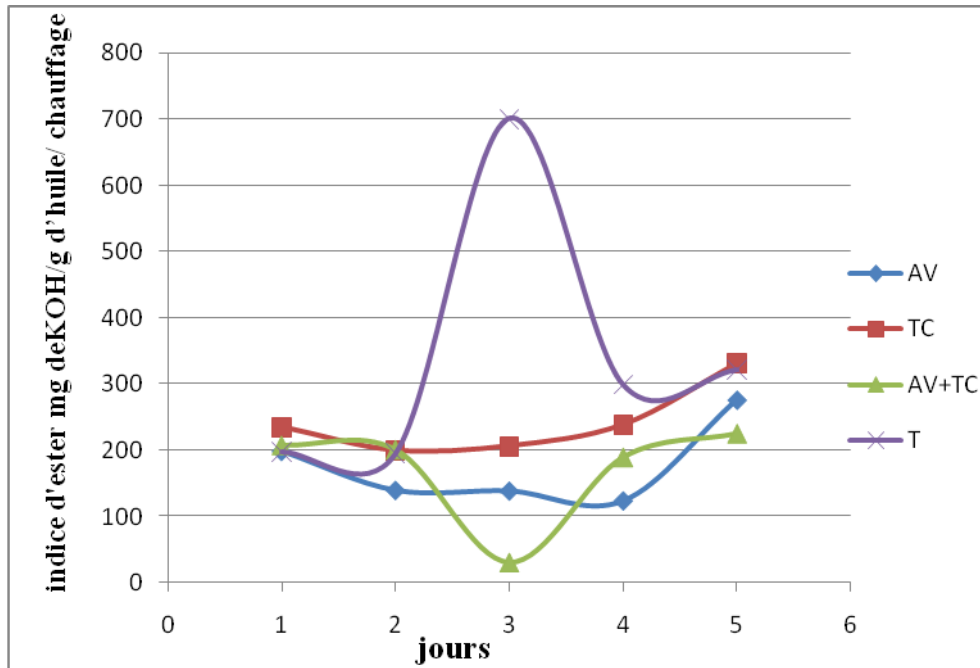


Figure 77 : indice d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de traitement par chauffage.

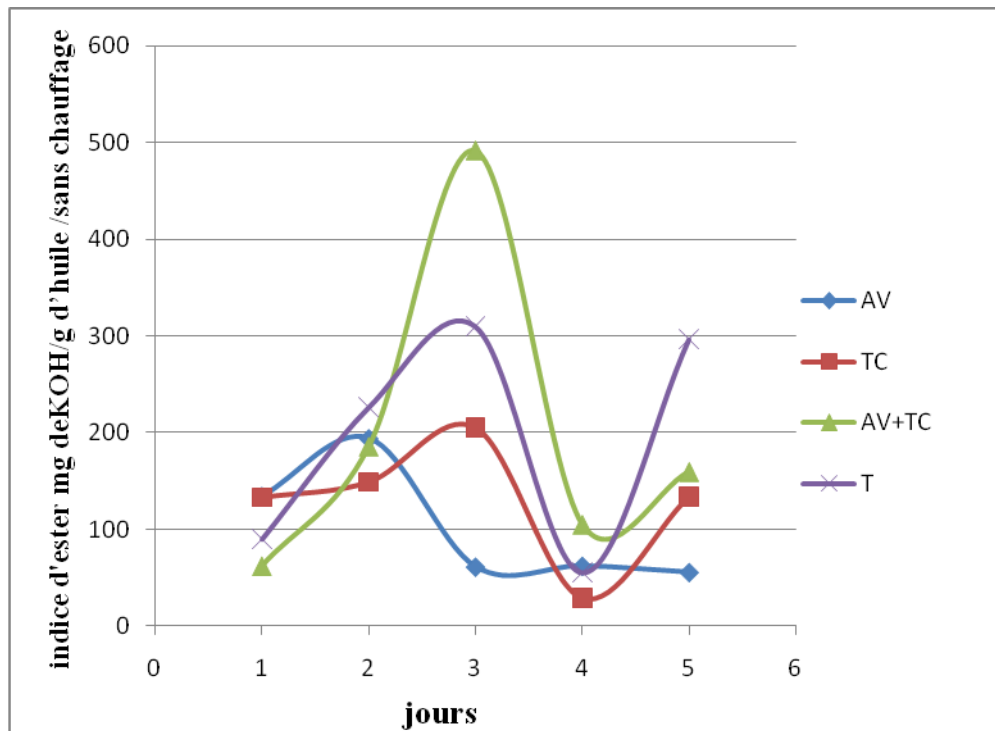


Figure 78 : indice d'ester de l'huile de tournesol additionnée à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* pendant 5 jours de conservation sans chauffage.

Conclusion

Conclusion

L'huile de tournesol est plus susceptible à l'oxydation car elle contient une forte proportion d'acides gras insaturés, raison pour laquelle les industries agroalimentaires ajoutent des conservateurs et des antioxydants synthétiques pour empêcher ce phénomène.

Dans notre étude nous avons utilisé l'huile de tournesol pour des traitements additionnée à 0,2% d'huiles essentielles a été effectué afin de déterminer les caractères chimiques et pour vérifier leurs qualité et leurs comportements après un traitement de chauffage et de friture à la température de 180°C et ainsi les comparer aux mélanges d'huiles essentielles avec l'huile de tournesol non chauffées par la mesure des différents indices de ces huiles (indice d'acide, indice de peroxyde, indice de saponification , indice d'iode , indice d'ester).

Les résultats enregistrés nous montrent qu'*Ammoides verticillata* a donné un excellent rendement en enregistrant un taux de 14,78% par rapport au *Thymus ciliatus* a donné un rendement faible avec un pourcentage de 4,69%.

Les valeurs d'indice d'acide et l'indice d'iode sont stable et compris dans l'intervalle des normes a un effet sur la stabilité de qualité des huiles sauf pour l'indice d'iode durant le cinquième jour du traitement par chauffage et du témoin non chauffé qui ont donné des valeurs supérieures à la norme.

L'indice de peroxyde est généralement supérieur dans l'huiles de friture et chauffage additionné aux huiles essentielles par apport ceux seulement soumis au sans chauffage qu'il diminue au cours du temps. Les résultats sont donc compatibles aux normes.

L'indice de saponification et d'ester montre de non-conformité d'huiles de tournesol mélangé aux huiles essentielles après cinq jours de traitement ce qui les rend impropres à l'utilisation ultérieur autorisé par la norme.

D'après cette étude, on constate que l'huile essentielle de d'*Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* a un bon effet sur la stabilité de qualité d'huiles de tournesol à une concentration de 0,2%, ce qui permet de retarder l'oxydation de ces huiles au cours des traitements de friture et de chauffage.

Ces huiles essentielles empêchent la formation de produits d'oxydation secondaires, ce qui entraînait une augmentation de la valeur du peroxyde après la friture et le chauffage après réduction du pouvoir non chauffant.

En perspective, il sera intéressant d'explorer de nouvelles méthodes, notamment :

- effectuer des analyses avec des techniques poussées à savoir la GC/MS.
- Ajouter *Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* comme agent de conservation avec des substances ou arômes naturels ajoutés à des produits alimentaires innovants.
- L'utilisation de la poudre de la plante entière ou bien d'autres extraits pour voir leurs efficacités contre l'oxydation des lipides.

Références bibliographiques

A

- ABDELOUAHID D. E., BEKHCHI C., 2004-** Pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle d'*Ammoïdes verticillata* (Nûnkha). *Rev, Biologie et santé* **4(2)** :1-10.
- ABDERRAZAK M et JOËL R., 2007-** La botanique de A à Z. Ed. Dunod. Paris, 177p.
- AFNOR. (Association française de normalisation), 2000-** *Huiles essentielles*. Ed. PARA Graphic. Tome1- Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2- Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323p.
- AKOH C. C., MIN D. B., 2002-** *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. Ed. MARCEL DEKKER, INC., NEW YORK, 1014p.
- AKOH C. C., MIN D. B., 2008-** *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. Ed. MARCEL DEKKER, INC., NEW YORK, 928p.
- ALAIS C. et LINDEN G., 1997-** *ABREGE DE BIOCHIMIE ALIMENTAIRE*. Ed. MASSON., Paris, 248p.
- ALAIS C., LINDEN G. et MICLO L., 2008-** *BIOCHIMIE ALIMENTAIRE*. Ed. DUNOD., Paris, 260p.
- ALLINGERN L., 1976-** *Chimie organique*. Ed. Univ, MCGRAW.HILL. Tome III. Paris.
- AMARTI F., SATRANI B., GHANMI M., FARAH A., AAFI A., AARAB L., EL AJJOURI M. et CHAOUCH A., 2010-** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss et Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Du Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **14(1)** : 141-148.
- ANDERSON K. J., TEUBER S. S., GOBEILLE A., CREMIN., P., WATERHOUSE A. L., STEINBERG F.M., 2001-** Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation: Biochemical and molecular action of nutriments. *J Nutrition*, **131**: 2837-42.
- ANTOUN N. et TSIMIDOU M., 1998-** Olive oil herb and spice specialities: Preconceived ideas of potential consumers about their nutritional and sensorial attributes. *Olivae*, **71**: 56-62.

ATTOU A., 2017- *Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de Quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent) Etude de Leurs Activités Antioxydante et Antimicrobienne.* Thèse de doctorat en biologie, option. Substances Naturelles, Activités Biologiques et Synthèse, laboratoire des produits naturels, dép. biologie, Univ. Tlemcen, 101p.

B

BAAZIZ I. et MOKHTARI O., 2018- Effet de l'addition des huiles d'*Ammoides verticillata* (Nounkha) et *Thymus ciliatus* (Zaitra) sur la stabilité de l'huile de soja après un chauffage à la température de 200°C. Mem. De master. en Agroalimentaire et contrôle de qualité, dép. agronomie, Univ. Tlemcen, 94p.

BAJPAI K., BEAK K., JUNG S., 2012- Control of Salmonella in foods by using essential oils. *Areview Food research international*, **45**:722-734.

BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D. et IDAOMAR M., 2008- Biological effects of essential oils. *Food Chem Toxicol*, **46(2)**: 446-75.

BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D., IDAOMAR M., 2008- Biological effects of the essential oils. *Food and chemical toxicology*, **46** : 446-475.

BARDEAU T., 2015- *Phospholipides bio-sources riches en acides gras oméga 3 pour la formulation de liposomes.* Thèse de Doctorat en SPÉCIALITÉ : Génie des procédés, ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES CHIMIQUES, Univ, BORDEAUX, France, 234p.

BAREL S., SEGAL R. et YASHPHE J., 1991- The antimicrobial activity of the essential oil from *Achillea fragrantissima*. *J. Ethnopharmacol.* **33**: 187-191.

BAUDOUX D., 1997- Un procédé, une analyse, une définition. Aroma News. Lettre d'information de N.A.R.D: Natural Aromatherapy Research and Development.

BAUDOUX D., 2008- l'aromathérapie, se soigne par les huiles essentielles. Ed. Broché. p1.

BAUER J.W., BADOUD R., LOLIGER J. et ETOURNAUD A., 2010- *Science et technologie des aliments.* Ed. Lausanne., Première édition. Italie, 720p.

BEKHECHI C. et DJAMEL A., 2010- « *Les huiles essentielles* ». Office des Publications Universitaire Algérienne, P. p 29-30.

- BOUCHON P., 2009-** Chapter 5 Understanding Oil Absorption during Deep-Fat Frying. *Advances in Food and Nutrition Research*, **57**: 209–234.
- BOUHADJRA K., 2011-** *ETUDE DE L'EFFET DES ANTIOXYDANTS NATURELS ET DE SYNTHÈSE SUR LA STABILITÉ OXYDATIVE DE L'HUILE D'OLIVE VIERGE*. Mem. Magister en chimie. Option. Chimie de l'environnement, Dép. de chimie, Fac. Des sciences, Univ. MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU., P.11.
- BOUKHATEM M. N., HAMAIDI M. S., SAIDI F. et HAKIM Y., 2010-** Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie). *Nature et Technologie*, **3**: 37 - 45.
- BRAVO L., 1998-** Polyphenols : chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutr. Rev.*, **56**: 317- 33.
- BRISSON G., 1982-** *Lipides et nutrition humaine*. Ed. MASSON., Paris, 192p.
- BRUNETON J., 1987-** Mono et sesquiterpènes In éléments de phytochimie et de pharmacognosie. *Ed : Tec & Doc., Lavoisier*, Paris, 223-234.
- BRUNETON J., 1993-** *Pharmacognosie – phytochimie, plantes médicinales*. Ed. *Tec et Doc* Lavoisier., Paris, 915p.
- BRUNETON J., 1999-** *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales*. Ed. *Tec et Doc.*, Paris, P. p.483-560.
- BRUNETON J., 1999-** *Pharmacognosy Phytochemistry medical plants* Lavoisier publishing. USA, New York, P.p. 555-558.
- BRUNETON J., 2009-** *Pharmacognosie, phytochimie, plante médicinales*. Ed. *Tec et Doc*, Lavoisier., Paris, 1270p.
- BURONZO A. M., 2008-** *Grand guide des huiles essentielles*. Ed. Hachette pratique. 254 p.
- BURT S., 2004-** Essential oils : their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *International Journal of Food Microbiology*, **94**: 223 – 253.

C

- CANDAN F., UNLU M., TEPE B., DAFERERA D., POLISSIOU M., SOKMEN A. et AKPULAT H.A. (2003).** Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *millefolium* Afan. (Asteraceae). *J. Ethnopharmacol.* **87**: 215-220.
- CHEKROUN N., 2013-** *Détermination de la capacité antioxydant des huiles végétales : Huile Afi.* Mem. Master en chimie. Option. Chimie Physique et Analytique Académique, Laboratoire de Recherche Spectrochimie et Pharmacologie Structurale., Dép. chimie, Fac. Des sciences, Univ. De Tlemcen, 72p.
- CLERGEAUD C., 2003** -*Les huiles végétales huiles santé et de beauté.* Ed. Amyris, Bruxelles, 66p.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION., 1983-** Re commended Interthe WHO Expert Group on Pesticide Residues: Pesticide Residues national Code for Ante-Mortem and Post-Mortem Inspection of Slaughter Animals FAO/WHO, Rome.
- CODEX ALIMENTARIUS., 1993-** Annexe V, avant-projet de norme pour les huiles végétales portant un nom scientifique. *Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique.* Actualité en chimie, **270** : 108-115.
- CODEX ALIMENTARIUS., 1999-** *NORME POUR LES HUILES VÉGÉTALES PORTANT UN NOM SPÉCIFIQUE.* CODEX STAN 210, 14p.
- COMBE N. et ROSSIGNOL-CASTERA A., 2010-** Huiles végétales et friture. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, **45** : S44-S51.
- COURTOIS F., ZIAIFAR A. M., TREZZANI I. et TRYSTRAM G., 2012-** Friture profonde : les interactions huile-produit. *OCL*, **19(2)**: 89-95.
- COX S. D., MANN C. M. et MARKHAM J. L., 2001-** Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J. Appl. Microbio*, **91(3)** : 492-497.
- CUVELIER M. E. et MAILLARD M. N., 2012-** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. *OCL*, **19(2)** : 125-132.

D

DAINE E-A., MOSTEFAI N., 1998- Contribution à l'étude du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* (Nounkha) de la région de Tlemcen et comparaison avec l'effet antiseptique du thymol et des antibiotiques. Mémoire d'ingénieur d'état, Université Aboubakr Belkaid de Tlemcen.

DELAGOUTTE C., 2007- Huiles de friture et dangers. *La Cuisine Collective*, numéro 205.

DJOSSOU J. 2006- Etude des possibilités d'utilisations des formulations à base de fruits secs de *Xylopia aethiopica* Dunal (Annonaceae) pour la production des stocks de niebe contre *Callosobruchus maculatus* Fabricus (Coleoptera : Bruchidae). Master complémentaire Fculté des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique.

DOBARGANES C., MÁRQUEZ-RUIZ G. et VELASCO J., 2000- Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **102**: 8-9.

DUBOIS V., BRETON S., LINDER M., FANNI J. et PARMENTIER M., 2008- Proposition de classement des sources végétales d'acides gras en fonction de leur profil nutritionnel. *OCL*, **15(1)** : 56-75.

E

EISENHUT M., 2007 - The toxicity of essential oils. Article in presse, *I. J. I. D.*, **11(4)**: 365.

EI ASBAHANI A., MILADI K., BADRI W., SALA M., ADDI E A., AIT ADDI E.H., CASABIANCA H., EL MOUSADIK A., HARTMANN D., JILALE A., RENAUD F.N.R. et ELAISSARI A., 2015- Essential oils: from extraction to encapsulation. *I. J. Ph*, **483(1-2)** : 220-243.

EL ASBAHANI A., MILADI K., BADRI W., SALA M., AIT ADDI E.H., CASABIANCA H., EL MOUSADIK A., HARTMANN D., JILALE A., RENAUD F. N. R. et ELAISSARI A., 2015- Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, **483**: 220–243.

EL KOLLI M. 2008 – Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Athemis pedunculata* Desp., d'*Athemis*

punctata Vahl et de *Daucus crinitus* Desf. Mémoire de Magistère, Département de biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.

EL-LAKANY A., ABDEL-KADER M. S., GHAZY N. M., MAHMOUD Z. F., 1997- A new flavones glycoside with antimicrobial activity from *Caduus pycnocephalus* L. *pharmazie.*, **52**:78-79.

EVARD J., 2005- Les tourteaux d'oléagineux, source de protéines en alimentation animale. *OCL*, **12(3)** : 224-227.

EVARD J., PAGES-XATART-PARES X., ARGENSON C. et MORIN O., 2007- Procédés d'obtention et compositions nutritionnelles des huiles de tournesol, olive et colza. *Cah. Nutr. Diét.*, **42** : 13-23.

F

FAHY E., SUBRAMANIAM S., BROWN H. A., GLASS C. K., MERRILL, JR A. H., MURPHY R.C., RAETZ C. R. H., RUSSELL D. W., SEYAMA Y., SHAW W., SHIMIZU T., SPENER F., VANMEER G., VANNIEUWENHZE M.S., WHITE S. H., WITZTUM J. L. et DENNIS E. A., 2005- A comprehensive classification system for lipids. *J. Lipid Res.*, **46**: 839-861.

FAO., 2008- Graisses et acides gras dans la nutrition humaine : Rapport d'une consultation d'experts. Genève, 178p.

FERHAT M., KADI I. et LAHOUAOU A. 2009- Recherche de substances bioactives de l'espèce *Centaurea microcarpa* Coss et Dur. Le Diplôme des Etudes Supérieures en Biologie (DES). Université Mohamed Boudiaf - M'Sila. Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur. Département de biologie.

FERNANDEZ X., et CABROL-BASS D., 2007- *Analyse des arômes*. Technique d'ingénieur, p3233.

FINE F., BROCHET C., GAUD M., CARRE P., SIMON N, RAMLI F. et JOFFRE F., 2016- Micronutrients in vegetable oils: The impact of crushing and refining processes on vitamins and antioxidants in sunflower, rapeseed, and soybean oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **118(5)**: 680-697.

FISHER K. et PHILLIPS C., 2009- In vitro inhibition of vancomycin-susceptible and vancomycinresistant *Enterococcus faecium* and *E. faecalis* in the presence of citrus essential oils. *Br. J. Biomed. Sci.* **66**: 180-185.

FRANCHOMME P., PÉNOËL D., 1990- L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jallois éditeur. Limoges. 445 p.

FRANÇOIS R., 1974- *les industries des corps gras*. Ed. Lavoisier., Paris, 431p.

FRIEDMAN B., 2000- Adsorbent antioxidant provides optimum frying in restaurant and fast food fryers, *European Journal of Lipid Science and Technology*, **102 (8-9)**:560-565.

FUNK et WAGNALLS., 2004- Encyclopédie britannique Funk et Wagnalls. URL: <http://www.Funkandwagnalls.com>.

G

GATES M. et TSCHUDI G., 1952- The synthesis of morphine. *Journal of the American Chemical Society* **J. 74 (4)**: 1109-1110.

GAZENDEL J. M., ORECCHIONI A.M., 2013- Le préparateur en pharmacie. Ed. Lavoisier, Paris, 1761p.

GHARBY S., HARHAR H., BOUZOUBAA Z., ROUDANI A., CHAFCHAOUNI I., KARTAH B. et CHARROUF Z., 2014- Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect of Polyphenols extracts from margins on the stability of sunflower oil). *J. Mater. Environ. Sci.* **5 (2)** : 464-469.

GHERMAN C., CULEA M., COZAR O., 2000- Comparative analysis of some active principles of herb plants by GC/MS. *Talanta*, **53**: 253-262.

GORNAY J., 2006- *Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acides gras. Application a la valorisation chimique des déchets lipidiques*. Thèse de Doctorat spécialité : Génie des Procédés, Département de Chimie Physique des Réactions, Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole Doctorale RP2E E.N.S.I.C.Nancy, P. p9.

GOUDARZI G. R., SAHARKHIZ M.J., SATTARI M. et ZOMORODIAN K. 2011- Antibacterial Activity and Chemical Composition of Ajowan (*Carum copticum* Benth. et Hook) Essential oil. *Rev. J. Agr. Sci. Tech.* **13**: 203-208.

GUINOCHET M. et VILMORIN R., 1975- *Flore de France fascicules 2*. Ed. Centre national de la recherche scientifique, France, P.p. 367-818.

H

HADDOUCHI F., 2007- Contribution à l'étude des huiles essentielles de *Thymus Fontanesii* (Zaâteur) de la région de Mostaganem et de *laurus nobilis* (Rend) de la région de Tlemcen (Nedroma). Activités antibactériennes et antifongiques en fonction de leur conservation. Thèse. Magister., Univ. Abou Bakr Belkaid. Tlemcen, p.

HADDOUCHI F., BENMANSOUR A., 2008 - Huiles essentielles, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. Les technologies de laboratoire 3(8).

HOPKINS W.G., 2003- *Physiologie végétale*. Ed. De Boeck et Larcier, 515p.

I

ISERIN P., 2001- *Encyclopédie des plantes médicinales*. Ed. Larousse., Paris, P.p.18-54.

J

JORDAN M. J., MARTINEZ R. M., GOODNER K. L., BALDWIN E. A. et SOTOMAYOR J. A., 2006- .Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. Industrial Crops and Products, 24(3), 253-263.

JUTEAU F., MASOTTE V., BESSIERE J.M. et VIANO J., 2002- Compositional characteristics of essential oil of *Artemisia campestris* var. *glutinosa*. Biochemical Systematic and Ecology, 30: P 1065-1070.

K

KANDJI N., 2001- *Etude de la composition chimique et de la qualité d'huiles végétales artisanales consommées au Sénégal*. Thèse de pharmacie, Fac. Médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie, université cheikh anta diop de Dakar. Sénégal, 72p.

KARIOTI A., VRAHIMI-HADJILOUCA T., DROUSHIOTIS D., RANCIC A., HADJIPAVLOU-LITINA D. & SKALTSA H., 2006- Analysis of the essential oil of

Origanum dubium growing wild in Cyprus. Investigation of its antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Planta Med.* **72**: 1330-1334.

KARLESKIND A. NAUDET M., SOULIER J. ET FARINES M., 1992- Principaux constituants chimiques des corps gras. *Manuel des Corps Gras*. Paris, P.p. 65-115.

KAROUI I. J., DHIFI W., BEN JEMIA M. et MARZOUK B., 2011- Thermal stability of corn oil flavoured with *Thymus capitatus* under heating and deep-frying conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **91**: 927–933.

KARTIKA I. A., 2005- *NOUVEAU PROCEDE DE FRACTIONNEMENT DES GRAINES DE TOURNESOL : expression et extraction en extrudeur bi-vis, purification par ultrafiltration de l'huile de tournesol*. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, spécialité : Sciences des Agro ressources, 333p.

KHAJEH M., YAMINI Y., BAHRAMIFAR N., SEFIDKON F. et PIRMORADEI M.R. 2005- Comparison of essential oil composition of *Ferula assafoetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*.**91**: 639-644.

KHAJEH M., YAMINI Y., SEFIDKON F. et BAHRAMIFAR N., 2004 - Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*, **86**:587-591.

KITA A., LISINSKA G., 2005- The influence of oil type and frying temperatures on the texture and oil content of French fries. *J. Sci. Food. Agric*, **85(15)** : 2600-2604.

L

LAGUNEZ R L., 2006- *Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de TOULOUSE, P.p. 31-42.

LAKHDAR L., 2015- évaluation de l'activité antibactérienne d'huiles Essentielles marocaines sur *aggregatibacter Actinomycetemcomitans* : Etude *in vitro*. Formation doctorale : Faculté de médecine dentaire de rabat Centre d'études doctorales des sciences de la vie Et de la santé Université Mohammed V. Rabat, p.27.

LAMBERT J., 2005- Les huiles végétales : 2 000 plantes oléagineuses répertoriées. *I. F. H. V. P.*, 23p.

LAMBONI C., KÉTÉVI A., AWAGA K., et DOH A. 1999- A study of heated vegetable oils used by street vendors in frying foods in Lome, Togo. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, **13(2)**:173-177.

LANDRIER J. F., 2011- Vitamine E et physiologie du tissu adipeux. *OCL*, **18(2)** : 83-87.

LECERF J. M., 2011- Les huiles végétales : Particularités et utilités. *Elsevier Masson.*, **5(3)** : 257-262.

LECOMTE J., 2009- Les cires végétales : sources et applications. *OCL*, **16(4)** : 262-266.

LERAY C., 2013- *les lipides nutrition et santé*. Ed. Lavoisier., Paris, 338p.

LIN S., AKOH C. C., et REYNOLDS A. E. 1998- The recovery of used frying oils with various adsorbents. *Journal of Food Lipids*, **5**: 1–16.

LION P., 1955- *Travaux pratiques de chimie organique*. Ed. DUNOD, Paris.

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.

LUCIENNE A. D., 2010- *Les plantes médicinales d'Algérie*. Ed. Berti. 239 p.

LUTGE U., KLUGE M et BAUER G., 2002- *Botanique*. Ed. Technique et documentation. Lavoisier., Paris. 211p.

M

MAJINDA R. R. T., ABEGAZ B. M., BEZABIH M., NGADJUI B. T., WANJALA C. C. W., MDEE L. K., BOJASE G., SILAYO A., MASESANE I. et YEBOAH S. O., 2001- Recent results from natural product research at the University of Botswana. *Pure and Applied Chemistry*, **73(7)**: 1197-1208.

MANTLE D., ANDERTON J. G., FALCOUS G., BARNES M., JONES P. et PERRY E. K., 1998- Comparison of methods for determination of total antioxidant status: application to analysis of medicinal plant essential oils. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* **121**: 385-391.

MARRIOTTA P. J., SHELLIEA R. et CORNWELLB C., 2001- Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils. *Journal of Chromatography A*, **936 (1–2)**: 1–22.

- MARTIN A., 2001-** The “apports nutritionnels conseillés (ANC)” for the French population. *Reproduction Nutrition Development*, **41(2)**: 119–128.
- MATTHAUS B., 2006-** Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **108** : 200–211.
- MAY J., CHAN C.H., KING A., WILLIAMS L. et FRENCH G. L., 2000-** Time-kill studies of tea tree oils on clinical isolates. *J. Antimicrob. Chemother.* **45**: 639-643.
- MEDART J., 2009-** Manuel pratique de nutrition : L'alimentation préventive et curative. Ed. De Boeck., Bruxelles, 314p.
- MERZOUGUI I., TADJ H., 2012-** Etude de l'effet antibactérien et antioxydant d'*Ammoides verticillata* de la région de Tlemcen. Mem en Ingénieur d'Etat en Agronomie., option. Technologie des Industries Agro-alimentaires., dép. des sciences Agronomiques et des forêts, Fac.SNV/STU., Univ. Tlemcen, 59p.
- MIGUEL M. G., ANTUNES M. D., ROHAIM A., FIGUEIREDO A. C., PEDRO L. G. et BARROSO J. G., 2014-** Stability of Fried Olive and Sunflower Oils Enriched with *Thymbra capitata* Essential Oil. *Czech J. Food Sci.*, **32**: 102–108.
- MOHAMMEDI Z., 2006 –** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Mémoire de Magistère, Département de biologie, Faculté des sciences, Univ, de Tlemcen, 169p.
- MÖLLER K., 2008 -** La distillation à l'alambic, un art à la portée de tous. *Editorial UNICO*.152 p.
- MORIN O. et PAGES-XATART-PARES X., 2012-** Huiles et corps gras végétaux : ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel. *OCL*, **19(2)** : 63-75.

N

- NAFTI Y., 2006-***biochimie alimentaire*. Ed. BIOHAY., Djelfa, P.15.
- NAVES Y.R., 1976 -** Parfums, Cosmétiques, savons, Vol. 58, p. 105. Cité in **GARNERO J., 1996-** Huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur K345 pp 1-45.
- NAWAR W. W., 1996-** *Lipid Oxidation of Catfish (Arius maculatus) after Cooking and Smoking by Different Methods Applied in Cameroon*. Ed. Food Chemistry, New York, Marcel Dekker, P.p. 225–319.

NDJOUENKEU R. et NGASSOUM M., 2002- Etude comparative de la valeur en friture de quelques huiles végétales (Comparative study of frying behaviour of some vegetable oils). *Journal of Food Engineering*, **52** : 121-125.

NEWMAN D.J., CRAGG G.M., SNADER K.M., 2000-The influence of natural products upon drug discovery. *Natural Product Report*, **17**: 215-234.

NIKI E. et NOGUCHI N., 2004- Dynamics of antioxidant action of vitamin E. *Accounts of Chemical Research*, **37** (1): 45-51.

O

OLIVEIRA M.J., IANI F.P.C., OLIVEIRA C.B.A., SANTOS M.R., SOUZA P.S., SANTOS S.C., SERAPHIN J.C. et FERRI P.H., 2005- Influence of growth phase on the essential oil composition of *Hyptissua veolens*. *Biochemical Systematics and Ecology*, **33**: 275-285.

P

PADRINI F., LUCHERONI M.T., 1996- « *Le grand livre des huiles essentielles* ». Ed. Vecchi, New York, 1996.

PAGES X., MORIN O., BIROT C., GAUD M., FAZEUILH S. et GOUBAND M., 2010- Raffinage des huiles et des corps gras et élimination des contaminants. *OCL*, **17**(2) : 86-99.

PAGES-XATART-PARES X., 2008- *Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales)*. Techniques de l'ingénieur, F, 6 070, 13p.

PENG H.Y. & YANG X. E., 2005- Volatile constituents in the flowers of *Elsholtziaargyi* and their variation: a possible utilization of plant resources after phytoremediation. *Journal of Zhejiang University Science*, **6B** (2): P 91-95.

PERRY N.B., ANDERSON R.E. et BRENNAN N. J., 1999- Essential oils from Dalmatian sage (*Salvia officinalis*): variation among individuals, plant parts, seasons and sites. *J. Agric. Chem.* **47**(5): 48-54.

PIBIRI M. C., 2006- *Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles*. Thèse doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 161p.

PIOCHON M., 2008- *Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi, 200p.

POKORNY J., 1998 - Substrate influence on the frying process. *Grasas y aceites*, **49(3-4)**: 265-270.

POPA V. M., GRUIA A., RABA D. N., DUMBRAVA D., MOLDOVAN, C., BORDEAN, D. et MATEESCU C., 2012- Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum usitatissimum* L.) from Romania. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, **18(2)**, 136-140.

Q

QUEZEL P. et SANTA S., 1963- *Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Ed. Centre National de la recherche scientifique. 663p.

R

REHAB F. M. A., 2010- Improvement the stability of fried sunflower oil by using different levels of Pomposia (*Syzygium Cumini*). *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem*, **9**:396–403.

RHAYOUR K., 2002- Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacterium fortuitum*, Thèse de Doctorat, P.p. 9, 10, 17.

RICHARD H., 1999- *Epices et aromates*. Ed. TEC et DOC., Paris, 339p.

ROBARD I., 2004- Plantes médicinales d'outre-mer et pharmacopées : aspects juridiques, économiques et culturels. *Phytothérapie*, **1**:16-21.

ROSSELL J.B., 2001- *Frying: Improving Quality*. Ed. Woodheap Publishing Limited, Cambridge (England), 369 p.

S

SADOU M et HAMIDI A., 2012- Huiles essentielles et extraits éthanoliques de *Myrtuscommunis*L: Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydant. Mémoire d'ingénieur, Option : contrôle de qualité et analyses, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, département des sciences alimentaires.

SADOUDI R., 2014-*Conséquences Métaboliques De La Consommation De L'huile De Tournesol Thermooxydée Chez Le Rat Blanc*. Thèse doctorat. Option. Technologie alimentaire et nutrition humaine. Spécialité. Sciences agronomiques, Dép. technologie alimentaire, école nationale supérieur d'agronomie, El Harrach, 164p.

SAGUY I. S. et DANA D., 2003- Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of Food Engineering*, **56**:143–152.

SAITO Y., 1977- Antioxidant properties of spices. *YUKAGAKU* ,**26** : 754-764.

SALLE J.L. et PELLETIER J., 1991- *Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie*. Ed. Frison-Roche, P.p.19-45.

SAOUDI S., CHAMMEM N., SIFAOU I., BOUASSIDA-BEJI M., JIMÉNEZ I. A., BAZZOCCHI I. L., SILVA S.D., HAMDI M. et BRONZE M. R., 2016- Influence of Tunisian Aromatic Plants on the Prevention of oxidation in Soybean oil under Heating and Frying Conditions. *Food, Chemistry*, 39p.

SCHWOB I., BESSIERE J.M., MASOTTI V. et VIANO J., 2004- Changes in essential oil composition in Saint John's wort (*Hypericum perforatum* L.) aerial parts during its phenological cycle. *Biochemical Systematics and Ecology*, **32**: 735-745.

SEFIDKON F., ABBASI K., JAMZAD Z. & AHMADI S., 2007- The effect of distillation methods and stage of plant growth n the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* jamzad. *Food chemistry*, **100**: 1054-1058.

STEVENSON S. G., VAISEY-GENSER M. et ESKIN N.A.M., 1984- Quality Control in the Use of Deep Frying Oils. *JAOCS*, **61(6)**: 1102-1108.

T

TABET Z. A., 2017- Caractérisations chimiques et étude biologiques d'extraits de quatre plantes aromatiques " *Daucus. carota ssp. sativus*, *Marrubium vulgare*, *Ballota nigra* et *Cynoglossum cheirifolium*" de la région de Tlemcen. Thèse du doctorat en science, université aboubekr belkaid, Tlemcen, p 04.

TOHIDPOUR A., SATTARI M., OMIDBAIGI R., YADEGAR A. et NAZEMI J., 2010- Antibacterial effect of essential oils from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) *Phytomedicine*.**17**: 142-145.

TRABUT L. C., 1935- *Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées, cultivées et utilisées dans le nord de l'Afrique*. Alger. 355 p. (Collection du centenaire de l'Algérie. Flore du nord de l'Afrique).

U

UNLU M., DAFERERA D., DONMEZ E., POLISSIOU M., TEPE B. et SOKMEN A 2002- Compositions and the in vitro antimicrobial activities of the essential oils of *Achillea setacea* and *Achillea teretifolia* (Compositae) *J. Ethnopharmacol.* **83**: 117-121.

V

VALNET J., 1984- *Aromathérapie. Traitement des maladies par les essences des plantes*. Ed. MALOINE, S.A. Paris, p 544.

VALNET J., 2001- *la phytothérapie-traitement des maladies par les plantes –Se soigner par les plantes*. Ed. Vigot. ISBN: 2-253-03790-7.

VARELA G., BENDER A. E. et MORTON I. D., 1988- *Frying of Food*. Ellis Horwood Ltd., Chichester (England), 202 p.

VILJOEN A. M., DENIRCI B., BASER K. H. C., POTGIETER C. J. et EDWARDS T. J., 2006- Micro distillation and essential oil chemistry- a useful tool for detecting hybridisation in *Plectranthus* (lamiaceae). *South African Journal of Botany.* **72**: 99-104.

VITRAC O., 2000- *Caractérisation expérimentale et modélisation de l'opération de friture.*

Thèse. De Doctorat, en génie des procédé : Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, Massy, France, 325p.

W

WANNISSORN B., JARIKASEM S., SIRIWANGCHAI T. et THUBTHIMTHED S.

2005- Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*. **76:** 233-236.

WICHTEL M. et ANTON R., 1999- *plantes thérapeutique tradition pratique, officinal, science et thérapeutique.* Ed. Tech. Et Doc., Paris, 692p.

WOLFF J. P., 1968- Manuel d'analyse des corps gras. Ed. AZOULAY, Paris, 519p.

Y

YANISHLIEVA N. V., MARINOVA E. M., MAREKOV I. N. et GORDON M. H.,

1997- Effect of an ethanol extract from summer savory (*Satureja hortensis*L) on the stability of sunflower oil at frying temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **74(4)** : 524-530.

YAYI E., GBENOU J. D., AHOUSI L. A., MOUDACHIROU M. & CHALCHAT J. C.,

2004- *Ocimum gratissimum* L., Siège de variation chimiques complexes au cours du développement. *Comptes Rendus Chimie*, **7:** 1013-1018.

Z

ZAIBET W., 2016- Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de

Daucus aureus (Desf) et de *Reutera lutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD). doctocat en Faculté des Sciences, Option. Génie des procédés pharmaceutiques, Univ. Aboubekr belkaid, Tlemcen, P.p. 03.

ZHELJAZKOV V.D., CRAKERL.E. et XING B., 2005- Effects of Cd, Pb and Cu on

growth and essential oil contents in dill, peppermint and basil. *Environmental and experimental botany*, **58(1-3)**, 9-16.

ZIAIFAR A. M., 2008- *Oil absorption during deep-fat frying: mechanisms and important factors, Industries des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech)*. Thèse doctorale, 155p.

Site internet

Google Maps., 2019- 23:43h, <https://www.google.com/maps/@34.9490583,-1.3866808,11z?hl=fr>

المخلص

الزيوت الأساسية هي مواد طبيعية من النباتات الطبية والعطرية ، بعضها يضاف إلى الطعام لإعطاء النكهة أو استخدامه كمادة حافظة في المنتجات الغذائية القابلة للتلف للحد من التسمم الغذائي وكذلك أكسدة المواد الدهنية. لهذا السبب أضفنا 0.2 ٪ من الزيوت الأساسية من النوخة والزعيرة إلى زيت عباد الشمس لاختبار ثباته لمدة 5 أيام من القلي والتدفئة و بدون تسخين عند درجة حرارة 180 درجة مئوية لمدة عشرين دقيقة. بعد كل علاج من 5 أيام من التجربة قمنا بقياس المؤشرات المختلفة وهي الحمض ، البيروكسيد ، التصبن ، اليود والإستر. أعطت نتائج استخراج اثنين من النباتات غلة جيدة. بالنسبة للقيم الكيميائية فقد أظهر اختلافًا متغيرًا في المؤشرات بين عينات الزيوت الممزوجة التي تتم معالجتها بواسطة القلي والتدفئة و بدون التسخين في كل يوم من أيام التجربة. مع ذلك، هناك فرق بين زيت عباد الشمس المضاف إلى *Ammoides verticillata* وحتى الزيت المضاف إلى *Thymus ciliatus* توافقت القيم الكيميائية المتمثلة في مؤشر الحمض، البيروكسيد و اليود مع المعيار الدولي الذي يمثله الدستور الغذائي. عكس مؤشر التصبن و استر اللذان لا يتطابقان مع هذا المعيار.

الكلمات المفتاحية : الزيوت الأساسية-زيت عباد الشمس-القلي -التسخين -المؤشرات الكيميائية.

Résumé

Les huiles essentielles sont des substances naturelles issues des plantes médicinales et aromatiques, certaines d'entre eux sont additionnées dans les aliments pour donner la saveur ou bien utilisées sous forme de conservateur dans les produits alimentaires périssables afin de réduire les intoxications alimentaires ainsi que l'oxydation des corps gras. A cette raison nous avons additionné 0,2% d'huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* (A.V) et de *Thymus ciliatus* (T.C) à l'huile de tournesol afin de tester sa stabilité pendant 5 jours de traitements par friture, chauffage et sans chauffage à une température de 180°C pendant vingt minutes. Après chaque traitement des 5 jours de l'expérimentation nous avons mesuré les différents indices à savoir, d'acide, de peroxyde, de saponification, d'iode et d'ester. Les résultats d'extraction de deux plantes ont donné un bon rendement. Pour les valeurs chimiques ont montré une différence variable des indices entre les échantillons des mélanges d'huiles traités par friture, chauffage et non chauffée à chaque jour de l'expérimentation. Cependant, il existe une différence entre l'huile de tournesol additionnée à l'*Ammoides verticillata* et même huile additionnée à *Thymus ciliatus*. Les valeurs chimiques qui correspondent à l'indice d'acide, peroxyde et d'iode sont conformes à la norme internationale, par contre l'indice de saponification et d'ester sont non conformes à cette norme.

Mots-clés : huiles essentielles -huile de tournesol -friture -chauffage -Indices chimiques.

Abstract

Essential oils are natural substances from medicinal and aromatic plants, some of them are added in food to give flavor or used as a preservative in perishable food products to reduce food poisoning as well as oxidation of fatty substances. For this reason, we added 0.2% of essential oils of *Ammoides verticillata* (AV) and *Thymus ciliatus* (TC) to sunflower oil to test its stability for 5 days of frying, heating and heating at a temperature of 180 ° C for twenty minutes. After each treatment of the 5 days of the experiment we measured the different indices namely, acid, peroxide, saponification, iodine and ester. The extraction results of two plants gave a good yield. For the chemical values showed a variable difference in the indices between the samples of oil mixtures processed by frying, heating and unheated at each day of the experiment. However, there is a difference between sunflower oil added to *Ammoides verticillata* and the same oil added to *Thymus ciliatus*. The chemical values that correspond to the acid, peroxide and iodine index are in accordance with the international standard, whereas the saponification and ester number do not comply with this standard.

Key words : -essential oils-sunflower oil -fuel -heating -Chemical indices.