



# Évaluation de la stabilité oxydative de l'huile de tournesol aromatisée par l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso

BOUZIDI Nebia\* et BOUAHADI Djilali,

Laboratoire de recherche sur le géo-environnement et le développement des espaces. Université de Mascara- BP. 763, Sidi Saïd, 29000, Algérie.

## Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer la stabilité oxydative de l'huile de tournesol en présence de l'huile essentielle de l'armoise blanche « *Artemisia herba alba* ». L'huile essentielle des parties aériennes de l'armoise blanche a été isolée par la méthode d'hydrodistillation. Différentes doses de cette huile ont été ajoutées à l'huile de tournesol. La stabilité de l'huile à l'oxydation a été évaluée après un traitement thermique à 180 °C/heure et pendant 15 jours de stockage à température ambiante en analysant l'indice de peroxyde, les diènes conjugués et les triènes conjugués. Les résultats obtenus ont montré que l'huile essentielle étudiée inhibe la formation de produits d'oxydation après le traitement thermique et pendant le stockage de l'huile de tournesol. Donc, d'après les résultats de cette recherche, l'huile essentielle de l'armoise blanche peut être utilisée pour augmenter la stabilité oxydative des huiles végétales.

Mots-clés : *Artemisia herba alba* ; Huile essentielle ; Huile de tournesol ; Oxydation ; Stabilité oxydative

## *Evaluation of the oxidative stability of sunflower oil flavored with essential oil of Artemisia herba alba Asso*

## Abstract

The objective of this study was to evaluate the oxidative stability of sunflower oil in the presence of the essential oil of the white wormwood « *Artemisia herba alba* ». The essential oil of the aerial parts of the white wormwood was isolated by the hydrodistillation method. Different doses of the essential oil were added to the sunflower oil. The oxidative stability of the oil was evaluated after heat treatment at 180°C/hour and during 15 days of storage at room temperature by analyzing the peroxide value, conjugated dienes and conjugated trienes. The results obtained showed that the studied essential oil inhibits the formation of oxidation products after heat treatment and during storage of sunflower oil. According to the results of this research, the essential oil of white Mugwort can be used to increase the oxidative stability of vegetable oils.

Keywords: *Artemisia herba alba*; Essential oil; Sunflower oil; Oxidation; Oxidative stability

## 1. Introduction

La dégradation oxydative des lipides est l'un des principaux facteurs limitant la durée de conservation des produits alimentaires. La maîtrise de l'oxydation est indispensable pour gérer l'évolution des aliments dont la dégradation peut avoir des conséquences indésirables en sécurité alimentaire. Parmi les diverses solutions technologiques possibles, l'addition d'agents antioxydants aux huiles et aux aliments riches en lipides qui est pratiquée depuis forts longtemps. Toutefois, les antioxydants synthétiques comme le Butylhydroxytoluène (BHT) et le Butylhydroxyanisole (BHA) ont des effets négatifs sur la santé humaine et sont

facilement volatiles à haute température. L'ampleur de ce problème a fait que les antioxydants naturels sont de plus en plus recommandés pour remplacer les antioxydants synthétiques [1]. Outre leur utilisation comme additifs aromatiques dans les aliments, les huiles essentielles (HE) de plantes aromatiques ont montré qu'elles pouvaient être utilisées en petites quantités dans les systèmes alimentaires contenant des graisses pour prévenir ou retarder certains types de détérioration chimique [2], et de minimiser ou d'éviter l'utilisation d'additifs alimentaires synthétiques [3-6].

Les huiles essentielles, qui sont les métabolites secondaires produits dans les différents tissus des plantes médicinales, sont des mélanges complexes de composés



volatils tels que les terpènes (principalement des monoterpènes et des sesquiterpènes), des phénols et les alcools [7]. Grâce à leur composition chimique, les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques (antioxydante, anti-inflammatoire, antimicrobienne, insecticides ... etc.) d'un grand intérêt pour les industries alimentaires et cosmétiques, ainsi que dans le domaine de la santé humaine [8-10]. En général, les huiles essentielles sont extraites de diverses plantes médicinales et aromatiques.

Les *Asteraceae* (*Compositae*) sont la plus vaste famille de phanérogames, avec 950 genres et plus de 20.000 espèces [11]. Le genre *Artemisia* comprend des plantes médicinales importantes qui font actuellement l'objet d'une attention phytochimique en raison de leur diversité biologique et chimique [12]. Plus d'une dizaine d'espèces d'armoise « *Artemisia* » ont été déterminées en Algérie ; certaines sont rares et disséminées en hautes montagnes, ou cantonnées dans certaines limites ; d'autres sont au contraire particulièrement abondantes et répandues sur de grandes étendues, par exemple : *Artemisia herba alba* (Chih), espèce typique du paysage steppique et saharien [13]. Au cours des dernières décennies, l'huile essentielle de l'armoise blanche a été soigneusement étudiée [14-23]. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'effet de différentes doses de l'huile essentielle de l'armoise blanche sur la stabilité oxydative de l'huile de tournesol.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Matériels utilisés

#### 2.1.1. Matériel végétal

La partie aérienne (feuilles et sommités fleuries) de l'armoise blanche a été récoltée de la station de sidi Ahmed (Wilaya de Saida) à l'interface Tell-Steppe au Nord-Ouest de l'Algérie (34°33'00" Nord, 0°15'35" Est).

#### 2.1.2. Extraction de l'huile de tournesol

L'huile de tournesol est extraite des graines d'*Helianthus annuus* par hydrodistillation (100 g de matière végétale) pendant 4 heures. L'huile recueillie a été séchée sur du sulfate de sodium anhydre et maintenue à l'obscurité à 4 °C jusqu'à son utilisation [24]. Après

l'extraction, l'huile obtenue est d'une couleur jaune pâle avec un aspect liquide et une odeur forte et agréable.

L'huile de tournesol est la quatrième huile par ordre d'importance dans le monde [25]. Elle est utilisée dans la cuisson, la friture et la fabrication de margarine [26]. Toutefois, sa forte teneur en acides gras insaturés (AG) renforce sa sensibilité à l'oxydation [26, 27].

## 3. Évaluation de la stabilité thermique de l'huile de tournesol

### 3.1. Préparation des échantillons de l'huile de tournesol

Plusieurs méthodes ont été proposées pour évaluer la qualité des huiles comestibles. La plupart de ces méthodes soumettent un échantillon à des conditions qui accélèrent le processus normal d'oxydation [28]. Différentes doses de l'huile essentielle (5 µL ; 10 µL ; 15 µL et 20 µL) ont été additionnées à 100 mL d'huile de tournesol. Le choix de ces doses a été effectué de telle façon qu'elles n'altèrent pas les caractéristiques organoleptiques (couleur, odeur) de l'huile de tournesol. Les échantillons ainsi préparés ont subi un traitement thermique à 180 °C pendant 1 heure. Ce traitement thermique permet d'accélérer la vitesse de l'oxydation de l'huile de tournesol. Nous avons procédé à une comparaison avec un antioxydant usuel le  $\alpha$ -tocophérol. Le suivi de l'état oxydatif de l'huile de tournesol a été réalisé par la mesure de l'indice de peroxyde et la détermination de l'absorbance spécifique en rayonnement ultra-violet.

### 3.2. Détermination de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxyde d'un corps gras est le nombre de microgrammes actif du peroxyde contenu dans un gramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode dans les conditions de la méthode décrite [29]. Une prise d'essai de 2 g a été ajoutée à 10 mL de chloroforme, 15 mL d'acide acétique pure et 1 mL de solution d'iodure de potassium saturée. Le flacon a été bouché, agité et laissé à l'abri de la lumière pendant 5 mn. Il s'ensuit une libération d'iode par action de peroxyde sur l'iodure de potassium. 75 mL d'eau distillée ont été ajoutés avec quelques gouttes d'empois d'amidon puis le mélange a été titré avec une solution de

thiosulfate de sodium 0,01N. Parallèlement et simultanément, un essai à blanc a été préparé sans l'utilisation de corps gras.

L'indice de peroxyde (Ip) est exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de corps gras selon la formule suivante :

$$Ip = [(V \times T) / E] \times 1000 \quad (1)$$

où V est le volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai, corrigé compte tenu de l'essai à blanc, exprimé en millilitres de solution et E la masse, en grammes, de la prise d'essai [29].

### 3.3. Détermination de l'absorbance spécifique en rayonnement ultra-violet

Dans une fiole jaugée de 25 mL, une quantité de l'échantillon pour essai (0,05 à 0,25 g) a été dissoute avec quelques millilitres de cyclohexane, puis le mélange a été complété jusqu'au trait repère avec le même solvant. Enfin, l'absorbance de la solution a été mesurée, dans une cuve en quartz, par rapport à celle du solvant, à l'aide du spectrophotomètre à des longueurs d'onde comprises entre 225 et 320 nm. L'absorbance spécifique d'une solution à la concentration de 1 % mesurée en utilisant un parcours optique de 1 cm à une longueur d'onde  $\lambda$  est donnée par la formule [29] :

$$E_{1\text{ cm}(\lambda)}^{1\%} = \frac{A(\lambda)}{c \cdot d} \quad (2)$$

où  $A(\lambda)$  est l'absorbance à la longueur d'onde  $\lambda$  ; C la concentration de la solution en gramme pour 100 mL et D le Chemin optique (1 cm)

### 3.4. Analyse statistique

Toutes les expériences ont été réalisées en triplicate et les résultats sont présentés sous formes de valeur moyennes  $\pm$  écart-type. L'analyse statistique des données a été effectuée par analyse de variance (ANOVA) et le test de PPDS de Scheff<sup>1</sup>.

## 4. Résultats

### 4.1. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est une mesure largement utilisée pour mesurer la quantité des peroxydes formés dans les graisses et les huiles lors de l'oxydation [30]. Les valeurs de l'indice de peroxyde des différents échantillons de l'huile de tournesol en présence de différentes doses de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* et de l' $\alpha$ -Tocophérol sont reportés sur les figures 1 et 2.

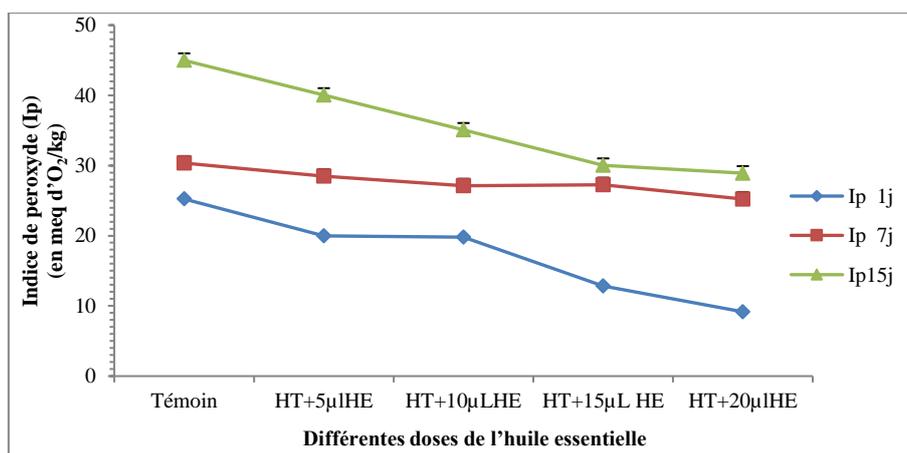


Figure 1 : Évolution de l'indice de peroxyde (Ip) (en meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>) dans l'huile de tournesol chauffée en présence de différentes doses de l'huile essentielle

<sup>1</sup> PPDS : La Plus Petite Différence Significative. Ce test permet de comparer la différence entre 2 moyennes par rapport à une valeur seuil.

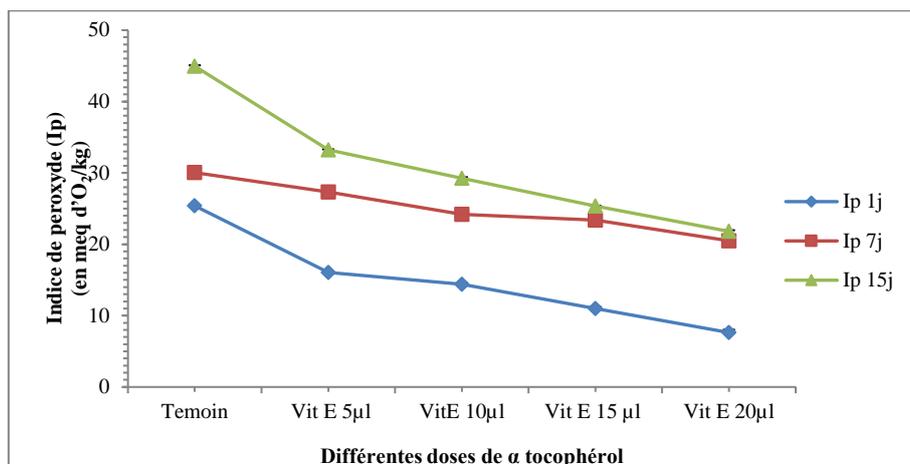


Figure 2 : Variation de l'indice de peroxyde (Ip) (en meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>) dans l'huile de tournesol chauffée en présence de différentes doses de  $\alpha$  tocophérol

L'indice de peroxyde augmente après le traitement thermique dans tous les échantillons. L'augmentation est considérablement plus élevée dans l'huile témoin ( $24,5 \pm 0,305$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>) par rapport aux échantillons dans laquelle différentes doses de l'huile essentielle de l'armoise ( $19,98 \pm 0,121$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> à  $9,16 \pm 0,65$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>) et de l' $\alpha$ -Tocophérol ( $16,04 \pm 0,052$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> à  $7,63 \pm 0,16$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>) sont incorporées. Une diminution se produit dans l'indice de peroxyde après le 7<sup>ème</sup> et le 15<sup>ème</sup> jour de stockage.

#### 4.2. Absorbance spécifique en rayonnement ultra-violet

L'analyse des diènes et des triènes conjugués est une méthode rapide réalisée par mesure spectro-

photométrique sur l'extrait lipidique dans l'hexane, le cyclohexane ou des alcools. La détermination de l'absorbance E1 cm( $\lambda$ ) 1 % à 225 nm ou au voisinage de 320 nm permet la détection du dosage des acides gras conjugués et, éventuellement, des produits d'oxydation conjugués présents dans les corps gras [29].

Les figures 3 et 4 illustrent l'évolution des diènes et des triènes conjugués dans l'huile de tournesol en présence de différentes doses de l'HE et de l' $\alpha$  tocophérol.

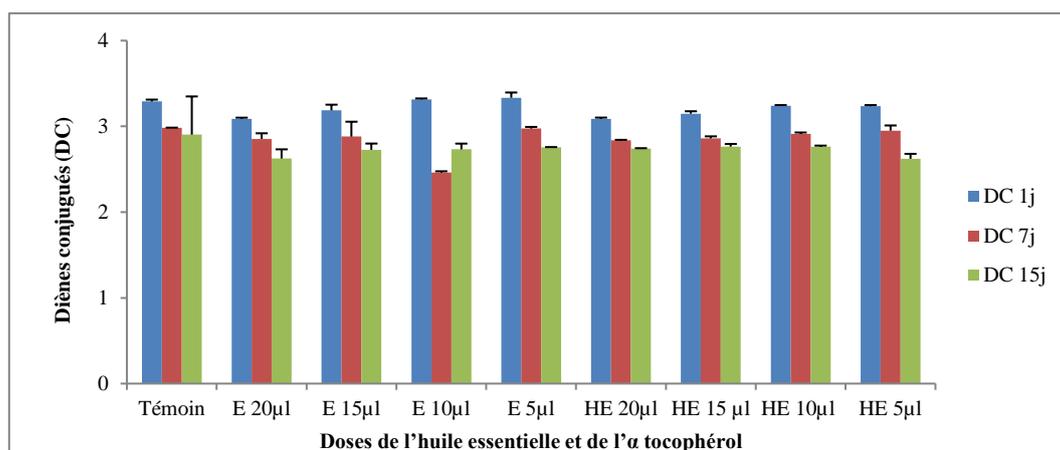


Figure 3 : Évolution des diènes conjugués (DC) dans les échantillons de l'huile de tournesol additionnés de différentes doses de l'huile essentielle et de l' $\alpha$  tocophérol

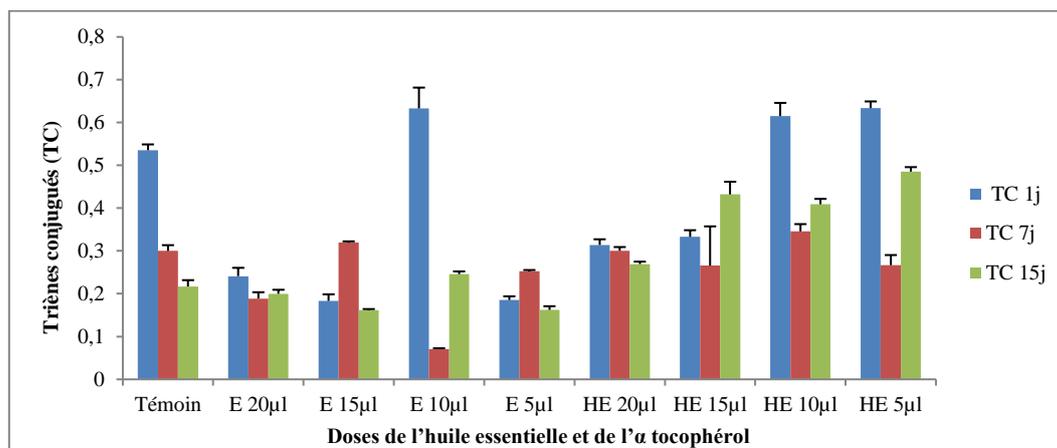


Figure 4 : Évolution des triènes conjugués (TC) dans les échantillons de l'huile de tournesol additionnés de différentes doses de l'huile essentielle et de l' $\alpha$  tocophérol

Les résultats trouvés montrent une augmentation des teneurs en diènes et en triènes conjugués dans tous les échantillons après le traitement thermique. Les teneurs les plus élevées ont été enregistrées dans le témoin  $3,29 \pm 0,021$  et  $0,30 \pm 0,013$  pour les diènes et les triènes conjugués respectivement. Le taux de formation des diènes et des triènes conjugués était plus élevé le 1<sup>er</sup> jour et diminuait pendant le stockage.

## 5. Discussion

L'évaluation de la stabilité thermique des corps gras peut répondre à plusieurs objectifs tels que l'évaluation de l'efficacité des antioxydants, la résistance d'une matière grasse à l'oxydation et la détermination de la durabilité d'un corps gras [31]. La possibilité d'utilisation des huiles essentielles, en tant qu'antioxydants, dépend de la facilité de leur incorporation dans la matrice alimentaire et de leur efficacité à faibles doses. Elles ne doivent pas être toxiques, ni entraîner coloration, odeur, ou des saveurs indésirables. Elles doivent être résistantes aux processus technologiques et stables dans le produit fini [32].

Dans cette recherche, l'activité antioxydante de l'huile essentielle de l'armoise blanche à différentes doses a été évaluée dans l'huile de tournesol.

### 5.1. Indice de peroxyde

Une augmentation remarquable de l'indice de peroxyde a été enregistrée dans l'huile de tournesol

témoin sous l'effet du traitement thermique. L'huile de tournesol témoin, avant le traitement thermique, possédait un indice de peroxyde de  $6 \pm 0,064$  meq d' $O_2.kg^{-1}$ . Cette valeur passait à  $24,5 \pm 0,305$  meq d' $O_2.kg^{-1}$  après le traitement thermique à 180 °C. Il semble qu'il y a eu un début d'oxydation très fort après ce traitement. Donc, l'huile de tournesol devenait très fragile et ne peut supporter le traitement thermique.

En comparaison avec le témoin, les autres échantillons additionnés de l'huile essentielle représentaient un indice de peroxyde plus réduit au 1<sup>er</sup> jour après le traitement thermique (Figure 1). Il semble donc qu'ils sont mieux protégés que le témoin contre l'oxydation. Lorsqu'elle était utilisée à des doses de 15  $\mu$ L et 20  $\mu$ L, l'huile essentielle réduisait de manière significative ( $p < 0,05$ ) l'indice de peroxyde. Par comparaison, 5  $\mu$ L de l'huile essentielle était moins efficace pour réduire l'indice de peroxyde après le traitement thermique. L'oxydation est le principal mécanisme de dégradation des huiles entre 60 et 130 °C en raison du contact plus intense avec l'oxygène et la présence de catalyseurs [33].

Durant la période de stockage, une augmentation de l'indice de peroxyde a été constatée dans tous les échantillons. Cependant, les valeurs de l'indice de peroxyde des échantillons additionnés de différentes doses de l'H.E. d'*Artemisia herba alba* restaient toujours inférieures à celles du témoin stocké dans les mêmes conditions.

Les valeurs de l'indice de peroxyde étaient comprises entre  $24,5 \pm 0,305$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (1<sup>er</sup> jour) et  $44,98 \pm 0,081$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (15<sup>ème</sup> jours) dans le témoin.

Concernant l'huile de tournesol additionnée de différentes doses de l'huile essentielle testée, les valeurs de l'indice de peroxyde variaient de  $19,98 \pm 0,121$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> à  $9,16 \pm 0,65$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (1<sup>er</sup> jour) et  $40,02 \pm 0,08$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> à  $28,91 \pm 0,065$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (15<sup>ème</sup> jours).

Il est aussi très intéressant de remarquer un phénomène très particulier concernant la période de stockage. Plus la dose de l'huile essentielle augmente, plus la différence entre les valeurs du 7<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> jour diminuait, donnant ainsi l'impression d'une certaine stabilité à long terme contre l'oxydation. De manière générale, l'oxydation plus marquée dans le cas du témoin par rapport aux autres échantillons expliquerait l'effet stabilisateur de l'H.E. d'*A. herba alba*.

De nombreuses études ont démontré les propriétés antioxydantes des huiles essentielles [34-36]. Le potentiel antioxydant d'une huile essentielle dépend de sa composition, car, il est bien établi que les phénols et les métabolites secondaires ayant des doubles liaisons conjuguées présentaient généralement des propriétés antioxydantes substantielles [9].

L'analyse qualitative par CG/SM<sup>2</sup> de l'huile essentielle de l'armoise blanche testée a permis d'identifier 31 composés correspondant à 99,61 % de la surface des pics totaux. Les résultats obtenus montrent que cette huile est formée principalement du camphre (29,8 %), 1,3-Cyclopentadiène, 1,2,5,5-tetraméthyl- (15,6 %), Chrysanthène (8,2 %) et Eucalyptol (6,5 %). Selon la base de données NIST ([National Institute of Standards and Technology](https://www.nist.gov/))<sup>3</sup> utilisée dans l'analyse CG/SM, le composant majeur de cette huile testée est un monoterpène oxygéné [18].

Les huiles essentielles ayant une importante capacité de piégeage des radicaux libres peuvent jouer un rôle important dans la prévention de certaines maladies, telles que le dysfonctionnement du cerveau, le cancer, les maladies cardiaques et le déclin du système immunitaire, qui peuvent résulter de dommages cellulaires causés par les radicaux libres [9].

Il est clair que l'H.E. d'*A. herba alba* a un effet sur l'oxydation par la capacité antiradicalaire et réductrice que possède les terpènes oxygénés qu'elle contient [18, 26] et c'est pourquoi qu'une réduction de l'indice de peroxyde des échantillons auxquels elle a été incorporée se produisait.

Par comparaison avec l'antioxydant de référence, qui est le tocophérol, l'effet antioxydant de l'huile essentielle ressemblait à celui de l'antioxydant de synthèse. Une diminution de peroxydes en 1<sup>er</sup> jour après traitements thermiques signifierait une protection contre les chocs thermiques, et une réduction des valeurs entre le 7<sup>ème</sup> et le 15<sup>ème</sup> jour signifierait une stabilité à long terme. Mais l'effet de l' $\alpha$ -tocophérol était beaucoup plus remarquable avec un indice de peroxyde à la fin de la durée de conservation égale à  $21,80 \pm 0,393$  meq d'O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> pour la dose de 20  $\mu$ L. Les tocophérols ont pour rôle principale de piéger les radicaux alkoxy et d'inhiber la décomposition des hydroperoxydes, ce qui diminue la formation des aldéhydes [1, 37]. Dans une étude par Himed et Barkat, il a été démontré que l'indice de peroxyde résultant de l'ajout d'huile essentielle d'écorce de citron à l'huile de tournesol était similaire à l'ajout de BHT [36].

Tehseen *et al.* démontraient que les valeurs de l'indice de peroxyde des échantillons d'huile témoins étaient plus élevées que celles des échantillons d'huile contenant du BHT, du BHA et de l'extrait d'épinard [38]. Cette constatation étant en accord avec nos résultats.

En comparaison avec l'antioxydant standard ( $\alpha$ -tocophérol), l'huile essentielle testée semblait à premier regard moins active. Mais avec une réflexion attentive et prudente, Il est intéressant de noter que le  $\alpha$ -tocophérol soit une substance chimique pure, alors que l'huile essentielle d'*A. herba alba* utilisée se compose de plusieurs substances naturellement actives et dont l'une ou quelques-unes d'entre elles doivent posséder ce pouvoir antioxydant. Ceci peut nous inviter à penser que si la substance antioxydante contenue dans l'huile essentielle de l'*A. herba alba* sera extraite et purifiée, devrait avoir une efficacité extraordinaire à très faibles doses.

Le traitement statistique des résultats obtenus par l'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les échantillons car le F calculé qui est

<sup>2</sup> CG/GM : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

<sup>3</sup> <https://www.nist.gov/>

de 12,27 est supérieur au F théorique 3,88 à un risque de 1 %. En se référant à l'analyse statistique, on peut suggérer que l'H.E. d'A. *herba alba* exerce une influence très significative sur la teneur en peroxyde de l'huile de tournesol.

En définitive, nous pouvons dire que l'indice de peroxyde représente un des paramètres de qualité des huiles, mais ne peut être un indicateur seul de la stabilité oxydative de l'huile végétale. D'autres paramètres d'oxydations, à savoir les valeurs de diènes conjugués et de triènes conjugués, ont également été mesurés

#### 5.2. Absorbance spécifique en rayonnement ultra-violet

L'analyse spectroscopique est devenue une technique qui fournit des données analytiques sur la dégradation des huiles végétales [39]. L'absorbance spécifique nous renseigne sur les diènes conjugués et les triènes conjugués qui représentent une bonne mesure de l'état d'oxydation des huiles [40]. Les diènes conjugués, produits primaires de l'oxydation des lipides, se forment par réarrangement des doubles liaisons du radical lipoyde des acides gras polyinsaturés [41].

L'analyse des résultats obtenus montrait une évolution des diènes conjugués dans tous les échantillons traités ainsi que dans celui du témoin durant toute la période de stockage.

La dégradation la plus importante a été observée dans le témoin. La forte présence des diènes conjugués traduisait une forte oxydation de cette huile. Ces résultats confirment ceux obtenus par la détermination de l'indice de peroxyde.

Les échantillons additionnés de 20  $\mu$ L de l'huile essentielle et de l' $\alpha$  tocophérol présentaient une quantité de diènes conjugués de l'ordre de  $3,087 \pm 0,015$  et  $3,089 \pm 0,012$  respectivement), qui était inférieure à celle du témoin, indiquant ainsi et certainement une protection de l'huile de tournesol par ces additifs.

L'absorbance à 225 nm diminuait avec la durée de stockage dans tous les échantillons montrant que les diènes conjugués sont utilisés dans les réactions d'arrêts. Il faut rappeler que les diènes conjugués sont des substances intermédiaires, de passage. Leur diminution signifie leur continuation vers les réactions d'arrêt si l'huile n'est pas protégée.

Nous remarquons aussi d'après l'étude statistique que la variation des quantités de diènes conjugués était significative ( $p < 0,05$ ) dans tous les échantillons.

L'évolution des triènes conjugués dans tous les échantillons par la mesure de l'absorbance à 320 nm connaissait la même tendance que celle des diènes conjugués (Figure 4). En effet, les valeurs des triènes conjugués se concordaient d'une manière générale avec celles de l'indice de peroxyde et les diènes conjugués. Les valeurs les plus faibles étaient enregistrées dans l'huile de tournesol chauffée en présence de 20  $\mu$ L de l'huile essentielle ( $0,314 \pm 0,013$ ) et de l' $\alpha$ -tocophérol ( $0,241 \pm 0,02$ ). Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Ben Ali *et al.* [42]

L'effet antioxydant des extraits de plantes est aussi remarqué dans d'autres travaux qui ont rapporté que l'absorbance de l'échantillon d'huile témoin était significativement supérieure à celle des échantillons contenant ces extraits [28, 43, 44].

## 6. Conclusion

Le suivi de l'état oxydatif de l'huile de tournesol chauffée en présence de l'huile essentielle de l'armoise blanche comme additif, a été évalué par l'analyse de quelques paramètres de qualité dont l'indice de peroxyde et l'absorbance spécifique en rayonnement ultra-violet à 225 nm et 320 nm.

D'après les résultats obtenus, des changements considérables ont été observés dans l'huile de tournesol témoin après le traitement thermique et pendant le stockage. L'augmentation de l'indice de peroxyde, de diènes conjugués et de triènes conjugués était considérablement plus élevée dans l'huile sans antioxydant par rapport aux échantillons additionnés de différentes doses de l'huile essentielle de l'armoise blanche et l' $\alpha$ -tocophérol.

Ces résultats nous encouragent à donner plus d'importance aux substances naturelles dans le domaine des additifs alimentaires qui peuvent être l'une des solutions les plus efficaces pour la stabilité des huiles végétales.

## Références

- [1] Kahouli I., Effet antioxydant d'extraits de plantes (*Laurus nobilis* L., *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Oléa europea*)

- L.) dans l'huile de canola chauffée, Mémoire grade de maître ès sciences (2010). Université Laval Québec. Disponible en ligne : <https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/thesescanada/vol2/QQLA/TC-QQLA-26891.pdf> (accédé le 30/02/2021)
- [2] Viudo-Martors M., Navajas Y.R., Zapata E.S., Lepoz J.F., Pérez Alvarez J.A., Antioxidant activity of essential oils of five spice plants widely used in a Mediterranean diet, *Flavour Frag. J.*, 25(1) (2009): 13-19. <https://doi.org/10.1002/ffj.1951>
- [3] Ayadi M.A., Grati Kamoun N., Attia H., Physico-chemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants, *Food chem. Toxicol.*, 47 (10) (2009): 2613-2619. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.07.024>
- [4] Chammema N., Saoudi S., Sifaoui L., Sific S., De Persond M., Abderraba M., Moussa F., Hamdi M., Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract, *Ind. Crops Prod.*, 74 (2015): 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.054>
- [5] Taghvaei M. & Jafari S.M., Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives, *J. food Sci. Technol.*, 53 (3) (2015): 1272-1282. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1080-1>
- [6] Chamdran J., Nayana N., Roshini N., Nicha P., Oxidative stability thermal stability and acceptability of coconut oil flavored with essential oils from black pepper and ginger, *J. Food Sci. Tech.*, 54 (1) (2017): 144-152. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2446-y>
- [7] Rezvanpanah S., Rezaei K., Golmakani M.T., Razavi S., Antibacterial properties and chemical characterization of the essential oils from summer savory extracted by microwave-assisted hydrodistillation, *Braz. J. Microbiol.*, 42 (2011): 1453-1462. <https://doi.org/10.1590/S1517-838220110004000031>
- [8] Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., Biological effects of essential oils: A review, *Food Chem. Toxicol.*, 46 (2) (2008): 446 - 475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- [9] Dhifi W., Bellili S., Jazi S., Bahloul N., mnif W., Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: a critical review, *Medicines*, 3 (4) (2016): 25. <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>
- [10] Ríos J.L., Essential oils: what they are and how the terms are used and defined in Essential oil in food preservation flavor and safety, Ed. by Victor R. Preedy pp., (2016): 3-10. ISBN: 9780124166417
- [11] Rahman A.H.M.M., Alam M.S., Khan S.K., Ahmed A., Rafiul Islam A.K.M., Matiur Rahman M., Taxonomic Studies on the Family Asteraceae (Compositae) of the Rajshahi Division., *Res. J. Agric. & Biol. Sci.*, 4 (2) (2008): 134-140. Disponible en ligne. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1047.7713&rep=rep1&type=pdf> (accédé le 16/01/2021)
- [12] Ribanicky D.M., Poulev A., Oneal J., Wnorowski G., Malek D.E., Jager R., Raskin I., Toxicological evaluation of the ethanolic extract of *A. dracunculul* L. for use as a dietary supplement and in functional foods, *Food Chem. Toxicol.*, 42 (4) (2004): 585-598. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2003.11.002>
- [13] Baba Aïssa F., Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb, Substances végétales d'Afrique d'Orient et d'Occident, Edition librairie moderne (2000), Rouïba.
- [14] Tastekin D., Atasever M., Adiguzel G., Keles M., Tastekin A., Hypoglycaemic effect of *Artemisia herba alba* in experimental hyperglucaemic rats, *Bull. Vet. Ins. Pulawy*, 50 (2006): 235-238. Corpus ID: 74186119
- [15] Mohamed A.H., El-Sayed M.A., Mohamed N.S., Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba alba*, *Rec. Nat. Prod.*, 4 (2010): 1-25., Disponible en ligne. [https://acgpubs.org/RNP/2010/Volume%204/Issue%201/1\\_RNP-0906-111.pdf](https://acgpubs.org/RNP/2010/Volume%204/Issue%201/1_RNP-0906-111.pdf) (accédé le 27/11/2021)
- [16] Sharifian I., Hashemis M., Aghael M., Alizadeh M., Insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba alba* Asso against three stores product beetles, *Biharean biol.*, 6 (2) (2012): 90-93. Disponible en ligne. <http://www.biozoojournals.ro/bihbiol/cont/v6n2/bb.121113.Sharifian.pdf> (accédé le 22/05/2021)
- [17] Zaim A., El Ghadraoui L., Farah A., Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas 1849), *Bull. Inst. Sci.*, 34 (2) (2012): 127-133. [http://srv1-israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/01/17-Zaim\\_BIS\\_SV34\\_2\\_127.pdf](http://srv1-israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/01/17-Zaim_BIS_SV34_2_127.pdf) (accédé le 17/03/2021)
- [18] Bouzidi N., Mederbel K., Bachir Raho G., Antioxidant activity of essential oil of *Artemisia herba alba*, *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 6 (5) (2016): 59-65. Disponible en ligne. [https://www.textroad.com/JAEBS-May\\_%202016.html](https://www.textroad.com/JAEBS-May_%202016.html) (accédé le 01/03/2021)
- [19] Rafiq R., Hayek S.A., Anyanwu U., Hardy B.I., Giddings V.L., Ibrahim S.A., Tahergorabi R., Kang H.W., Antibacterial and antioxidant activities of essential oils from *Artemisia herba-alba* Asso., *Pelargonium capitatum* x radens and *Laurus nobilis* L., *Foods*, 5 (2) (2016) : 28. <https://doi.org/10.3390/foods5020028>
- [20] Ezzoubi Y., Lairini S., Farah A., Taghzouti K., El Ouali Lalami A., Antioxidant and antibacterial activities of *Artemisia herba alba* Asso essential oil from Middle Atlas Morocco, *Phytothérapie*, 16 (1) (2018): 48-54. Disponible en ligne. <https://doi.org/10.3166/phyto-2018-0057> (accédé le 08/12/2021)
- [21] Amor G., Caputo L., La Storia A., De Feo V., Mauriello G., Fechtali T., Chemical composition and antimicrobial activity of *Artemisia herba-alba* and *Origanum Majorana* essential oils from Morocco, *Molecules*, 24 (22) (2019): 4021. <https://doi.org/10.3390/molecules24224021>
- [22] Naser Al-wahaibi L.H., Mahmood A., Khan M., Alkathlan H.Z., Comparative study on the essential oils of *Artemisia Judaica* and *A. herba-alba* from Saudi Arabia, *Arab. J. Chem.*, 13 (1) (2020): 2053-2065. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.03.004>
- [23] Asdadi A., Hamdouch A., Gharby S., Idrissi Hassani L.M., Chemical characterization of essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso and his possible potential against covid-19, *JASAB*, 2 (2) (2020): 67-72. <https://doi.org/10.48402/IMIST.PRSM/jasab-v2i2.21589>
- [24] Ismaili K. A., EL Arouji S., Abdellaoui A., El Kamani F., Rais Z., Baba M.F., Taleb M., Emran K.M., Zarrouk A., Aouniti A., Hammouti B., Electrochemical and gravimetric studies of the corrosion inhibition of mild steel in HCl medium by *Cymbopogon Nardus* essential oil, *Der Pharma Chem.* 7(10) (2015): 34 - 44. [www.derpharmachemica.com](http://www.derpharmachemica.com)
- [25] Codex Alimentarius, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, Comité du codex sur les graisses et les huiles., 23 Session (2013)., Malaisie
- [26] Sadoudi R., Ammouche A., Ali Ahmed D., Thermal oxidative alteration of sunflower oil, *Afr. J. Food Sci.*, 8 (3) (2014): 116-121. <https://doi.org/10.5897/AJFS12.112>
- [27] Apfel Baum M., Romon M., Dubus M., Diététique et nutrition, 7<sup>e</sup> éd., Edition Masson pp., 326-330 (2009), ISBN : 9782294705663
- [28] Gouveia de Souza A., Oliveira Santos J.C., Conceição M.M., Dantas Silva M.C., Prasad S., A thermoanalytic and kinetic study of sunflower oil, *Braz. J. Chem. Eng.*, 21 (2) (2004): 265 - 273. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322004000200017>
- [29] AFNOR, Huiles essentielles. Recueil de normes françaises. 2e Ed. Tec. & Doc. (1986), Lavoisier. ISBN: 2121775218 9782121775210
- [30] Ozkan G., Simsek B., and Kuleasan H., Antioxidant activities of *Satureja Cilicica* essential oil in butter and in vitro, *J. Food Eng.*, 79 (4) (2007): 1391-1396. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.020>
- [31] Rahmani M., Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides, Les techniques de laboratoires 2 (2007). Disponible en ligne. <https://revues.imist.ma/index.php/technolab/article/view/326> (accédé le 03/04/2021)

- 
- [32] Himed L., Barkat M., Élaboration d'une nouvelle margarine additionnée des huiles essentielles de Citrus limon, OCL, 21 (1) (2014) : A102. <https://doi.org/10.1051/ocl/2013050>
- [33] Gertz C. et Stier R., Deep-frying-Errors and Myths of industrial a catering frying, 6<sup>th</sup> International symposium (2011), Hagen Germany.
- [34] Turan S., Effects of Some Plant Extracts on the Oxidative Stability of Canola Oil and Its Purified Triacylglycerols, J. Food Qual., 37 (2014): 247–258. <https://doi.org/10.1111/jfq.12086>
- [35] Naseem A., Tariq A.R., Imran M., Begum I., Rehman S., Kanwal F., Stabilization studies of sunflower oil with antioxidants extracted from green and black cardamom., Park., J., Pharm., Sci., 30 (4) (2017) : 1317-1320. Disponible en ligne. <http://www.pjps.pk/wp-content/uploads/pdfs/30/4/Paper-18.pdf> (accédé le 31/03/2021)
- [36] Okhli S., Mirzaei H., Hosseini S.E., Activité antioxydante de l'huile essentielle et de l'extrait d'écorce de cédrat (*Citrus Medica L.*) sur la stabilisation de l'huile de tournesol, OCL, 27 (2020) : 32. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020022>
- [37] Ohshima T., Quel avenir pour les antioxydants naturel ? Lipides et corps gras alimentaires, Ed. Tec et Doc., Paris pp., 379-391 (2003), ISBN 2-7430-0594-7
- [38] Tehseen M., Hina S., Nisa A., Ahmad A., Oxidative stabilization of corn oil with spinach extract., Bangladesh J. Sci. Ind. Res., 54 (4) (2019): 375-382. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v54i4.44572>
- [39] Araújo A.P.C., Do Monte A.F.G., Batista F.R.X., Evaluation of the temperature effect on vegetable oils by chemical analysis and ultraviolet-visible spectroscopy, Biosci. J., Uberlândia, 34 (1) (2018): 28-36. <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n6a2018-39934>
- [40] Raza S.A., Rehman A., Adnan A., Qureshi F., Comparison of antioxidant activity of essential oil of *Centella Asiatica* and butylated hydroxyanisole in sunflower oil at ambient conditions, Bahrain Biol., 3 (1) (2009): 71-75. Disponible en ligne. <http://biozoojournals.ro/bihbiol/cont/v3n1/bb.031111.Raza.pdf> (accédé le 31/03/2021)
- [41] Eymard S., Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés, Thèse de Doctorat., Ecole polytechnique de l'université de Nantes., 64-66 (2003). Disponible en ligne. <https://archimer.ifremer.fr/doc/2003/these-2.pdf> (accédé le 12/02/2021)
- [42] Ben Ali M., Dhoub K., Damk M., Allouche N., Stabilisation of sunflower oil during accelerated storage use of basil extract as a potential alternative to synthetic antioxidants, International Journal of Food Properties, 17 (2014): 1547-1559. Disponible en ligne : <https://www.tandfonline.com/loi/ljfp20>
- [43] Jaswir I., Che Man Y.B., Kitts D.D., Optimization of physicochemical changes of palm olein with phytochemical antioxidants during deep-fat frying, J. Am. Oil Chem. Soc., 77 (2000): 1161–1168. <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0182-6>
- [44] Seleim M.A.A., Rashwan M.R.A., El-Sharkawy A.A., Romany R.S., Beshara R.R.S., Effect of storage periods on the stability of sunflower oil treated with natural antioxidants, Assiut J. of Agric. Sci., 39 (1) (2008): (53-66). Disponible en ligne. [http://www.aun.edu.eg/journal\\_files/222\\_J\\_6441.pdf](http://www.aun.edu.eg/journal_files/222_J_6441.pdf) (accédé le 10/02/2021)
-