

MINISTERE DEL'ENSEIGNEMENTS SUPERIEUR ET DELA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AKLIMOHAND OULHADJ- BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES
SCIENCES DE LA TERRE DEPARTEMENT D'Agronomie

Réf:...../UAMOB/F.SNV.ST/D
EP.BIO/2023



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Sciences Alimentaire

Spécialité : Agroalimentaires et contrôle de qualité

Présenté par:

HAMRI Roumaïssa et BOUREBAA Zahra

Thème

Incorporation des extraits des feuilles d'olivier sauvage dans une huile de friture et l'étude de son effet sur l'oxydation thermique.

Soutenu le : 03/07/2023

Devant le jury composé de:

Nom et Prénom

Grade

Mme Mahdi Khadidja

MCA

Univ. de Bouira

présidente

Mme Bensmail Souhila

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Mme Bourfis Nassima

MCB

Univ. de Bouira

Promotrice

Année Universitaire: 2022/2023

Remerciements

*Nos sincères louanges au tout puissant Dieu, source de Notre foi et
Notre volonté.*

*Tout, Notre gratitude à ceux et celles qui ont contribué à la
réalisation de ce travail; en particulier:*

*Mme Bourfis Nassima, maitre de conférences à l'université de
Bouira, pour l'encadrement, pour son aide précieuse et ses
conseils.*

*Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury
Merci à vous Mme Mahdi Khadidja, d'avoir accepté de présider
le jury.*

*Nos chaleureux remerciements vont à Mme Bensmail Souhila
d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Nos tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à Mme
Terki Djamila responsable du laboratoire centrale au sein de
Cévital SPA.*

*Nos remerciements à Mme Ferhoum, maitre de conférences à
l'université de Bouira, pour ses conseils et sa gentillesse.*

*Nos derniers remerciements, vont à tous ce qui ont contribué de
près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents

Ma sœur

*Mes collègues: Amel – Hadjer – Ismahane – Nawel – Chaima
Fatima*

Roumaïssa

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents

Mes frères

Mes sœurs

Mon fiancé

Ma collègue Meriem

Zahra

Liste des abréviations

AGL : Acide gras libre

AC: acide caféique

AGMI : acides gras Mono insaturé

AGPL : acides gras poly insaturé

AGS : acide gras saturé

AGI: acide gras insaturé

AAR : activité anti-radicalaire

CPG : Chromatographie en phase gazeuse

CP : composés phénoliques

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

ERO : espèces réactives de l'oxygène

EAG : équivalents acide gallique

EHA : Extrait hydro alcoolique

EFOO : Extrait de feuilles d'olivier sauvage

HF: Huile de friture

IP : Indice de peroxyde

MS : matière sèche

MG : matière grasse

OSI : indice de stabilité oxydatif

PG : Gallate de propyl

PP : polyphénols

PFOO : poudre de feuilles d'olivier sauvage

Liste des figures

Figure II. 1 : changements physiques et chimiques d'huile lors de la friture.....	14
Figure III.1 : Feuilles d'olivier de la variété <i>Olea europaea</i> var <i>sylvestris</i>	18
Figure III. 2 : Huile Elio commercialisée.....	18
Figure III. 3 : préparation préliminaire de la poudre des feuilles d'olivier de la variété..... oléastre.....	19
Figure III. 4 : Étapes du test DPPH	22
Figure III. 5 :Etapes de dosage des polyphénols.....	23
Figure III.6 : Mécanisme de réaction d'AlCl ₃ avec les flavonoïdes	24
Figure III.7 : Etapes de dosage des flavonoïdes.....	24
Figure IV. 1 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes Concentration d'extrait de la PFOO.....	30
Figure IV.2 :Temps d'induction d'huile de soja.....	33
Figure IV.3 : Coefficients d'extinction spécifiques de l'huile non enrichie	35
Figure IV.4 : Coefficients d'extinction spécifiques de l'huile enrichie à 3% de l'EFOO.....	35
Figure IV.5 : Coefficients d'extinction spécifiques de l'huile enrichie à 5% de l'EFOO	36
Figures IV.6 : Evaluation de la teneur en acide gras des huiles enrichies et non enrichies par EFOO avant et après friture	39
Figure IV. 7 : Le temps d'induction d'huile non enrichie et d'huile enrichie par EFOO avant et après oxydation.....	40

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Composés phénoliques d' <i>Olea europaea</i>	6
Tableau IV.1 : Analyses physico-chimiques de l'extrait des feuilles d'olivier sauvage	29
Tableau IV .2 : Résultats de l'activité anti-oxydante	31
Tableau IV.3 : Caractéristiques physicochimique de l'huile commercialisée	32
Tableau IV.4 : Résultat d'acidité et d'indice de peroxyde des huiles après friture	37

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	

Table des matières

Résumés	
Introduction	

CHAPITRE I: Les feuilles d'oliviers *oléastre*

I.1 Généralité sur l'olivier sauvage (<i>oléastre</i>).....	4
I.2 Classification.....	4
I. 3 Feuilles d'oliviers oléastre.....	5
I.3.1 Biomasse.....	5
I.3.2 Composition chimique.....	5
I.3.3 Activités biologiques.....	5
I.3.4 Composés phénoliques des feuilles <i>Olea europaea var sylvestris</i>	6
I.3.5 Activité antioxydante.....	6

CHAPITTE II : friture et oxydation des huiles

II.1 Définition	9
II.2 paramètre influençant la qualité de la friture.....	9
II.2.1 Cuisson	9
II .2.1.1 Evaporation d'eau.....	9
II.2.1.2 Texture	9
II.2.1.3 Température de friture.....	9
II.2.2 Huile.....	10
II.2.2.1 Type d'huile.....	10

II.2.2.2 Vieillessement.....	10
II.2.3 Ration frite / huile.....	10
II.2.3.1 Traitement poste friture.....	10
II.2.4 Composition d'aliment.....	11
II.3 Types de friteuse.....	11
II.3.1 Friture plate.....	11
II.3.2 Friteuse profonde.....	11
II.4 Modification aux cours des fritures.....	11
II.4.1 Modification au sein de l'aliment.....	11
II.4.2 Modification au sein de l'huile.....	11
II.5 Facteurs influençant le processus de friture.....	12
II.6 Mécanisme du procédé de friture.....	13
II.7 Conseils pratiques lors des fritures.....	13
II.8 Réaction de dégradation des huiles de friture.....	14
II.8.1 Réaction d'oxydation.....	14
II.8.2 Réaction de polymérisation.....	15
II.8.3 Réaction d'hydrolyse.....	15
II.9 prévention contre l'oxydation.....	15
II.9.1 Antioxydants.....	15
II.9.1.1 Antioxydants naturels.....	15
II.9.1.2 Antioxydants synthétique.....	15

Partie expérimentale

CHAPITRE III: Matériels et méthodes

III.1 Matériel végétal.....	19
III.2 Huile végétale.....	19
III.3 Préparation du matériel végétal.....	19
III.4.Extraction et dosage des composés phénoliques.....	19
III.4.1 Extraction.....	19

III.4.2 Rendement d'extraction.....	20
III.5 Analyses physico-chimiques de l'extrait.....	20
III.5.1 Détermination de l'acidité.....	20
III.5.2 Détermination du pH.....	20
III.5.3 Teneur en chlorophylle.....	21
III.6 Etude de l'activité antioxydante d'extrait.....	21
III.6.1 Le Pouvoir anti-radicalaire.....	21
III.6.2 Dosage des polyphénols.....	22
III.6.3 Dosage des flavonoïdes.....	23
III.7 Analyses physicochimiques de l'huile de friture commercialisée.....	24
III.7.1 Acidité.....	24
III.7.2 Indice de peroxyde.....	24
III.7.3 Profile en acide gras.....	25
III.7.4 Test d'accélération d'oxydation (rancimat).....	26
III.1.8. Enrichissement de l'huile de friture (soja) par les extraits des feuilles.....	26
III.8.1 Suivie de l'oxydation des huiles par le coefficient d'extinction spécifique.....	26
III.9 Les test s de conformation d'huile oxydées d'après le coefficient d'extinction.....	
Spécifique	26

CHAPITRES IV : Résultats et discussion

IV.1 Rendement d'extraction.....	29
IV.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'extrait phénolique.....	29
IV.2.1 Acidité et pH	29
IV.2.2 Chlorophylle.....	29
IV.3 Etude de l'activité anti-oxydante des extraits.....	29
IV.3.1 Le Pouvoir anti-radicalaire.....	29
IV.3.2 Teneurs en polyphénols et flavonoides.....	31
IV. 4 Analyse physique et chimique d'huile de friture commercialisée.....	31
IV.4.1 Acidité.....	32
IV.4.2 Indice de peroxyde.....	32

IV.4.3 Profil en acide gras.....	33
IV.4.4 Test d'accélération d'oxydation.....	33
IV.5 Enrichissement d'huile de friture par l'extrait des feuilles d'olivier oléastre.....	34
IV.5.1 Suivie de l'oxydation d'huiles par le coefficient d'extinction spécifique.....	34
IV.5.2 Acidité et Indice de peroxyde.....	36
IV.5.3 Profile en acides gras.....	37
IV.5.4 Test d'accélération d'oxydation	40
Conclusion.....	42
Référence bibliographie	43
Annexes	56

Résumés

Résumé

Cette étude s'intéresse de l'utilisation d'antioxydants naturels incorporés aux huiles. Les composés phénoliques (CP) sont extraits à partir des feuilles d'olivier de la variété *Oleastre*. Ces CP sont utilisés en tant qu'antioxydant naturel. Les concentrations d'extrait phénolique utilisé et additionnées à une huile de table à base de soja (Elio), sont (0%) pour 5 friture (l'huile nous enrichie), (3%) pour 6 friture et (5%) pour 8 friture. Le suivi de l'oxydation a été effectué par la mesure des coefficients d'extinction spécifiques. Les échantillons d'huile qui seront oxydés nous avons confirmées leur oxydation par la mesure d'indice de peroxyde (IP), acidité, profil en acide gras (CPG) et par le test d'accélération d'oxydation (Rancimat). Les résultats obtenus indiquent un rendement en extrait de (21,61%), et se caractérise par un taux important en flavonoïdes de (15,72%). une teneur en polyphénols totaux de (34,62%) et les huiles contenant des antioxydants ont subi une détérioration moins accentuée que celles des témoins dont la meilleure stabilité oxydative de notre huile de friture est celle enrichie par l'extrait des feuilles d'olivier à 5%.

Mots clés: oxydation; composés phénoliques; huile de friture; feuille d'olivier sauvage.

Abstract

This study focuses on the use of natural antioxidants incorporated into oils. Phenolic compounds (CP) are extracted from olive leaves of the *Oleaster* variety. This CPs are used as a natural antioxidant. the concentrations of phenolic extract used and added to a soy-based table oil (Eloi) are (0%) for 5 fryings (the oil we enriched), (3%) for 6 fryings and (5%) for 8 fryings. The oxidation is monitored by measuring the specific extinction coefficient, the samples which will be oxidized we have confirmed their oxidation by measuring the peroxide index, the acid number, fatty acid profile (CPG) and by the oxidation acceleration test (Rancimat). The results obtained indicate an extract yield of (21, 61%). In addition, it is characterized by a high rate a flavonoid content of (15,72%), of total polyphenols (34,62%). The oils containing antioxidants suffered less pronounced deterioration than those of the controls of wish the best oxidative stability of our frying oil is that enriched by the 5% olive leaf extract.

Key words: oxidation; composé phenolic compounds; frying oils; olive leaves

الملخص

تركز هذه الدراسة على إستعمال مضادات الأكسدة الطبيعية ودمجها في الزيت، يتم استخلاص المركبات الفينولية من أوراق الزيتون من النوع النباتي أليستر. تستخدم المركبات الفينولية كمضادات طبيعية للأكسدة و التراكيز مستخلص الفينول المستخدمة والمضافة إلى زيت المائدة إليو هي (0%) لي 5 قليات (الزيت التي لم نغم بإثرائه) , و كذلك (3%) لي 6 قليات و(5%) لي 8 قليات تتم مراقبة الأكسدة عن طريق قياس معامل الإطفاء, العينات المعرضة للأكسدة نبرز تأكسدها عن طريق قياس مؤشر البيروكسيد, مؤشر الحمض, تحديد تركيبة الأجماض الدهنية, اختبار تسريع الأكسدة. الناتج التي تم الحصول عليها تشير إلى أن معدل المردود (21.61%)، معدل بوليفينولات (34,62%) و محتوى الفالافونويد (15,72%) الزيوت التي تحتوي على مضادات الأكسدة أظهرت تدهور أقل من العينات (بدون إضافة مضادات الأكسدة) في الواقع بعد دمج مضادات الأكسدة وقلي الزيت المضاف إليها مستخلص أوراق الزيتون ثبات الأكسدة تختلف على حسب معدل الإطفاء من تركيز إلى أخر. أفضل ثبات أكسيدي لزيت القلي الخاص بنا هو الزيت المضاف إليه مستخلص أوراق الزيتون البرية (5%)

الكلمات المفتاحية : الأكسدة, المركبات الفينولية, زيت القلي, أوراق الزيتون البرية

INTRODUCTION

Introduction

Les huiles végétales sont largement utilisées comme moyen de transfert de chaleur lors de la cuisson (comme l'huile de friture), en tant qu'agents d'enrobage et de démoulage, ou encore en tant que supports pour les arômes et les colorants lipophiles. jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. elles contribuent à l'apport d'énergie, elles sont source d'acides gras indispensables, en particulier d'acide linoléique, et d'acide alphalinoléique. Elles contribuent à la qualité organoleptique des produits, **Cuvelier Maillard, 2012; Sloan, 2006**).

L'oxydation est la cause principale d'altération des corps gras. Cette détérioration chimique est à l'origine de nombreux facteurs tels que la chaleur, l'oxygène, la lumière (**Kalogianni et al., 2009**). En effet, cette altération entraîne la dégradation de la valeur sensorielle et hygiénique et même nutritionnelle des huiles (**Kalogianni et al., 2009**). Toutefois, l'ajout d'antioxydants synthétiques est souvent nécessaire car la quantité d'antioxydants naturels peut ne pas être suffisante (**Augustin et Berry, 1983**). Ces substances restent encore non utilisables par les consommateurs car certains rapports évoquent que ces antioxydants probablement sont cancérigènes. Les antioxydants naturelles ont une meilleure prescriptive dans le secteur agro-alimentaire (**Reddy et al., 2005**).

Afin de résoudre le problème de la stabilité des lipides, on utilise des antioxydant qui sont des substances en petite quantité capable d'empêcher, de retarder ou de ralentir considérablement l'oxydation de matière facilement oxydable (**Bouaziz et al., 2008 ; Mbah et al., 2019**).

Notamment, l'intérêt d'antioxydants naturelles a augmenté de plus en plus à cause de leurs effets biologiques, en particulier la lutte contre le stress oxydant est du par les espèces réactives de l'oxygène (**Almi, 2010**). Sont des molécules pro-oxydantes très réactives qui peuvent causer de graves dommages cellulaires, contribuant ainsi au vieillissement et au déclenchement de nombreuses maladies cancérigènes, les accidents cardiovasculaires (AVC), les maladies inflammatoires et les maladies neurodégénératives,

Entre autres les polyphénols sont des molécules spécifiques de règne végétal, On les trouve dans les plante depuis, les racines jusqu'aux fruits. parmi les quelle on distingue l'olivier,

L'utilisation la plus connue de l'olivier est sans nul doute l'extraction de l'huile à partir de son fruit, si bien que la recherche s'est élargie à l'étude des sous-produits de l'olivier, notamment les feuilles d'olivier. Ces dernières sont riches en nombreux composés phénoliques. **(Iguergaziz N, 2012).**

Dans ce contexte, de nombreuses études scientifiques ont été menées sur les composés bioactifs extraits des feuilles d'olivier, en particulier les polyphénols (PP) aux propriétés anti-ERO. Ces études ont conduit à leur utilisation dans l'industrie agroalimentaire et pharmacocosmétique **(Pietta et al., 2000 ; Altiok et al., 2008 ; Bisignano et al., 1999).**

L'Algérie est l'un des principaux pays méditerranéens bénéficiant d'un climat propice à la culture de l'olivier **(COI, 2020)**. Le patrimoine oléicole de l'Algérie compte 32 millions d'oliviers, représentant ainsi 4,5% du patrimoine mondial. L'approvisionnement en huile d'olive de l'Algérie a augmenté de 1,8% en un an depuis 2014, atteignant 92000 tonnes en 2019 **(COI, 2020)**.

Dans ce cadre, notre étude vise à examiner l'activité antioxydante présente dans l'extrait des feuilles *d'Olea europaea* var. *sylvestris* à l'aide de la méthode du DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) et à l'incorporer dans l'huile de friture. Nous allons également suivre l'évolution de l'oxydation en utilisant la méthode de mesure des coefficients d'extinction spécifiques, confirmer les processus d'oxydation à l'aide de l'examen d'extinction spécifique, l'acidité, d'indice de peroxyde et le profil en acides gras (CPG), ainsi que déterminer le test d'accélération d'oxydation (RANCIMAT).

CHAPITRE I

Les feuilles

d'olivier Oléastre

I.1 Généralité sur l'olivier sauvage (*oléastre*)

L'olivier est sempervirens, c'est-à-dire qu'il est toujours vert, ses feuilles sont lancéolées, vert grisâtres. Ses fleurs s'épanouissent en petites grappes blanches, chaque grappe donnera un seul fruit. Son fruit ovoïde (drupe), il a un noyau fusiforme. Son bois très dur est imputrescible et est utilisé en ébénisterie [Artaud., 2008].

L'oléastre diffère de l'olivier cultivé par la présence des pousses courtes et épineuses, des fruits de petite taille, une faible teneur en huile [Terral et Arnold-Simard., 1996]. Les feuilles de l'olivier sauvage sont de courte longueur, de largeur moyenne. Les fruits de la plupart des oliviers sauvages en une forme elliptique, et avec un faible poids Une corrélation élevée et significative des dimensions du fruit et la teneur en huile a été observée. Cela pourrait être d'intérêt pour l'utilisation des oliviers sauvages. En dépit de cela, il convient de mentionner que les oliviers sauvages avec des poids de fruits 1,3 g et le pourcentage d'huile d'olive dans la matière sèche 33,8 % est comparable aux valeurs mentionnées pour certains cultivars d'oliviers [Hannachi *et al.*, 2008].

I.2 classification

La classification de l'olivier sauvage est représentée comme suit selon Conquist (1981) est la suivante :

Règne : Plantae.

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Scrophulariales.

Famille : Oleaceae.

Genre : *Olea*.

Espèce : *Olea europaea*

Sous-espèces: *Olea europaea* var *Europeae* olivier domestique

Olea europaea var *sylvestris* oléastre, ou olivier sauvage

I.3 Feuille d'oliviers oléastre

I.3.1 Biomasse

Outre l'huile et les olives sauvages comme produits principaux, l'industrie oléicole produit également un grand nombre de sous-produits tels que les feuilles d'oliviers, qui représentent 10% du poids total des oliviers (**Brahmi et al., 2012**). La concentration en oleuropéine dans les feuilles d'olivier sauvage peut atteindre jusqu'à 6,8 g par 100 g de feuilles fraîches (**Bouaziz et Sayadi, 2005**). Les feuilles d'olivier oléastre sont produites en abondance dans les pays méditerranéens, notamment en Algérie, il ne peut pas être considéré comme un énorme surplus, mais au contraire comme une ressource qui doit être tirée profit (**Addab et al., 2020**).

I.3.2 Composition chimique

Les feuilles d'oliviers présentent une teneur importante en matière sèche de 58,6% par contre leur composition en matières azotées est de 7g /100g (M.S). En générale, elles sont caractérisées par leurs teneur importante en valine, arginine et leucine, contrairement à tyrosine, matière grasse et cystéine qui sont de faible quantité (**Garcia et al., 2013**).

I.3.3 Activité biologique

Les feuilles d'olivier oléastre sont riches en composés bioactifs qui sont utilisés dans plusieurs domaines (**Savarese et al., 2007**). Ces derniers diminuent les risques des pathologies cardiaques (**Cook et Samman, 1997**). Les composés phénoliques d'olivier présentent une grande activité; ils sont caractérisés par leurs capacités anticancéreuses, anti-oxydante et anti-inflammatoire (**Visioli et al., 2002**). Les composés bioactifs (polyphénoliques) présentés dans les feuilles d'oliviers sont capables de piéger les radicaux libres et présentent des effets synergiques (**Polzonetti et al., 2004**).

Les feuilles d'olivier oléastre ont la plus forte capacité à piéger les radicaux libres par rapport aux différentes parties d'olivier, et elles présentent également des concentrations importantes de composants de haute valeur (**Savournin et al., 2001**). Plusieurs chercheurs mentionnent que le cholestérol plasmatique et la pression artérielle peuvent être diminués grâce aux effets bénéfiques d'extrait des feuilles d'oliviers (**Perrinjaquet-Mocetti et al., 2008**). La présence d'acide oléique dans les feuilles d'oliviers peut réduire les lipides plasmatiques tels que les LDL et les VLDL et prévenir les maladies cardiovasculaires (**Huang et al., 2008**).

L'extrait de feuilles d'olivier sauvage peut contenir des traces d'éléments importants tels que le sélénium, le fer, le zinc, la vitamine C, le beta-carotène et la plupart des acides aminés **Polzonetti et al., 2004**).

Les feuilles contiennent également de la cinchonidine, un alcaloïde de quinoléine aux propriétés antipaludiques. Les feuilles, l'écorce et les fruits contiennent de l'oleuropéine qui ont des propriétés antioxydantes et hypotensives hypoglycémiantes, hypocholestérolémiques et antiseptiques **(Ghedira, 2008)**.

I.3.4 Composés phénoliques des feuilles

Les CP constituent un très grand groupe de substances avec plus de 8000 substances connues **(Williamson et Manach, 2005)**. Ces substances jouent un rôle important dans la défense contre les chocs étrangers et sont partagés dans tous les organes de la plante **(Apak et al., 2007)**.

Les feuilles d'oliviers sauvages sont riches en composés phénoliques. Selon **Mylonaki et al., (2008)**, le profil de ces dernières semble être fortement influencé par le potentiel génétique. D'après **Chiou et al., (2009)**, l'oleuropéine, l'oléoside, secoiridoïde et dimethyloléuropein sont les polyphénols principaux des feuilles d'olivier sauvage **(voir le Tableau. I.1)**.

Tableau I: Composés phénoliques d'*Olea europea* **(Ryan et al., 2002 ; Skerget et al., 2005; Khan et al., 2007)**.

Flavonoïdes	Lutéoline, kaempferol, myricétine, quercétine, apigénine, rutoside, quercitrine et des glycosides de l'apigénine et de la lutéoline
Sécoiridoïdes	Oleuropéoside, 11-déméthyl-oleuropéoside, oléoside, dimethylesteroléoside, ligustroside, oleurosides et des aldéhydes sécoiridoïdiques non hétérosidiques (oléacéine).
Acides Phenols	Acidecaféique, acidecaféoylquinique, (AC.Chlorogénique), acide pcoumarique, verbascoside.

I.3.5 Activité antioxydante

En raison de sa forte teneur en composés phénoliques, la feuille d'olivier sauvage est connue pour ses propriétés bénéfiques pour la santé humaine **(Addab et al., 2020)**.

Les composés phénoliques de l'olivier sauvage y compris les iridoïdes peuvent réagir avec la plupart des espèces réactives de l'oxygène (ERO). En effet, l'oleuropéine et ses

dérivés hydroxytyrosol et tyrosol ont montré des capacités anti radicalaires remarquables. Ils piègent les ERO et les espèces azotées réactives, protégeant l'ADN des dommages (**De la Puerta *et al.*, 2001**).

Les flavonoïdes exercent également une activité antioxydante grâce à leurs groupes hydroxyles. Cet effet est également dû à la présence de triterpènes. En effet, ils piègent les radicaux libres et inhibent la peroxydation des lipides en réduisant les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes. Ils sont également capables de piéger les ions métalliques, grâce à leurs propriétés chélatantes (**Niki, 2010**).

CHAPITRE II
Friture et oxydation
des huiles

II.1 Définition

La friture est l'action qui permet de cuire les aliments à des températures élevées (**Saguy *et al.*, 2003**). Durant cette action, une croûte sera formée grâce à l'évaporation de l'eau à la surface de l'aliment (**Bouchon, 2009**).

II.2 Paramètres influençant la qualité de la friture

La qualité de la friture dépend de plusieurs paramètres :

II.2.1 Cuisson

La cuisson est un processus thermique visant à transformer l'aliment de manière plus ou moins significative afin de le rendre assimilable, nutritif ou plus savoureux. Par le biais de la cuisson, les qualités organoleptiques des aliments sont modifiées (**Bouchon, 2009**).

II.2.1.1 Évaporation d'eau

Selon les études de **Rossell (2001)** et **Bouchon (2009)**, on observe une augmentation de la quantité d'huile absorbée pendant la friture à cause de la perte d'humidité. Réellement, l'eau qui s'évapore crée de l'espace dans lequel l'huile pénètre partiellement.

II.2.1.2 Texture

La cuisson entraîne l'altération de la texture et la porosité de la pomme de terre. Une grande porosité entraîne une absorption accrue d'huile (**Ziaifar, 2008**).

II.2.1.3 Températures de friture

Les bains d'huile présentent des températures généralement autour de 180°C. Cette limite a été établie en raison du développement potentiel de composés toxiques, ce qui a conduit à l'utilisation de températures plus basses, parfois imposées par la réglementation. Cependant, des températures trop basses, telles que 120°C, peuvent entraîner une imprégnation plus importante de l'huile. Dans tout traitement thermique, il est difficile de chasser de l'effet de la température sur le temps (**Saguy *et al.*, 1995 ; Ufheil *et al.*, 1996**). Selon **Pokorny (1999)**, L'utilisation de températures élevées de bain d'huile (180°C) permet de réduire les pertes des substances nutritionnellement intéressantes. Cependant, certaines études ont observé que la friture à des températures faibles (140°C) entraîne une altération des caroténoïdes moins importante que celles réalisées à des températures élevées (**Leskova *et al.*, 2006**). a également remarqué que plus la température est basse, plus le beta-carotène Retenue en mieux (**pokoruy, 1999**)

II.2.2 Huile

II.2.2.1 Type d'huile

Les acides gras polyinsaturés en petite quantité dans une huile de friture peut assurer sa qualité. Pour prolonger la durée d'utilisation d'huile de friture, cette dernière doit être composée à base d'acide gras saturés qui sont stables lors de la friture (**Varela *et al.*, 1988; Bouchon, 2009**). Cependant, sur le côté nutritionnel, les effets sur la santé sont controversés. D'autre part, les huiles dérivés d'acides gras polyinsaturés sont considérées comme ayant des bienfaits pour la santé (**Varela *et al.*, 1988; Bouchon, 2009**).

II.2.2.2 Vieillessement

Le vieillissement d'huile est affecté par de nombreux facteurs, il est donc difficile de déterminer le moment exacte du remplacement. Les huiles usagées ont des caractéristiques telles qu'un aspect sombre, une consistance dure ou dense, des couches et peut avoir un goût piquant (**Rossell, 2001**). Au cours de la friture, il aura la libération d'eau par les aliments qui provoque la formation des molécules polaires qui sont sensibles à la dégradation thermique et à l'oxydation, et ces composés se rassemblent avec le temps. Ainsi, la façon dont l'huile est utilisée affecte sa qualité. Il est crucial de ne pas atteindre ou dépasser une température critique de 200°C. Chaque augmentation de 10°C au-dessus de cette température accélère le vieillissement de l'huile jusqu'à deux fois plus rapidement (**Delagoutte, 2007**).

II.2.3 Ratio frite/huile

Pour garder la température d'huile lorsque les aliments sont immergés à des niveaux de friture supérieurs à 130°C, il est recommandé de maintenir un ratio de poids de frites inférieur à six fois le poids d'huile utilisée (**Rossell, 2001**).

II.2.3.1 Traitements post-friture

Lorsque la température est approximativement supérieure à la température d'ébullition d'eau, la plupart d'huile est absorbée lors du refroidissement, généralement dans les vingt premières secondes (**Ziaifar, 2008**). Des études ont montré que la majorité d'huile absorbée se trouve à la surface, et cela dépend largement de la quantité d'eau retirée ou de degré d'hygrométrie éloigné pendant la friture (**Bouchon, 2009**). L'évacuation rapide et mécanique d'huile autour des aliments à la sortie de la friture joue un rôle essentiel dans la quantité finale de graisses, car elle réduit la quantité d'huile pouvant être absorbée pendant le refroidissement (**Ziaifar, 2008 ; Bouchon, 2009**).

II.2.4 Composition d'aliment

L'humidité présente dans les aliments crée une fine couche de vapeur qui se forme à la surface de la friteuse, réduisant ainsi le contact avec l'air. Lorsque les aliments contiennent une grande quantité d'humidité, cela favorise la décomposition d'huile lors de la friture. En effet, la quantité d'eau présente dans les aliments est élevée, la décomposition des huiles est accentuée. Par ailleurs, l'amidon contribue à la détérioration des acides aminés et d'huile, et ce qui peut assurer que l'huile ne peut pas altérée au cours de la friture (**Fedeli, 1988**). De plus, le fer présent dans la viande, peut s'accumuler dans l'huile lors de la friture (**Artz et al., 2005a**), entraînant ainsi une augmentation du taux d'oxydation et de dégradation thermique de l'huile (**Artz et al., 2005b**).

II.3 Types de friteuse

Selon **Elisabeth Vierling, (2008)** On peut distinguer deux types de friture plate et la friture profonde.

II.3.1 Friture plate

La friture à la poêle est un processus qui implique de mettre en contact une partie de la surface d'une préparation alimentaire humide, riche en eau, avec une petite quantité de matière grasse. Cette méthode est réalisée en utilisant différentes graisses telles que le beurre la margarine ou diverse huile (**Fredot, 2005**)

II.3.2 La friture profonde

La friture profonde est un processus qui implique l'immersion complète d'une préparation alimentaire humide, ayant une faible teneur en eau, dans un bain de matière grasse pendant une durée variable mais limitée. Après chaque utilisation, la graisse est nettoyée (**Fredot, 2012**).

II.4 Modification aux cours des fritures**II.4.1 Modification au sein de l'aliment**

Lors des processus de friture, diverses modifications sont observées. Celles-ci incluent des changements de couleur et de saveur dus au gonflement de l'amidon par évaporation de l'eau, la dégradation des protéines, le brunissement des aliments par la réaction de Maillard et la sécheresse de la surface avec la formation d'une croûte caramélisée. Toutefois, un temps de friture trop long, un brunissement excessif, les hautes températures, l'utilisation excessive d'huiles peuvent réduire la digestibilité des aliments et entraîne la formation de mauvaise

molécules, telles que les acrylamides (**Trach, 2017**).

II.4.2 Modification au sein de l'huile

Lorsque les huiles de friture sont exposées à hautes températures en présence d'eau et d'oxygène, elles reçoivent un processus complexe comprenant plusieurs réactions telles que l'oxydation, la polymérisation et l'hydrolyse (**Buehr, 2008**).

II.5 Facteurs influençant le processus de friture

L'intensité des modifications subies par les corps gras lors du traitement thermique dépend de plusieurs facteurs, comme indiqué par **Alais et Lindin (1987)** ainsi que **Vitrac et al., (2003)**. Ces facteurs comprennent:

- ✓ La nature du corps gras : elle est liée au degré d'insaturation des acides gras. Les huiles qui présentent plus de 2% d'acide linoléique ne sont pas recommandées pour la friture, car cet acide gras s'oxyde facilement, ce qui peut entraîner la formation de produits potentiellement suspects (irritants et cancérogènes).
- ✓ Taux et la durée de chauffage: les temps de friture changent principalement en fonction de la teneur en eau initiale du matériau et de la température du bain utilisée. Par exemple, les tranches de pomme de terre, qui ont une teneur en eau de 80 à 85%, sont frites à 180°C, tandis que les tranches de plantain ou de manioc, contenant 60 à 65% d'eau, nécessitent une friture prolongée dans un bain à 160°C (**Alais et Lindin, 1987; Vitrac et al., 2003**).
- ✓ Présence de métaux catalyseurs pour certaines réactions d'oxydation : les cations métalliques tels que le fer ou le cuivre peuvent avancer les réactions d'oxydation, ce qui peut contribuer aux modifications chimiques des corps gras (**Grandgirad, 1992 ; Vitrac et al., 2003**).
- ✓ Rapport surface/volume de la friteuse : Le volume d'huile utilisé dans la friteuse constitue une réserve de chaleur potentielle pouvant être utilisée pour sécher et cuire rapidement les aliments (**Alais et Lindin, 1987; Vitrac et al., 2003**).
- ✓ Température atteinte: lorsque les températures sont hautes, les changements chimiques sont remarquables. Cependant, il faut arriver à des températures de l'ordre

de 220-240°C pour détecter des quantités significatives d'acides gras et de monomères cycliques (**Lindin et Lorient, 1994; Olivier Vitrac *et al.*, 2003**).

II.6 Mécanisme du procédé de friture

Tout d'abord, au cours de cuisson des frites, une quantité importante de leur eau est perdue (environ 50%) en raison de la température élevée du bain de cuisson. L'évaporation de cette eau entraîne des réactions d'hydrolyse. Lorsque l'eau s'évapore des pommes de terre, elle entraîne également l'évacuation d'une partie essentielle des graisses d'aliment. La dégradation de lipides des pommes de terre est négligeable par ce que cet aliment en possède seulement environ 0,1%. Cependant, dans le cas des frites précuites surgelées (contenant environ 6% de lipides) ou du poisson, les corps gras d'aliment qui se retrouvent dans le bain représentent une quantité appréciable. De plus, les lipides des poissons sont insaturés et donc très sensibles. A la fin, des réactions d'oxydation continuent de se produire tout au long de la période de refroidissement. Les nouvelles substances élaborés, tels que les hydro-peroxydes, peuvent servir les initiateurs de détérioration au cours de la prochaine cuisson (**Grandgirad, 1992**).

II.7 Conseils pratiques lors des fritures

Selon **Olivier et Martinez, (2005)**, lors de la friture, il est nécessaire de prendre en considération les conditions suivantes :

- La friteuse doit respecter les normes de sécurité établies ;
- Il est nécessaire de remplir le bain de friture selon les proportions recommandées par le fabricant de la friteuse;
- Il est nécessaire d'apporter des mesures de sécurité en fonction du type d'aliment à frire ;
- Pour éviter les risques de surchauffe, le bain de friture doit prendre une température au de là de 180°C ;
- Il est déconseillé de laisser l'huile dans la friteuse sans l'utiliser pendant plus de deux ou trois semaines;
- Il est recommandé de nettoyer régulièrement la friteuse pour maintenir son bon fonctionnement et prévenir l'accumulation de résidus;
- Après chaque utilisation, il est important de filtrer le bain de friture afin de retirer les débris et les particules indésirables ;

II.8 Réactions de dégradation des huiles de friture

Lorsque les triglycérides sont soumis à des hautes températures (160°C et 180°C) en présence d'O₂ et d'eau, ils acceptent un ensemble complexe de réactions qui peuvent être regroupées en 3 grandes catégories : l'oxydation, la polymérisation et l'hydrolyse (**Figure II.1**) (Dridi, 2016).

II.8.1 Réaction d'oxydation

Lorsque les huiles de friture entrent en contact avec l'oxygène de l'air, cela peut entraîner la formation d'arômes indésirables et des changements de couleur (**figure II.3**). Ces altérations sont souvent considérées comme indésirables. Elles sont principalement causées par la formation de composés d'oxydation dérivés des hydro-péroxydes, qui sont les produits initiaux de l'oxydation. Les réactions en chaîne responsables à la formation de ces composés sont auto-catalytiques, ce qui signifie qu'elles sont formées par Manifestation des molécules ayant les propriétés d'un radical qui provient eux-mêmes de l'oxydation des traicylglycérols présents dans l'huile de friture ou dans le bain de cuisson (**Simon et al., 2012**)

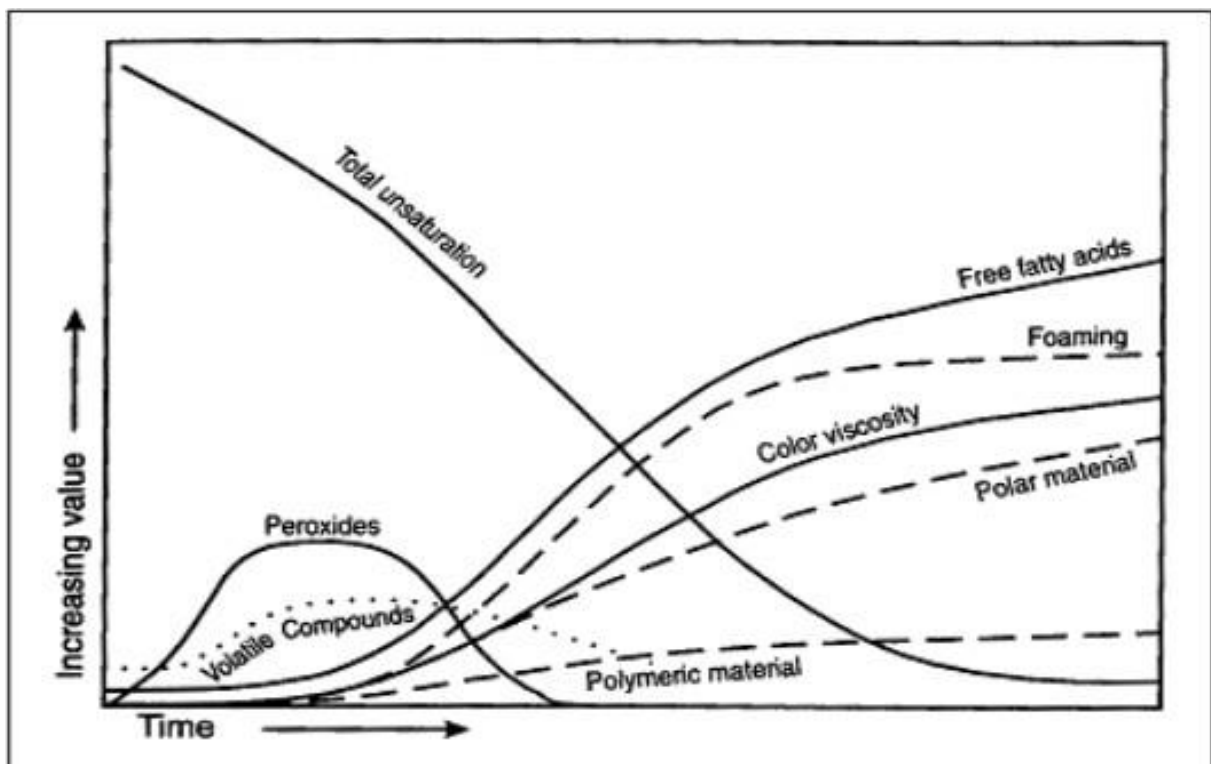


Figure II.1: Changements physiques et chimiques d'huile lors de friture (Houhoula et al., 2003).

II.8.2 Réactions de polymérisation

Les réactions inter et intramoléculaires qui se produisent dans les huiles de friture sont responsables de réarrangements moléculaires. Ces réarrangements peuvent sensibiliser l'huile à l'oxydation et entraîner une élévation de sa viscosité instantanée. En conséquence, des molécules ressemblant à des résines peuvent se former et causer de la mousse à la surface du bain d'huile ainsi que sur les façades. Ces résidus indésirables peuvent affecter la qualité de l'huile de friture (Simon *et al.*, 2012).

II.8.3 Réactions d'hydrolyse

Les réactions de décomposition thermique des triglycérides sont les plus fréquentes dans des éléments classiques de friture. Lorsqu'elles touchent la vapeur d'eau, ces réactions conduisent à l'apparition d'acide gras libre, de mono-glycérides, de di-glycérides, voire de glycérol. Ces molécules sont extrêmement tangibles aux réactions de polymérisation et d'oxydation mentionnées précédemment. Les substances qui en résultent sont la cause d'altération d'odeur et de la saveur observée. Il est important d'apprécier que la nature des composés chimiques formés peut être qualitativement identifiée en fonction du type d'altération considérée (Simon *et al.*, 2012).

II.9 Prévention contre l'oxydation

Elle est assurée par plusieurs substances et techniques qui permettent de freiner ou d'arrêter l'oxydation.

II.9.1 Antioxydants

Les antioxydants sont des substances qui retardent ou empêchent le phénomène d'oxydation. Ils agissent soit comme antioxydants primaires, soit comme brise-chaine de radicaux libres (tocophérol et flavonoïdes), soit comme antioxydants préventifs (acide ascorbique, acide citrique) (Graille, 2003). On distingue deux types d'antioxydants :

II.9.1.1 Antioxydants naturels

Selon Boers (2000), les antioxydants naturels sont présents dans quelques huiles végétales et aliments. Ceux-ci comprennent les tocophérols, les flavonoïdes et les polyphénols

II.9.1.2 Antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques existent depuis longtemps, mais leur utilisation est réglementée, comme le palmitate d'ascorbyl, butyle d'hydroxy anisole, butyle hydroxy toluène (Ighil, 2016).

Partie
expérimentale

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

L'ensemble des expériences du présent travail de recherche ont été réalisées au laboratoire de biochimie, faculté SNV de l'université de Bouira et au laboratoire de recherche et développement de l'unité agroalimentaire «Cévital SPA» (**Annexe A**).

III.1 Matériel végétal

Notre recherche a été menée sur les feuilles d'*Olea europaea var sylvestris* (l'oléastre, ou olivier sauvage), récoltées à Heizar (wilaya de Bouira) en février 2023.



Figure III.1: Feuilles d'olivier de la variété *Olea europaea var sylvestris* (Photo originale).

III.2 Huile végétale

L'huile utilisée est une huile raffinée commerciale «Elio» à base de soja.



Figure III. 2: Huile Elio commercialisé (Photo originale)

III.3 Préparation du matériel végétal

La préparation de la matière première aux différentes analyses est effectuée selon L'organigramme suivant (**Figure III.3**).

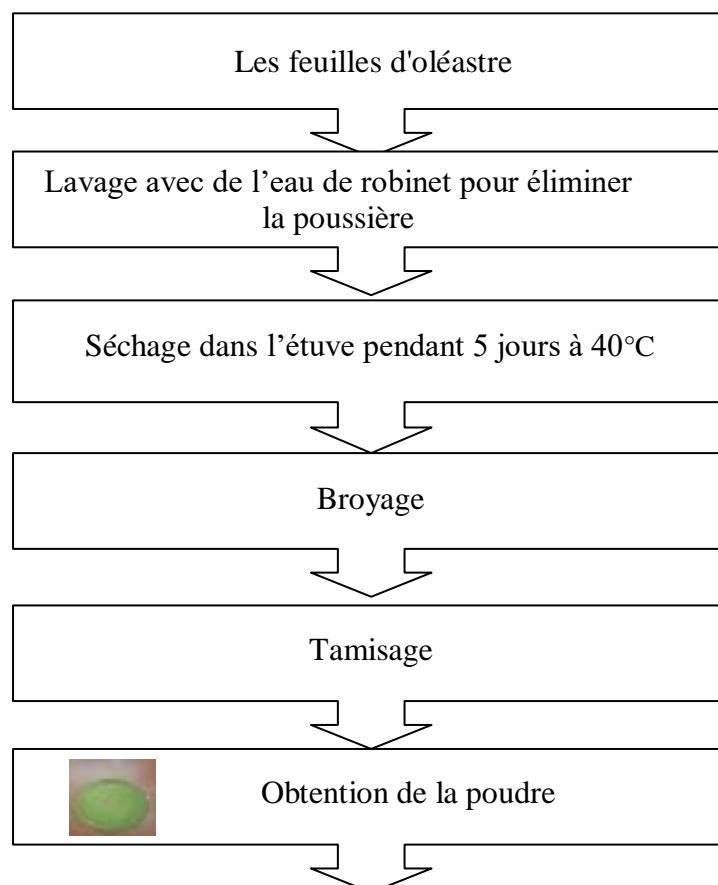


Figure III.3: Préparation préliminaire de la poudre des feuilles d'olivier de la variété oléastre.

Extraction et dosage du composé phénolique

III.4.1.Extraction

La méthode d'extraction utilisée est la macération, décrite par le protocole de **Mahmoudi *et al.*, (2013)**, avec quelques modifications: dans 50ml du solvant (Ethanol à 70%) ont été macérés, 10 g de la poudre à température ambiante (25°C), durant 24h sur une plaque agitatrice (Dlabtech multi-position), après filtration sur un papier filtre, les filtrats obtenus ont été passés par le rota-vapeur (Stuart vaccum-pump RE 30220) pendant 30 min à 45°C qui permet d'éliminer le solvant d'exaction, puis conservés à 4°C jusqu' à l'utilisation.

III.4.2. Rendement d'extraction

Selon la méthode décrite par **Lakache *et al.*, (2019)**, la détermination de la masse d'extrait après évaporation de solvant (rendement), exprimé en % par rapport à la masse initiale de la plante servie à l'extraction. est effectuée selon la formule suivante :

$$R (\%) = (M_{\text{ext}}/M_{\text{éch}}) \times 100$$

R: le rendement en (%) ;

M_{ext} : la masse de l'extrait après évaporation du solvant en (g) ;

$M_{\text{éch}}$: la masse de la matière sèche végétale en (g) ;

III.5 Analyses physico-chimiques de l'extrait

III.5.1 Détermination de l'acidité

L'acidité est mesurée selon la méthode décrite par la norme **(ISO 660, 1996)**. Peser 75ml d'alcool (éthanol) dans un erlenmeyer, ajouter ensuite quelques gouttes de phénolphaléine, puis ajouter l'hydroxyde de sodium pour la neutralisation d'alcool jusqu'à l'obtention d'une coloration rose, On a ajouté après 5 g d'extrait. Chauffer le mélange à 98°C pendant une minute puis titrer par l'hydroxyde de sodium (0,1N).

Expression des résultats

$$\text{Acidité (\%)} = N.V.M/10m$$

N : normalité du NaOH (0,1N)

V : la chute de volume ;

M : la masse de la matière grasse libre

m : la masse d'essai ;

III.5.2 Détermination du pH

La détermination du pH est réalisée selon la méthode décrite par la norme **NF V05-108, (1970)**.

Mélanger 3 g d'extrait avec 75 ml d'eau distillée. Le mélange (extrait /eau distillée) a été chauffé à 60°C dans un bain marie et agité durant 30 minutes. Après filtration, mesurer le pH avec un pH mètre.

III.5.3 Teneur en chlorophylle

Cette méthode est utilisée pour déterminer les mg/kg (ppm) de pigments liés à la chlorophylle (principalement la phophytine a) dans l'extrait à partir de la mesure d'absorption spectrophotométriques UV-visible à 630, 670 et 710 nm (AOCS, 1997).

Remplir la cuve d'extrait chauffé au voisinage de 30°C, lire les absorbances d'extrait par rapport au tétra chlorure de carbone.

Expression des résultats

Chlorophylle en ppm= $A_{670} - (A_{630} + A_{710}) / 2 / 0,0964 * L$

Où **A** désigne l'absorbance à la longueur d'onde indiquée et **L** la longueur de la cuve en cm.

III.6 Etude de l'activité anti-oxydante d'extrait

III.6.1 Le pouvoir anti-radicalaire

La capacité de piégeage des radicaux DPPH est une méthode utilisée à l'origine pour identifier les molécules susceptibles de céder un ou plusieurs protons au niveau des composés phénoliques (Prakash, 2001).

Le DPPH est un radical libre stable car son électron unique est délocalisé auprès de la substance, arrêtant son agrégation. Le changement de lieu des électrons conduit au développement d'une couleur mauve foncée. Lorsque les antioxydants sont présents dans le milieu, engendre la libération d'un proton réduisant ainsi le radical DPPH. Après cette réaction, la couleur violette se dissipe laissant apparaître une couleur jaune pâle du groupe picryl. Le suivi de la délocalisation est réalisé par spectrophotométrie UV-visible (SP-3000nano-optima) à 517nm (Brand Williams *et al.*, 1995 ; Laribi, 2015).

La mise en évidence du pouvoir antioxydant d'extrait des feuilles d'olivier via le test DPPH est effectuée selon le diagramme suivant :

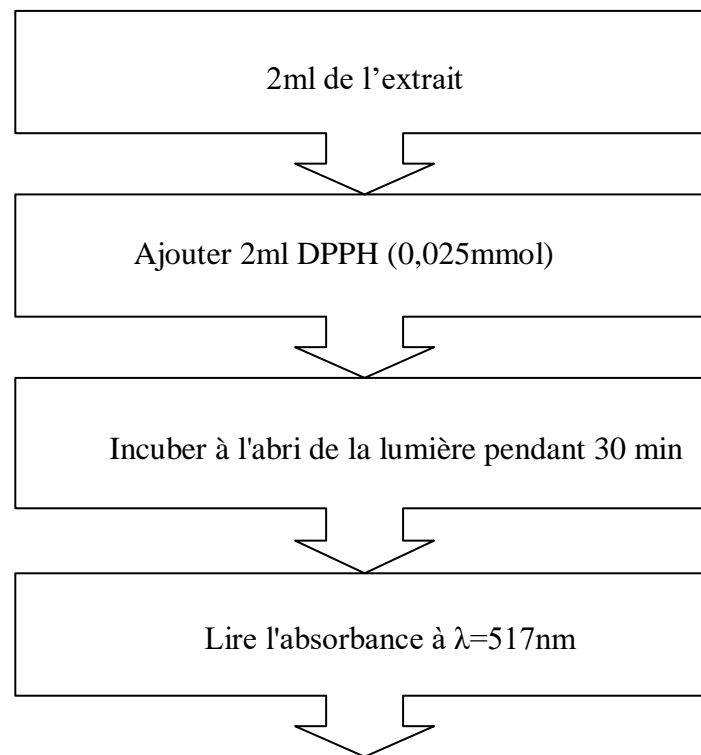


Figure III.4: Étapes du test DPPH.

Les résultats peuvent être exprimés en tant qu'activité anti radicalaire(AAR) où L'inhibition des radicaux libres (en%) est évaluée en utilisant la formule suivante :

$$\text{AAR (\%)} = ((\text{ADPPH}-\text{AS})/\text{ADPPH}) \times 100$$

Où:

ADPPH: absorbance de la solution de DPPH (déterminée contre l'éthanol) ;

AS: absorbance de la solution avec ajout d'extrait (déterminée contre l'éthanol) ;

III.6.2 Dosage des polyphénols

La quantité des polyphénols totaux a été déterminée d'après la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu avec quelques modifications (**Hayes et al., 2011**).

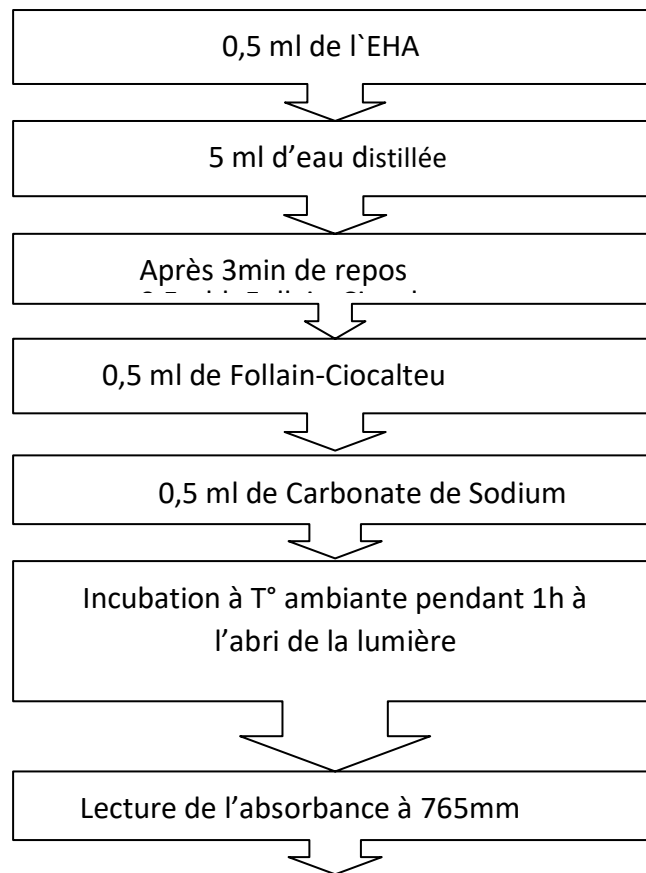


Figure III.5: Etapes de dosage des polyphénols.

Les concentrations finales de ces composés sont exprimées en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche à partir d'une série de dilutions d'acide gallique dans les mêmes conditions, pour aboutir à la courbe d'étalonnage (**Annexe B**)

III.6.3 Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont évalués quantitativement grâce à la méthode décrite par **Bahroun et al., (1996)**, qui est basée sur l'utilisation de trichlorure d'aluminium.

L' AlCl_3 présente un complexe jaunâtre avec les atomes d' O_2 situés sur le quatrième et le cinquième carbone des flavonoïdes (**figure III.6**) (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

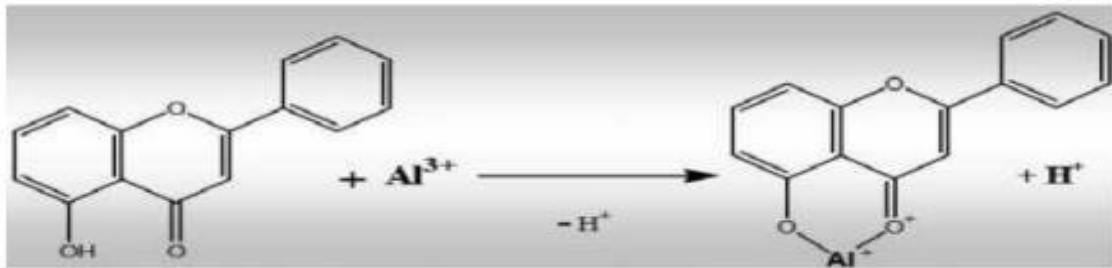


Figure III.6: Mécanisme de réaction d' AlCl_3 avec les flavonoïdes (Ribéreau, 1968).

Le protocole est résumé dans la **figure.III.7**

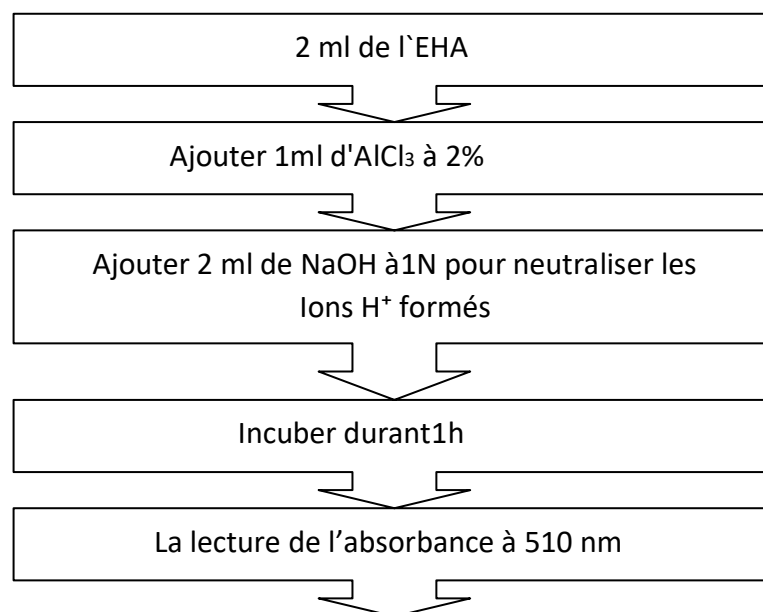


Figure III.7 : Etapes de dosage des flavonoïdes.

La quantité des flavonoïdes contenus dans notre extrait est déterminée en se basant sur une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétrine (1 mg/ml) (Annexe C).

III.7 Analyses physico chimiques d'huile de friture commercialisée

III.7.1 Acidité

L'acidité a été déterminée selon la méthode donnée au niveau de paragraphe III.5.1.

III.7.2 Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est la quantité d'oxygène actif, exprimée en milli équivalent, contenu dans un 1 gramme de matière grasse et qui oxyde l'iodure de potassium et libère de l'iode. Son évaluation indique le niveau d'oxydation d'huile (ISO 3960, 2007).

Mélanger 5g d'huile, 12ml de chloroforme, 18ml d'acide acétique et 1ml d'iodure de potassium. Après agitation pendant 1min et repos de 5min, on a ajouté 75ml d'eau distillée avec quelques gouttes d'amidon au mélange précédent. Après homogénéisation du mélange, un titrage a été effectué par une solution de thiosulfate de sodium (NaSO_3) (0,01N) jusqu'à ce qu'elle soit transparente. Parallèlement, un essai à blanc (sans huile) a été effectué.

Expression des résultats

Nous avons déterminé la valeur d'indice de peroxyde à partir de la formule suivante :

$$IP = N (V1 - V0) 1000/P$$

Avec

IP : Indice de peroxyde en mgO_2/Kg ;

N : Normalité de la solution de thiosulfate des sodium (0,01 N) ;

V1 : volume de la solution de thiosulfate des sodium utilisé pour le titrage (ml) ;

V0 : volume de la solution de thiosulfate des sodium utilisée pour l'essai à blanc (ml) ;

P : Poids de la prise d'essai (g);

III.7.3 Profil en acide gras

Le profil en acide gras a été déterminé par CPG (**Annexe D**). C'est une technique d'analyse qualitative et quantitative pour comprendre la composition d'un mélange homogène (**ISO 5508,1990**).

Dans un tube en verre, dissoudre 0,5g dans 5 ml d'hexane, puis additionner 0,5ml d'hydroxyde de potassium (KOH méthanolique), après agitation durant 30 secondes passer à la centrifuge à 300 Tr/min pendant 5 minutes.

Prélever 2 gouttes de surnageant (transparent) et déposer dans un Vial pour l'injecter dans l'appareil (Agilent Technologies 6890N).

Le profil en acide gras est figuré sous forme d'un chromatogramme, et un tableau détaillé des composants d'huile analysée est affiché numériquement par l'appareil

III.7.4 Test d'accélération d'oxydation « Rancimat »

La détermination d'indice de stabilité oxydatif (OSI) par Rancimat, est la méthode standard la plus utilisée pour évaluer la stabilité des corps gras dans des conditions d'oxydation accélérées (Arain *et al.*, 2009 ; Velasco *et al.*, 2009 ; Garcia-Moreno *et al.*, 2013 ; Pedro *et al.*, 2013). La spécification de temps d'induction du test Rancimat (TIR), exprimé en heures correspond au temps durant lequel les corps gras résistent au stress oxydatif.

Le principe du test consiste à vieillir prématurément les matières grasses par décomposition thermique à 98°C, sous un bullage intensif d'air (Rahmani, 2007).

Une prise de 3g d'échantillon (huile) est disposée dans un bloc de chauffage de « Rancimat 743 » (Annexe D), réglé à une température de 98°C et du débit d'air de 10 litre /heures. Les substances composés volatiles formées lors de la détérioration sont associées dans une cellule contiennent 60 ml d'eau distillée.

Expression des résultats

L'appareil permet un calcul automatique de la période d'induction, tout en utilisant le maximum de la seconde dérivée de la courbe. La stabilité de l'oxydation est exprimée en heures. Ces résultats sera ensuite comparé avec l'huile enrichie oxydé

III.8 Enrichissement d'huile de friture (soja) par l'extrait des feuilles d'oléastre (sauvage)

On a choisi la pomme de terre comme aliment de friture. Les concentrations de l'extrait utilisées sont 0%, 3% et 5%. Le choix de ses concentrations est obtenu à partir d'un test préliminaire dont le but de garantir les caractéristiques organoleptiques d'huile.

III.8.1 Suivre de l'oxydation des huiles par le coefficient d'extinction spécifique

Le coefficient d'extinctions spécifique est utilisé pour estimer l'effet antioxydant d'extrait des feuilles d'olivier sauvage ajouté à l'huile de friture.

L'oxydation de la matière grasse entraîne l'apparition d'hydro peroxyde linoléiques, tels que l'éthanol, le méthanol, ou l'isopropanol (diène conjugués qui absorbe à environ 232nm (**Wolff, 1968**)).

Si l'oxydation se poursuit, il forme des sous-produits d'oxydation principalement les cétones α et des cétones α insaturés qui absorbent à environ 270nm. Ainsi l'extinction à 232nm et 270nm d'un corps gras peut donc considérer comme un profil de leur état d'oxydation : l'extinction à 232nm est élevée, l'huile est peroxydée et si l'extinction à 270nm est forte, l'huile est riche en produits secondaires. Cette méthode est couramment réalisée avec l'hexane, cyclohexane ou avec des alcools (**Wolff, 1968**).

Dissoudre 1g d'huile dans 10ml d'hexane, puis on va diluer cette solution et lire l'absorbance à 232 et 270nm (**Wolff, 1968**).

$$E\% = A/C.I$$

Soit:

E : extinction spécifique à la longueur d'onde;

A : absorbance mesurée à la longueur d'onde;

C : concentration de la solution en grammes par 100ml;

L : Largeur de la cuve en cm

III.9 Les tests de confirmation des huiles oxydées d'après le coefficient d'extinction spécifique

L'évaluation du degré d'altération d'huile de friture préalablement enrichie et non enrichie par EFOO après le test de coefficient d'extinction spécifique, ont été confirmées par la détermination des paramètres suivants : acidité, indice de peroxyde, (CPG) et Rancimat.

Résultats et discussion

IV.1 Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction dépend de la polarité du solvant utilisé, qui détermine la quantité, et la qualité des composés phénoliques extraits (**Sineiro *et al.*, (2008)**). Le rendement d'extraction obtenu est de 21,61%, proche 25,28% à celui apporté par **Addab *et al.*, (2020)** et inférieur (38,74%) à celui obtenu par **Arab *et al.*, (2013)** et supérieur à ceux apportés par **Kahouli, (2010)** et **Madani, (2017)** qui sont de l'ordre de 5,7% et 19,08%, respectivement.

Cette différence peut être due à la variété des feuilles, au moment et au lieu de cueillette, les conditions climatiques, le solvant et la méthode d'extraction utilisée **Burhop, (1995)**.

IV.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'extrait phénolique

Les analyses physico-chimiques d'extrait des feuilles d'olivier sont regroupées dans le **Tableau IV.1**.

Tableau IV. 1 : Analyses physico-chimiques de l'extrait des feuilles d'oliviers.

Paramètres	EFOO	PFOO
Acidité (még de NaOH/100g MS)	2,53 ± 0,005	2,6 ± 0,01
Ph	5,58 ± 0,01	4,83 ± 0,05
Chlorophylle	34,02 ± 0,001	33,92 ± 0,001

EFOO : extrait des feuilles d'olivier

PFOO : poudre des feuilles d'oliviers

IV.2.1 Acidité et pH

L'extrait analysé présente une acidité de 2,5 et un pH légèrement acide de 5,58. Ces valeurs sont proches (2,6), (4,83) à celles trouvées dans la poudre respectivement. Les valeurs d'extrait et la poudre sont similaires à celle annoncées par **Iguergaziz, (2012)** qui est de l'ordre de 2,67 et 5,64 respectivement.

IV.2.2 Chlorophylle

L'extrait des feuilles d'olivier contient une quantité importante en chlorophylle de 34,02. Notre résultat est supérieur à celui trouvé par **Gouni, (2022)** (23)

IV.3 Etude de l'activité anti-oxydante d'extrait

IV.3.1 Pouvoir anti-radicalaire

Les feuilles d'olivier sont considérées comme un atout qu'il faut en profiter, car elles sont connues par leurs vertus bénéfiques pour la santé humaine. Elles sont riche en substances

phénoliques, pouvoir antioxydant, anticancéreux et antimicrobien qui les rendent très utiles pour la santé et l'industrie agro alimentaire (Aouidi, 2012). La capacité à réduire le DPPH a été estimée par la diminution de l'absorbance causée par les antioxydants présents dans l'extrait phénolique. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition des radicaux libres sur la base de la concentration de L'EFOO (figure IV.1)

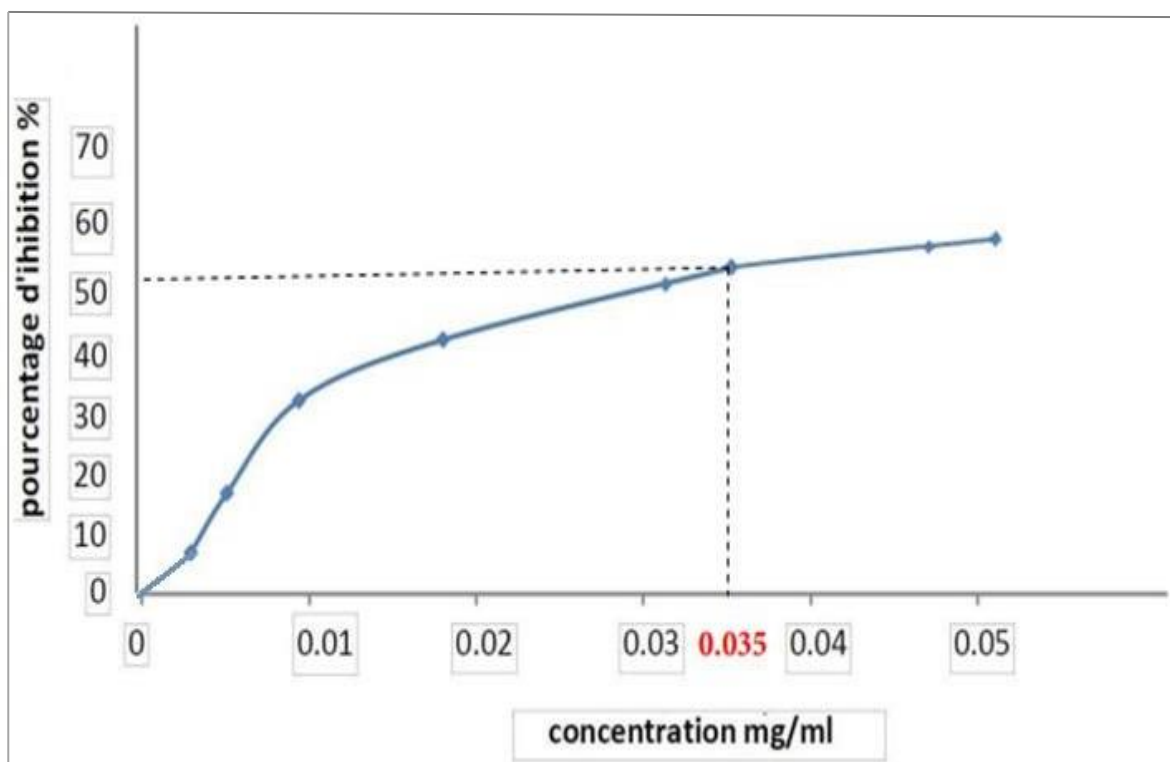


Figure. IV.1: Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations d'extrait de la PFOO.

L'extrait de la PFOO montre une activité plus élevée avec une faible concentration. Pour 0,01 mg/ml, l'extrait de la PFOO a atteint un pourcentage d'inhibition de (30%). Nous avons ensuite déterminé la IC₅₀ d'extrait à l'aide de l'équation de la régression linéaire et qui est représentée dans la **figure IV.1**.

Plus la valeur de IC₅₀ est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée (Addab *et al.*, 2020).

L'extrait présente une importante activité anti-radicalaire envers le radicale DPPH avec une IC₅₀ de 0,035 mg/ml. Ce résultat est inférieur à ceux obtenus par **Bouaziz et al.**,

(2008), Goldsmith, (2014), Moudache *et al.*, (2016) et Xie *et al.*, (2015) qui sont de l'ordre de 1,5 mg/ml, 0,92 mg/ml, 0,17 mg/ml, 0,33 mg/ml respectivement. On peut conclure que notre extrait présente une AAR importante.

III.3.2 Dosage de polyphénols et flavonoïdes

Les résultats d'activité anti-oxydante sont résumés dans le **tableau IV.2**.

Tableau IV.2. Résultats d'activité antioxydante.

Parameters	EFOO
Polyphénols (mg eq d'AG/100g Ms)	34,62 ± 0,001
Flavonoïdes (mg eq d'Qu/100g Ms)	15,72 ± 0,002

Le dosage des polyphénols d'extrait des feuilles d'olivier nous a permis de déterminer leur concentration en utilisant la courbe d'étalonnage d'acide gallique (**Annexe B**).

EFOO présente une teneur en PPT de 34,62 mg EQ d'AG/100 g de matières sèches. Ces résultats sont supérieurs aux résultats de **Boudhrioua *et al.*, (2009)** qui varie entre 1,4 à 2,4 mg EQ d'AG/100 g MS, et aussi supérieur (0,6 mg eq d'AG/ 100gm MS) à celle de **DE Leonardis *et al.*, (2008)**. En fait, la variabilité de la teneur en PPT est largement dépendante de plusieurs facteurs, des conditions climatiques et géographiques (**Mylonaki *et al.*, 2008**), de l'état physiologique et l'âge de la plante (**DE Leonardis *et al.*, 2008**).

Le dosage des flavonoïdes d'extrait obtenus nous a permis de déterminer leur concentration en utilisant la courbe d'étalonnage établie avec la Quercétine (**Annexe C**).

La teneur en flavonoïdes d'extrait des feuilles est exprimée en mg équivalents en quercétrine par 100 g de matière sèche. Au vu des résultats obtenus, notons que l'EFOO présente une teneur en flavonoïdes de 15,72 mg eq d'Qu/100g MS, Elle est supérieure de celles apportées par **Iguergaziz, (2012)** et **Lee *et al.*, (2009)** qui sont de l'ordre de 3,27 mg eq d'Qu/100g Ms et 4,05 mg eq d'Qu/100g Ms respectivement et aussi supérieur 6,45 mg eq d'Qu/100g à celle trouvée par **Debib *et al.*, (2017)**.

La différence entre les valeurs trouvées et celles apportées par la bibliographie peut être expliquée par la nature du matériel de départ et la méthode d'extraction adoptée et le solvant utilisé.

II.4 Analyses physico chimiques d'huile de friture commercialisé

Les caractéristiques physicochimiques de la matière première (huile commercialisée) sont illustrées dans le **Tableau IV.3**.

Tableau IV.3. Caractéristiques physicochimiques de l'huile commercialisée

Paramètres	Huile de Soja	Norme (codex Alimentaires)
Caractéristiques physicochimiques		
Acidité (%)	0,22 ± 0,001	0,3MAX
Indice de peroxyde meq g O ₂ /1kg d'huile)	3 ± 0,02	10MAX
Composition en acides gras (%)		
Acide palmitique (C16:0)	11,071	
Acide stéarique (C18:0)	3,637	
Acide oléique (C18:1)	27,016	
Acide linoléique (C18:2)	51,945	
Acide αlinoléique (C18:3)	5,856	

IV.4.1 Acidité

L'acidité est un facteur important pour évaluer la qualité d'huile. Elle est largement utilisée à la fois comme un critère classique de classification commerciale des huiles qui renseigne sur l'altération des huiles par hydrolyse. En effet, dans les huiles végétales, les acides gras naturels sont essentiellement présents sous forme de triglycérides (98-99%). L'hydrolyse de ces derniers libère des acides gras dont le dosage permet d'avoir une idée sur l'état d'avancement de la dégradation de l'huile (**Gharby *et al.*, 2014**).

La valeur d'acidité trouvée est de 0,22%, elle est en conformité avec la norme du codex Alimentaire dont la valeur maximale pour une huile végétale raffinée est de 0,3 et inférieure (0,32%) à celle trouvée par **Benchanchou, (2013)**, mais supérieure à celles apportées par **Gharby *et al.*, (2014)**, **Benchenchou, (2013)** et **Belarbi *et al.*, (2011)** qui sont de l'ordre de 0,11%, 0,28% et 2,42%, respectivement. Cette variation peut être due à la durée et les conditions de stockage des huiles.

IV.4.2 Indice de peroxyde

La commercialisation d'une l'huile végétale, et en relation avec sa durée de vie qui est essentielle pour déterminer un écart de temps séparant la production et la consommation. Pour protéger le consommateur, la législation exige plusieurs paramètres pouvant décrire l'état d'oxydation d'une huile. En effet, l'indice de peroxyde est l'un de ces paramètres. Cet indice augmente progressivement avec l'oxydation primaire d'huile jusqu'à ce que le taux de

dégradation des hydro-peroxydes formés dépasse la formation de nouveaux hydro-peroxydes (**Gharby et al., 2011**).

Nous constatons que l'indice de peroxyde obtenu pour l'huile de soja est faible ($3 \pm 0,02$ meq g O₂/kg d'huile), Cette valeur est conforme à la norme du codex alimentaire qui fixe pour une valeur maximale 10 meq O₂/kg d'huile et proche des travaux de **BaKouri et al., (2007)** et **Benchenchou, (2013)** qui sont de l'ordre de 2,7 meq g O₂/kg d'huile et 1,84 meq g O₂/kg d'huile, respectivement et inférieure à celles trouvées par **Gharby et al., (2011)**, **M'baye, (2012)** et **Chekroune , (2013)** qui sont de l'ordre de 5,5 meq g O₂/kg d'huile, 12,7 meq g O₂/kg d'huile et 9,61 meq g O₂/kg d'huile, respectivement et supérieure à celle trouvée par **Chekroune, (2013)**, (2,93 meq g O₂/kg d'huile), Cette différence peu être due à la composition des huiles en acide gras et la durée de stockage.

IV.4.3 Profil en acide gras

La composition chimique des acides gras d'une huile peut être une indication de sa stabilité, de ses propriétés physiques et de sa valeur nutritionnelle (**Harhar et al., 2010**). L'analyse CPG présentée dans le **Tableau IV.3** et montre la teneur en acides gras insaturés d'huile de soja étant très élevée (84,08%), avec la présence d'acide linoléique qui est très sensible à l'oxydation en quantité appréciable (51,94%). Par contre, un pourcentage faible d'acides gras saturés (14,70%), ce qui rend l'huile de soja très sensible à l'oxydation. Les acides gras majoritaires présents dans l'huile de soja avec leurs pourcentage sont : acide linoléique (C18:2 ω6) 51,94%, acide oléique (C18:1 ω9) 27,01%, acide palmitique (C16:0) 11,07%, acide α-linolénique (C18:3 ω3) 51,94% et l'acide stéarique (C18:0) 3,63%. D'après le **Tableau IV.3**, la composition en acides gras d'huile de soja est conforme à la norme du Codex Alimentaires (**Codex STAN 210-1999**).

IV.4.4 Test d'accélération d'oxydation

Le test de Rancimat est un paramètre important pour évaluer la qualité des huiles. Il donne une bonne estimation de leur sensibilité à la dégradation oxydative (**Cheikh-Pouhoun, 2007**). Ce test a été effectué à l'aide du Rancimat avec la spécification du temps d'induction exprimé en heures. Il correspond au temps pendant lequel l'huile végétale a résisté à un stress oxydatif (**Judde, 2004**).

Les résultats obtenus (**figure IV.2**) sont exprimés en temps d'induction (heures), déterminés grâce à une courbe de conductivité (**Annexe E**).



Figure IV.2: Temps d'induction d'huile de soja.

Les huiles soumises à un stress oxydatif présentent deux formes d'altération poussées une altération thermique par effet de la chaleur (98°C), et une altération oxydative provoquée par un flux d'air barboté dans l'huile induisant son oxydation. Ce test renseigne sur la résistance ou la sensibilité de l'huile analysée, plus cette huile possède un temps d'induction élevé, plus celle-ci est dite résistante.

L'huile de soja étudiée présente un temps d'induction de 11,00 h supérieure 5,5 h à celle apporté par **Gharby *et al.* (2014)**

A partir de ces résultats, nous avons constaté que l'huile de soja étudiée présente une stabilité oxydative importante.

IV.6 Enrichissement d'huile de friture par l'extrait des feuilles d'olivier oléastre

IV.6.1 Suivi de l'oxydation des huiles par le coefficient d'extinction spécifique

Les résultats de l'analyse de coefficient d'extinction spécifique UV sont représentés dans les figures suivantes : **IV.3, IV.4, IV.5**

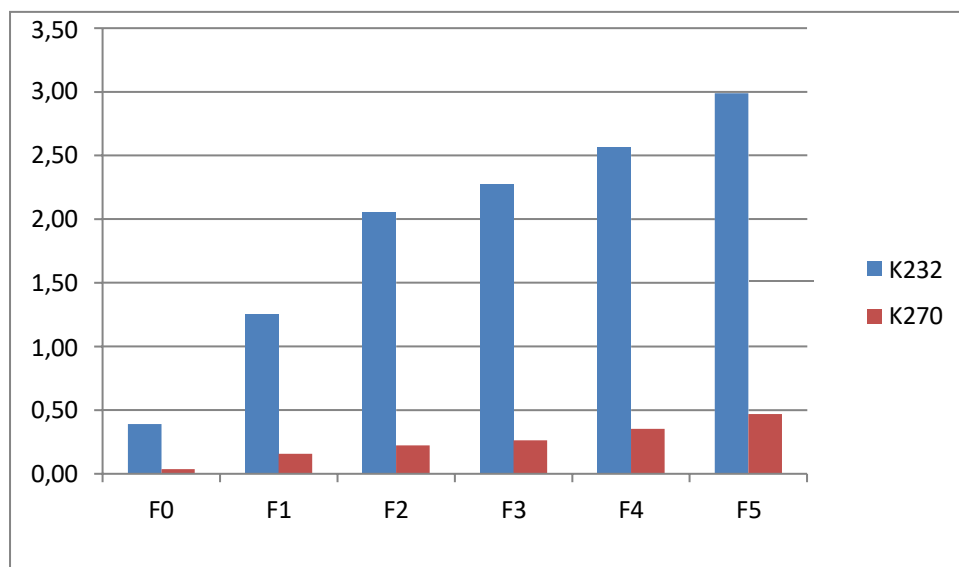


Figure IV.3 : Coefficients d'extinction spécifiques de l'huile non enrichie

D'après les résultats présentés dans la figure IV.3, l'huile végétale non enrichie (soja) après friture présente des valeurs autorisées de coefficients spécifiques k232 et k270 par la norme de Conseil Oléicole international (COI, 2015), dans la première et la deuxième friture, mais à partir de la troisième friture cette l'huile dépasse la limite établie par le COI (<2,5 pour K232 et <0,25 pour K270).

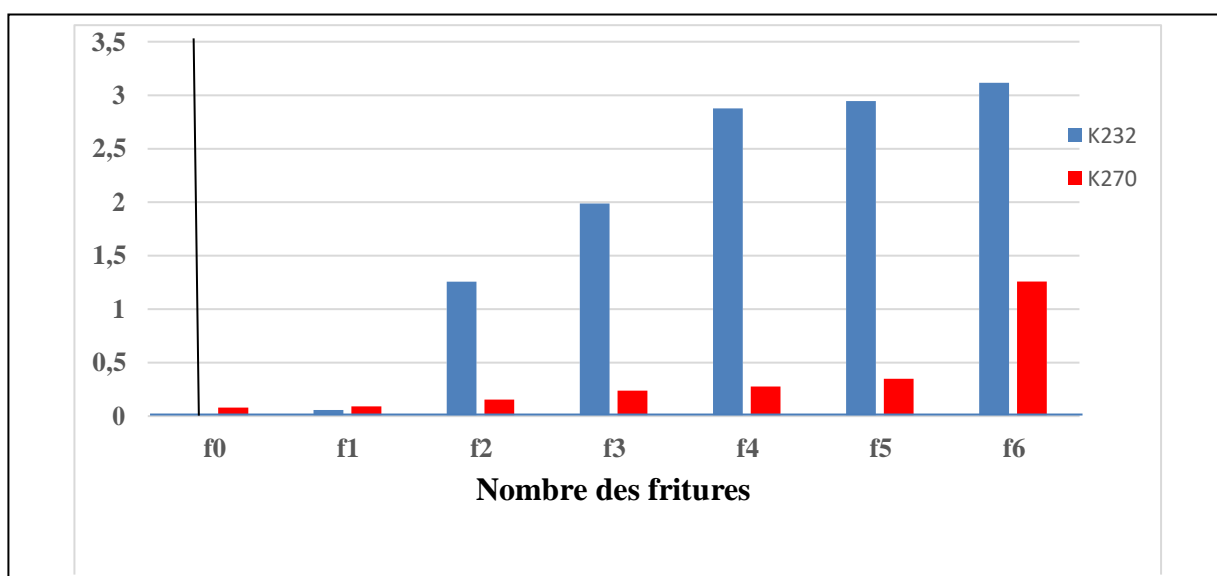


Figure IV.4: coefficients d'extinction spécifique de l'huile enrichie à 3% de l'EFOO.

Les résultats obtenus pour l'huile de soja enrichie par l'EFOO à 3% (**figure. IV.4**) ont atteint des valeurs de l'absorption à k270 (0,270) et à k232 (2,876) à partir de la quatrième friture due à la formation des produits secondaires d'oxydation et des hydro-péroxydes.

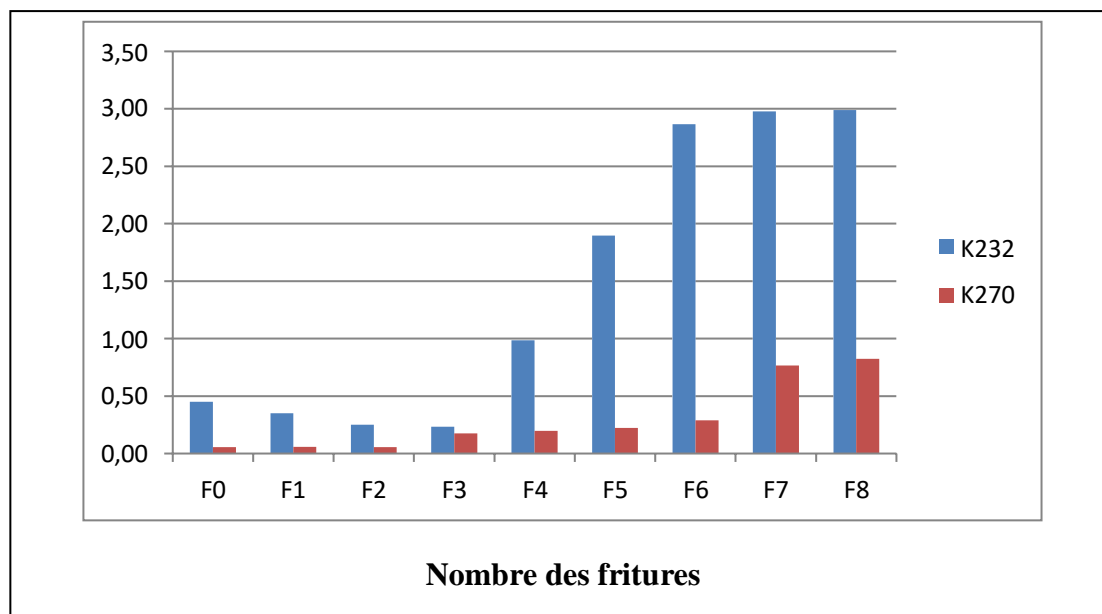


Figure IV.5: Coefficients d'extinction spécifiques de l'huile enrichie à 5% de l'EFOO.

D'après les résultats montrés dans la **figures IV.5** l'huile de soja enrichie à 5% d'EFOO présente une augmentation de K270 et K232 à partir la sixième friture. Cette augmentation dépasse la limite établie par le **COI. (2015)**. Cette évolution reflète la formation des produits secondaires de l'oxydation. En effet, l'huile enrichie à 5% d'extrait montre une résistance contre l'oxydation et possède une forte activité antioxydante donc l'extrait augmente la stabilité d'huile vis-à-vis de l'oxydation et diminue l'apparition des produits secondaires de l'oxydation par rapport à l'huile non enrichie et l'huile enrichie à 3%.

Nos résultats sont confirmés par la détermination de l'acidité, IP, CPG et Rancimat.

I.6.2 Acidité et Indice de peroxyde

Les résultats d'acidité et d'indice de peroxyde des huiles oxydées d'après les résultats de l'extinction spécifique sont représentés dans le **Tableau IV.4**.

Tableau IV.4: Résultat d'acidité et d'indice de peroxyde des huiles après friture.

Huile Paramètres	Nombre de friture	Acidité (%)	IP (meq g O ₂ /1kg d'huile)
H.non enrichie	5	0,57 ± 0,001	11,04 ± 0,01
H. enrichie par EFOO à 3%	6	0,55 ± 0,005	11,01 ± 0,09
H. enrichie par EFOO à 5%	8	0,45 ± 0,002	10,26 ± 0,05

Les résultats obtenus montrent des valeurs d'acidité pour l'huile non enrichie et enrichie à 3% et 5% de : 0,57%, 0,55% et 0,45% respectivement. Ces valeurs ne sont pas en conformité avec la norme du codex alimentaire (0,3max).

L'indice de peroxyde montre des valeurs pour l'huile non enrichie et enrichie à 3% et 5% de 11,04 meq O₂/1Kg d'huile, 11,01meq O₂/1 Kg d'huile et 10,26 meq O₂/1 Kg d'huile respectivement. Ces résultats dépassent la limite établie par le codex alimentaire (10max). Ces valeurs sont inférieurs à celles trouvées par **Benchenchou, (2013)** et **Gharby et al., (2014)** qui sont de l'ordre de 17,64 meq O₂/1 Kg d'huile et 19,2 meq O₂/1 Kg d'huile, respectivement.

L'évolution d'acidité et d'indice de peroxyde des huiles contenant des anti-oxydants suivre on adopte relativement un rythme moins accentué que celui du témoin.

IV.6.3. Profile en acides gras

La **figure IV.6** regroupe les résultats de la dégradation des acides gras avant et après friture.

Avant la friture, on remarque que les acides gars insaturés d'huile non enrichie est de 84,81%, inférieure (huile de tournesol : 88,6%) à celle trouvée par **Gharby et al., (2014)**.

La teneur des AGMI de notre huile (27,016) est supérieure (23,8%) à celle trouvée par **Gharby et al., (2014)**, Par contre la teneur des AGPI (58,57%) est inférieure (64,8%) à celle trouvée par **Gharby et al., (2014)**, L'huile enrichie à 3% possède une teneur en AGI de 84,59%. La teneur en AGMI de ce dernier est de 25,481% supérieure (huile de tournesol polyphénols extrait des margines : 24,8%), à celle trouvée par **Gharby et al., (2014)**. Cette différence peut être expliqués par la capacité des polyphénols issus des EFOO par rapport à celle des margines. La teneur en AGPI est de 59,116% inférieure (Huile de tournesol + polyphénols extraits desmargines : 64 ,8%) à celle trouvée par **Gharby et al., (2014)**, La teneur en acides gras d'huile enrichie à 5% est de 84,67% (AGMI : 25,40%, AGPI : 59,41%) supérieure (tournesol+ TBHQ : 24,2%) aux travaux de **Gharby et al., (2014)**.

De légers changements ont été détectés dans la composition en acides gras après oxydation. L'AGMI de type oléique C18 :1 de l'huile non enrichie est diminué après la friture allant de 27,016 à 26,190 %, La même constatation a été observée pour la même huile sur l'acide linoléique C18 :3. Ce dernier est passé de 5,856 % à 5,745%. De petits changements ont été observés dans l'huile enrichie à 3% d'EFOO. L'acide gras de type linoléique C18 :3, ce dernier est diminué à partir de la quatrième friture, allant de 5,940% à 5,918%, La même constatation a été observée pour l'acide gras de type linoléique C18:2 et oléique C18 :1.

De légers changements dans la composition en acide gras ont été détectés pour l'huile enrichie à 5% par l'EFOO, L'acide gras de type oléique C18 :1 a passé de 25,4067% à 25,113%, l'acide gras de type linoléique allant de 5,769% à 5,625%.

La présence d'AGMI en grande quantité dans les huiles alimentaires est plutôt souhaitable en vue de garantir une bonne santé (**Mensink et Katan, 1990**).

Lors de l'altération des huiles, la réaction d'élongation et de dé-saturation entraîne une diminution d'AGPI et conduit probablement à une augmentation du taux d'AGS et en même temps à la diminution du rapport $\sum \text{AGPI}/\text{AGS}$ (**Liuet White, 1992; Tanet Man, 1999**). Tous ces changements de la composition en AG dans les huiles ont lieu suite aux réactions chimiques qui se produisent au sein des huiles pendant le traitement thermique. Il s'agit donc des réactions de cyclisation, polymérisation, pyrolytique, d'hydrolyse et d'oxydation (**Xu et al., 1999**).

On peut conclure que n'a pas une grande influence sur la composition en acide gras de toutes les huiles étudiées par rapport à leur composition initiale. Cette modification est due à l'oxydation de cette huile et la formation des hydroperoxydes.

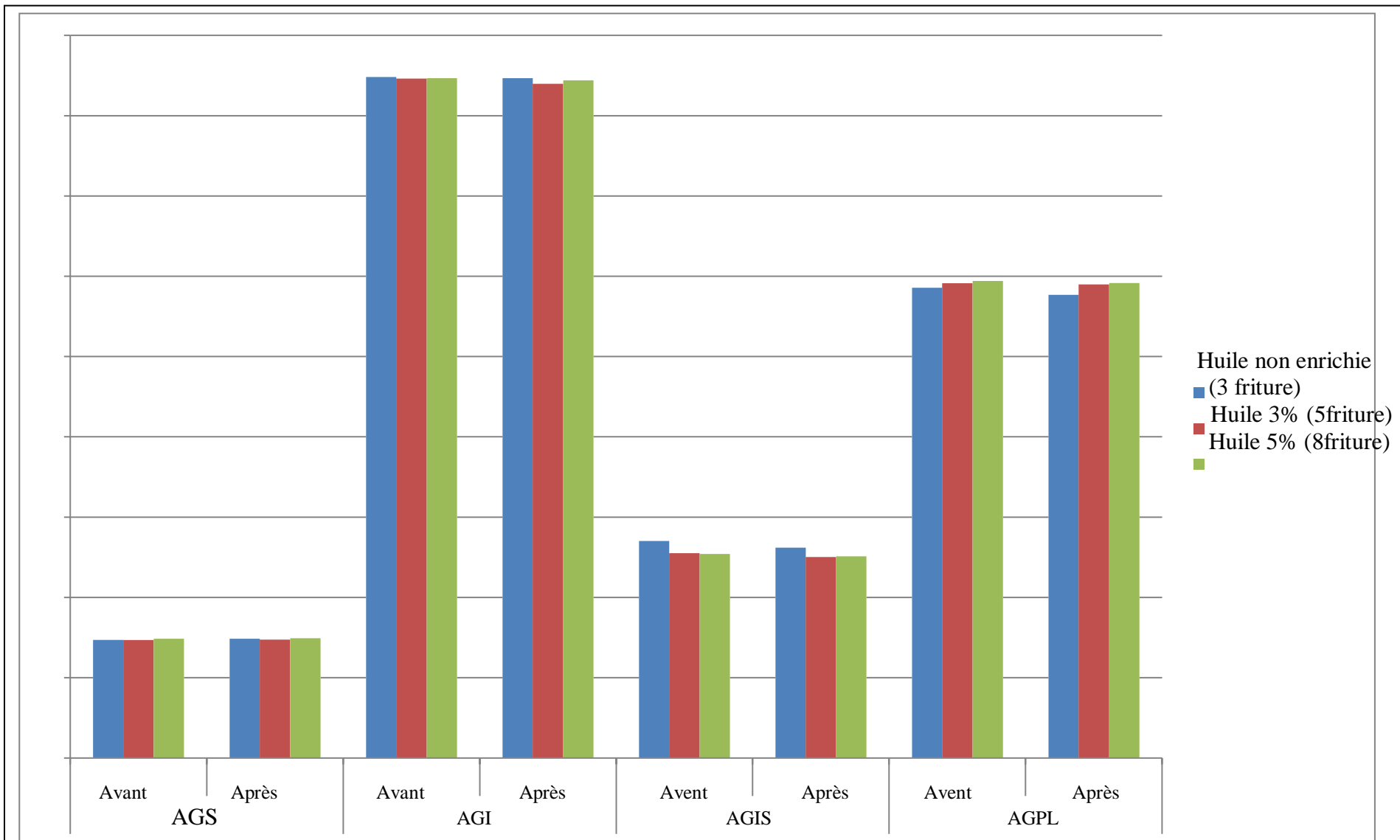


Figure IV.6: Évaluation de la teneur en Acide Gras des huiles enrichies et non enrichie par EFOO avant et après friture.

IV.6.4 Test d'accélération d'oxydation

D'après le test du coefficient d'extinction spécifique, la stabilité oxydative de toutes les huiles étudiées a été mesurée par Rancimat. Les résultats obtenus (exprimés en temps d'induction h) sont illustrés dans la **figure IV.7. (Annexe E)**.

Avant friture, le temps d'induction diffère d'un échantillon à l'autre dont la durée de vie la plus courte a été enregistrée pour l'huile non enrichie (11,00h). Cela signifie une moindre stabilité oxydative contrairement à l'huile enrichie par l'EFOO à 3% qui possède une durée de vie de (11,24h), par contre l'huile de soja enrichie à 5% présente la plus grande résistance oxydative à (13,06h). Ces résultats sont supérieurs (huile de tournesol + polyphénols issus des margines : 7,5 h) à ceux des travaux de **Gharby *et al.*, (2014)**

L'oxydation d'huile non enrichie signifie une moindre stabilité oxydative à (8,31h) contrairement à l'huile enrichie par l'EFOO à 3% qui possède une durée de vie de (10,86h). Par contre, l'huile de soja enrichie à 5% présente la plus grande résistance oxydative de (11,54 h). Ces résultats sont supérieurs (huile de tournesol+ TBHQ : 7 h) à ceux trouvés par **Gharby *et al.*, (2014)**. Cela veut dire que les antioxydants présents dans l'EFOO ont une influence plus importante que les antioxydants synthétiques sur la stabilité oxydative des huiles.

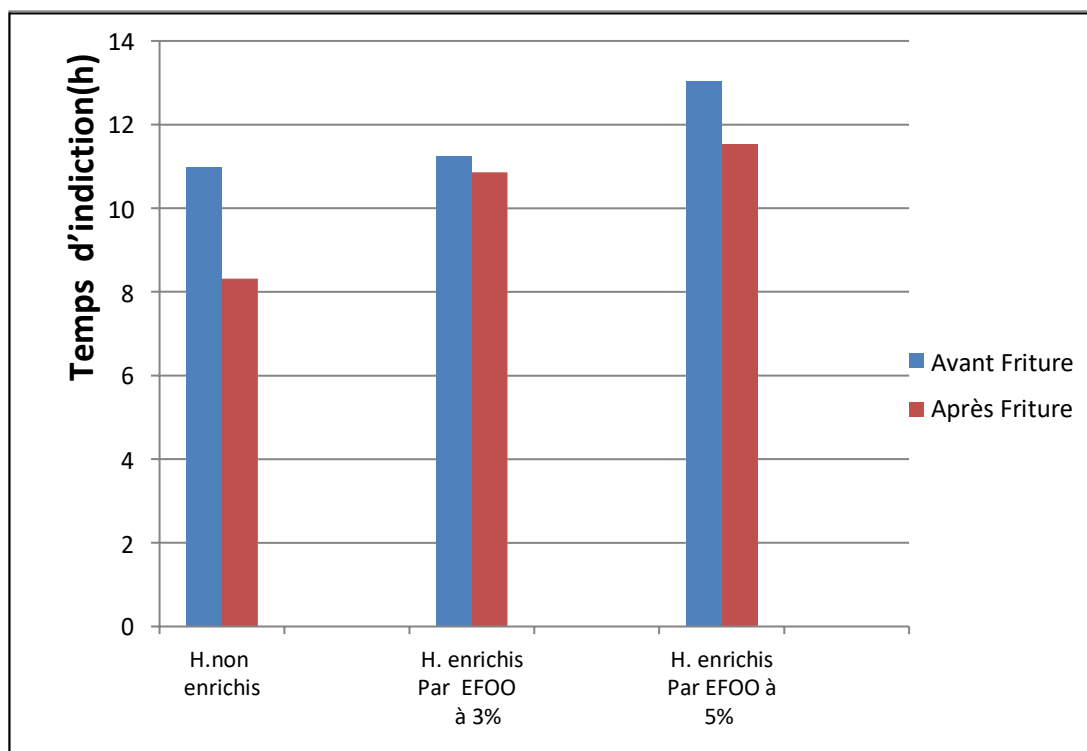


Figure IV.7: Le temps d'induction d'huile non enrichie et l'huile enrichie par EFOO avant et après oxydation.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer la stabilité oxydative de l'huile pendant la friture en utilisant des antioxydants naturels, obtenus à partir de feuilles d'olivier sauvage par un procédé d'extraction effectuées par macération. L'analyse indique qu'il possède un effet protecteur contre l'oxydation en raison de sa forte concentration en substances à effets bénéfiques (polyphénols : 34,62%, flavonoïdes : 15,72 %). Concernant les analyses physicochimiques de l'huile de soja non enrichie, les résultats sont conformes à la norme du codex alimentaire (Acidité : 0,223% ; IP : 3meq d'O₂/1Kgd'huile ; profil en acide gras : la présence des AG oléique et linoléique dans l'huile de soja en quantité importante, test d'accélération d'oxydation 11 heure). Puis test de coefficient d'extinction spécifique et utilisés pour suivre la stabilité oxydative des différents échantillons (l'huile de soja témoin et celle enrichi par 3% et 5% de l'EFOO).

L'étude de la stabilité d'huile de friture non enrichie a permis de révéler un point d'oxydation au niveau de la troisième friture. Par contre l'huile enrichie par l'EFOO avec une concentration de 3% résiste jusqu'à la quatrième friture, et celle avec une concentration de 5% devient peroxydée à partir de la sixième friture. Ce qui confirme que la meilleure stabilité oxydative de notre huile de friture est celle enrichie par l'EFOO à 5%, ce qui est due à sa richesse en antioxydants naturels. En raison de l'intérêt de l'ajout d'extrait des feuilles d'olivier dans une huile de friture. Il sera intéressant et judicieux de compléter ce travail par d'autres études:

- Tester l'effet antioxydant de ces extraits phénoliques sous différentes conditions : exposition à la lumière, un long stockage, et d'autres températures même à froid;
- Trouver une méthode d'extraction adéquate (à froid) sans solvant;
- Étudier l'effet d'un temps de friture plus long;
- Augmenter le pourcentage d'incorporation des extraits naturels

Références bibliographiques

-A-

- **Augustin, MA, & Berry, SK (1983).** Efficacité des antioxydants BHA et BHT dans l'oléine de palme lors du chauffage et de la friture. *Journal de l'American Oil Chemists' Society*, 60 (8), 1520-1523.
- **Almi, D. (2010).** Etude du pouvoir antioxydant des composés et extraits polyphénoliques issus des olives et sous produits de l'olivier (feuilles et margines) Variété chamlal sur l'oxydation thermique simulant la friture de deux huiles à large consommation : l'huile d'olive et l'huile de tournesol (Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri).
- **Altıok, E., Bayçın, D., Bayraktar, O., & Ülkü, S. (2008).** Isolement de polyphénols à partir d'extraits de feuilles d'olivier (*Olea europaea* L.) par adsorption sur fibroïne de soie. *Technologie de séparation et de purification*, 62 (2), 342-348.
- **Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, SE, Bektaşoğlu, B., ... & Özyurt, D. (2007).** Evaluation comparative de différents dosages de capacité antioxydante totale appliqués aux composés phénoliques avec le dosage CUPRAC. *Molécules*, 12 (7), 1496-1547.
- **Addab, N., Fetni, S., Hamlaoui, F., Zerguine, A., &Mahloul, K. (2020).** Evaluation comparative de l'activité anti-oxydante des extraits éthanoliques des feuilles d'*Olea europaea* L. de l'Est Algérien. *Journal de la Faculté de Médecine d'Oran*, 579-586.
- **Artz WE, (2005a). Osidacz PC, Coscione AR,** Acceleration of the thermooxidation of oil by heme iron. *JAm OilChemSoc* 82:579–84.
- **Artz WE, (2005b). Osidacz PC, Coscione AR.** Iron accumulation in oil during the deep fat frying of meat. *JAm OilChemSoc* 82:249–54.
- **Alais C. et Lindin G., (1987):** Corps gras. **In :** Abrégé de biochimie alimentaire. **Ed. :** MASSON ; Paris ; p 229 .ISBN : 2-22582853-9
- **AFNOR, NF, (1970).** Mesure de PH. Normes françaises relatives aux produits de l'agriculture et aux produits dérivées des fruits et des légumes. FV05-108.
- **AOCS Official method. (1997).** Chlorophyll pigments, Sampling and analysis of commercial fats and oil. Cc 13d-55.
- **Arain, M. B., Jamali, M. K., Jalbani, N., Afridi, H. I., Sarfraz, R. A., ... & Shah, A. Q. (2009).** Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicology and enviromentalsafety*, 72 (2),

301-309.

- **Arab, K., Bouchenak, O., &Yahiaoui, K. (2013).** Évaluation de l'activité biologique des feuilles de l'olivier sauvage et cultivé. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 9(3), 159-166.
- **Aouidi, F. (2012).** Antimicrobial Activity of Olive (*Olea europaea* L. Cv. Cobrançosa) Leaves. *Molécules*, Étude de la valorisation des feuilles d'Olivier *Olea europaea* dans L'industrie Agro-Alimentaire. Thèse e doctorat, Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie (Tunisie) ; vol (12) ; pp. 1135-1162.
- **Alimentarius, C. (1999).** Codex standard for named vegetable oils.Codex stan, 210, 1-13.

-B-

- **Bouaziz M., Fki I., Jemai, H., Ayadi M. et Sayadi S .2008.** Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Food Chemistry*, 108(1), 253-262.
- **Bisignano, G., Tomaino, A., Cascio, RL, Crisafi, G., Uccella, N., &Saija, A. (1999).** Sur l'activité antimicrobienne in vitro de l'oleuropéine et de l'hydroxytyrosol. *Journal de pharmacie et de pharmacologie*, 51 (8), 971-974.
- **Bouaziz, M., & Sayadi, S. (2005).** Isolement et évaluation des antioxydants des feuilles d'un cultivar d'olivier tunisien. *Journal européen de la science et de la technologie des lipides*, 107 (7-8), 497-504.
- **Bouchon P. (2009).** Understanding Oil Absorption during Deep Fat Frying. *Advances in Food and Nutrition Research*, 37(5): 209-234.
- **Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., Vasseur, J., Cazin, M., Cazin, J. C., Pinkas, M. (1996).** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations *ArzneimittleForshing*, vol. 46, pp.1086-1089.
- **Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. (1995).**Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft Technologie* . 28: 25-3.
- **Burhop, E. H. S. (1955).** Le rendement de fluorescence. *Journal de Physique et le Radium*, 16(7), 625-629.
- **Boudhrioua, N., Bahloul,N., BenSlimen,I., Kechaou,N. (2009).** Comparison on the

total phenol contents and the color of fresh and infrared dried olive leaves. *Industrial crops and products*, vol. 29, pp. 412–419.

- **Benrachou, N. (2012).** Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est algérien (Doctoral dissertation, Annaba).
- **Bohuon P., Broyart B., Trystram G. (2006).** Mise en oeuvre des matières agroalimentaires, chapitre 4 : Création et transformation de solides alimentaires, Eds. Lavoisier, Paris, 240 p.
- **Benachenhou C. M., 2013.** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales : Elio Cévitel Mémoire de Master en Chimie Option : Chimie Physique et Analytique Académique, Faculté des Sciences Département de Chimie, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.
- **Brahmi, F., Mechri, B., Dabbou, S., Dhibi, M. et Hammami, M. (2012).** L'efficacité des composés phénoliques de polarités différentes comme antioxydants des feuilles d'olivier en fonction des variations saisonnières. *Cultures et produits industriels*, 38, 146-152.

-C-

- **Cuvelier, M. E., & Maillard, M. N. (2012).** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. *OCL Oilseeds and fats crops and lipids*, 19(2), 125-132.
- **Conseil Oléicole International, COI. (2020).** Statistique de production d'olive et d'huiles d'olive Méditerranéen. COI (Conseil Oléicole International)
- **Chiou, A., Kalogeropoulos, N., Salta, FN, Efstathiou, P., & Andrikopoulos, NK (2009).** Poêlée de frites dans trois huiles alimentaires différentes enrichies en extrait de feuille d'olivier : Stabilité oxydative et devenir des microconstituants. *LWT-Food Science and Technology* , 42 (6), 1090-1097.
- **Chekroune, (2013).** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales: Huile Afia Mémoire du master en Chimie Option : Chimie Physique et Analytique Académique Faculté des Sciences Département de Chimie, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.
- **C. (2001).** Norme Codex pour les huiles végétales nommées, CODEX STAN 210-1999. *Codex Alimentarius* , 8 , 11-25.

- **Cheikh-Pouhou S., Besbes., Hentati B., Blecker C., Deroanne C. et Attia H., (2007).** Nigellasativa L: chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. Food chemistry, vol. 101, p.p. 673-681
- **COI. (2015) ;** la norme de Conseil Oléicole International
- **Cronquist, A. (1981).** *Un système intégré de classification des plantes à fleurs.* Presse universitaire de Columbia.
- **Cook N.C., Samman S., (1997);** Flavonoids - Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. J NutrBiochem, 7, 66-76

-D-

- **De la Puerta, R., Domínguez, M EM, Ruíz-Gutiérrez, V., Flavill, JA, &Hoult, JRS (2001).** Effets des composés phénoliques de l'huile d'olive vierge sur le piégeage des espèces azotées réactives et sur la neurotransmission nitrergique. *Sciences de la vie*, 69 (10), 1213-1222.
- **Delagoutte, C. (2007).** Huiles de friture et dangers. *La Cuisine Collective*, n^o, 205.
- **DE Leonardis A., Aretini A., A Ifano G., Macciola V. &Ranalli G. (2008).** Isolation of a hydroxytyrosol-rich extract from olive leaves (*Olea Europaea L.*) and evaluation of its antioxidant properties and bioactivity. *European Food Research and Technology*, 266, 653-659.
- **Debib, A., &Boukhatem, M. N. (2017).** Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of “Chemlali” olive leaf (*Olea europaea L.*) extracts. *International Journal of Pharmacology, Phytochemistryand Ethnomedicine*, 6, 38-46.

-E-

- **Elisabeth Vierling.** Aliments et boissons, Filières et produits, Science des aliments, Série dirigée par Guy Leyral, 3eme édition, p 207-208-210.

-F-

- **Fedeli E. (1988).** The behavior of olive oil during cooking and frying. In: Varela G, Bender AE, Morton ID, editors. *Frying of food: principles, changes, new approaches.* New York: VCH Publishers. p 52–81.

Références bibliographiques

- **Fredot, E. (2005).** Connaissance des aliments. 1^{ère} édition. *Lavoisier. Paris, 397p.*
- **Fredot, E. (2012).** *Connaissance des aliments: bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique.* Éditions Tec & doc.

-G-

- **Grandgirad A. (1992).** Transformation des lipides au cours des traitements thermiques : Effets nutritionnelles et toxicologiques. INRA. Pp: 49-64.
- **Graille, J. (2003).** *Lipides et corps gras alimentaires.* Lavoisier Tec et Doc.
- **Ghedira K., (2008) ;** L'olivier. *Phytothérapie.* 6, 83-89
- **Garcia-Moreno, C., Pallitto, C., Devries, K., Stockl, H., Watts, C., & Abrahams, N. (2013).** Global and regional estimates of violence against women: prevalence and health effects of intimate partner violence and non-partner sexual violence. World Health Organisation.
- **Gouni Moustafa, K. M. (2022).** Effet de la réflectance foliaire sur la croissance Végétative De l'olivier (*Olea europaea L*) (Doctoral dissertation).
Activitiesentioxydedee:
- **Goldsmith Chloe D, Quan V. Vuong, Costaas Stathopoulos,Paul D.Roach And Christopher J.Scarlett.(2014).** Optimisation of the aqueous extraction of phenolic compounds from olive leaves
- **Garcia-Verdugo ,C. , Forrest ,A.,Balaguer, L., Fay, C.,Vargas ,P.,(2010) ;** Parallel evolution of insular *Olea europaea* subspecies based on geographical structuring of plastid ADN variation and phenotypic similarity in leaf traits.*Bot.J.Linn.Soc.,162 :54-63.*
- **Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Roudani, Z., Chafchaoui, I., Kartah, B., &Charrouf, Z. (2014).** Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect D of polyphenols extracts frommargins on the stability of sun flower oil). *J. Mater. Environ. Sci,* 5(2), 464-469.
- **Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Haddad, A., Matthäus, B., &Charrouf, Z. (2011).** Oxidative stability of edible argan oil: A two-year study. *LWT-Food Science and Technology,* 44(1), 1-8.

-H-

- **Houhoula DP, Oreopoulou V, Tzia C. (2003).** The effect of process time and temperature on the accumulation of polar compounds in cottonseed oil during deep fat frying. *J Sci Food Agric* 83:314–9.
- **Hayes, J. E., Allen, P., Brunton, N., O’grady, M. N., & Kerry, J. P. (2011).** Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (*Olea europaea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid. *Food Chemistry*, 126(3), 948-955.
- **Harhar, H., Gharby, S., Kartah, B. E., El Monfalouti, H., Charrouf, Z., & Guillaume, D.(2010).** Long argan fruit drying time is detrimental for argan oil quality. *Natural Product Communications*, 5(11), 1934578X1000501122.
- **Huang, C.L. Sumpio, B.E.,(2008).** Olive oil, the Mediterranean diet, and cardiovascular health. *J. Am. Coll. Surg.* 207, 407-416
- **Harhar, H., Gharby, S., Guillaume, D., & Charrouf, Z. (2010).** Effect of argan kernel storage conditions on argan oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(8), 915-920.
- **Hannachi, H., Breton, C., Msallem, M., El Hadj, SB, El Gazzah, M., &Bervillé, A. (2008).** Différences entre les cultivars d'oliviers indigènes et introduits révélées par la morphologie des drupes, la composition de l'huile et les polymorphismes SSR : une étude de cas en Tunisie. *ScientiaHorticulturae*, 116 (3), 280-290.

-I-

- **Iguergaziz N. (2012).** Essai d'élaboration d'un alicament sous forme de comprimés de dattes entières et/ou dé-sucrées additionnés d'extrait aqueux des feuilles d'olivier algérien. En vue de l'obtention du diplôme de magister Filière Génie Alimentaire 2012. universite m'hamed bougara-boumerdes
- **ISO. (1996).** Méthode standard ISO 660 : 1996, Graisses et huiles animales et végétales - Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité.
- **ISO. (2007).** graisses et huiles végétales-Détermination de l'indice de peroxyde. **ISO 3960 : 2007.**
- **ISO, E. 5508. (1990).** Graisses et huiles animales et végétales -- Analyse par chromatographie en phase gazeuse des esters méthyliques d'acides gras. Organisation internationale de normalisation. Genève, Suisse.

-K-

- **Kalogianni, EP, Karastogiannidou, C., & Karapantsios, TD (2009).** Effet de la présence et de l'absence de pommes de terre dans des conditions de friture répétées sur la composition de l'huile de palme. *Journal de l'American Oil Chemists' Society* , 86 , 561-571.
- **Khan, Y., Panchal, S., Vyas, N., Butani, A. et Kumar, V. (2007).** *Olea europaea* : une revue phyto-pharmacologique. *Revue de pharmacognosie* , 1 (1), 114-118.
- **Kahouli, I. (2010).** Effet antioxydant d'extraits de plantes (*Laurus nobilis* L., *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Oléa europea* L.) dans l'huile de canola chauffée (Doctoral dissertation, Université Laval).

-L-

- **Leskova E., Kubikova J., Kovacikova E., Kosicka M., Porubská J., Holcikova K. (2006).** Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 252 - 276.
- **Lakache z., Tigrine C., Aliboudhar H., Kameli. (2019).** Composition chimique, activités anti- inflammatoire, antalgique et cytotoxique in vitro de l'extrait méthanolique des feuilles d'*Olea europaea*, phytothérapie. 2019-0196.
- **Laribi R. (2015).** Les composés phénoliques de quelques variétés de l'huile d'olive algérienne: identification et propriétés [thèse]. Sétif : Université de Sétif ; p.40.
- **Linden G. and Lorient D. (1994).** *Biochimie agro-* .Ed Masson, pp 98-100.
- **Lee OH., Lee B., Lee G ., Lee H.B., Parck C.S. (2009).** Assessment of phenolic enriched extract and fraction of olive leaves and their antioxidants activities. *Bioresource technology* 100 :6107 -6113.
- **Liu, H. R., & White, P. J. (1992).** Oxidative stability of soybean oils with altered fatty acid compositions. *Journal of the American OilChemists Society*, 69, 528-532.

-M-

- **Mbah C.J., Orabueze I. et Okorie N. H . (2019).** Antioxidants properties of natural and synthetic chemical compounds: Therapeutic effects on biological system. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 3(6), 28-42.
- **Mylonaki, S., Kiassos, E., Makris, DP et Kefalas, P. (2008).** Optimisation de l'extraction des composés phénoliques des feuilles d'olivier (*Olea europaea*) à l'aide de systèmes de solvants à base d'eau/éthanol et d'une méthodologie de surface de réponse. *Chimie analytique et bioanalytique*, 392, 977-985.
- **Mahmoudi, S., Khali, M. et Mahmoudi, N. (2013).** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technologie*, (9), 35.
- **Madani Yousf M. (2017).** Dosage des polyphénols et recherche d'activité anti-radicalaire de feuilles d'olives [thèse]. Tlemcen: Université de Tlemcen; p.28.
- **Moudache M , Nerín C , Colón M , Zaidi F. (2017).** Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy. *Food Chem* 229 :98–103N
- **Mensink, R. P., & Katan, M. B. (1990).** Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *New England Journal of Medicine*, 323(7), 439-445.
- **M'baye, BK, Alouemine, SO, Lô, BB, & Bassene, E. (2012).** Etude de l'effet de la température sur les huiles alimentaires en Mauritanie : Dosage des indices de peroxyde. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 19 , 26-33.

-N-

- **Niki, E. (2010).** Évaluation de la capacité antioxydante in vitro et in vivo. *Biologie des radicaux libres et médecine* , 49 (4), 503-515.

-O-

- **Olivier D. and Martinez V.M. (2005).** Conseils pratiques pour les fritures, spécification thermique n° E4-05 relative aux huiles végétales. 21-24.

-P-

- **Pietta, PG (2000).** Les flavonoïdes comme antioxydants. *Journal des produits naturels*, 63 (7), 1035-1042.
- **Pokorny J. (1999).** Changes of nutrients at frying temperatures. In: *Frying of Food. Oxidation, Nutrient and Non-Nutrient Antioxydants, Biologically Active Compounds and High Temperatures*, Eds. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, pp 69-96.
- **Perrinjaquet-Mocchetti T, Busjahn A, Schmidlin C, Schmidt A, Bradl B and Aydogan C., (2008).** Food supplementation with an olive (*Olea europaea* L.) leaf extract reduces blood pressure in borderline hypertensive monozygotic twins. *Phytotherapy Research*, 22, 1239-1242.
- **Prakash,J., Gupta, S. K., Kochupillai, V., Singh, N., Gupta, Y. K., & Joshi, S. (2001).** Chemopreventive activity of *Withania somnifera* in experimentally induced fibrosarcomat umours in Swiss albino mice. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 15(3), 240-244.
- **Pedro, H. T., Inman, R. H., & Coimbra, C. F. (2013).** Solar forecasting methods for renewable energy integration. *Progress in energy and combustion science*, 39(6), 535-576.
- **Perrinjaquet-Mocchetti T, Busjahn A, Schmidlin C, Schmidt A, Bradl B and Aydogan C.,(2008).** Food aupplementation with an olive (*Olea europaea* L) leaf extract reduces blood pressure in borderline hypertensive monozygotic twins. *PhytotherapyResearch*, 22, 1239-1242.
- **Polzonetti V., Egidi D., Vita A. (2004).** Involvement of oleuropein in digestive metabolic pathways. *Food Chemistry*. 88, 1-15

-R-

- **Ryan, D., Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K., et Lavee, S. (2002).** Biotranformation of phenolic compounds in *Olea europaea* L. *SciHortic* 92: 147-76.
- **Ribéreau Gayon P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod. Paris. pp : 173-201.

Références bibliographiques

- **Rossell J.B. (2001).** Frying, improving quality. Boca Raton, FL: CRC Press, p 369.
- **Rahmani, M., Davis, EM, Crabtree, TR, Habibi, JR, Nguyen, TK, Dent, P. et Grant, S. (2007).** L'inhibiteur de kinase sorafenib induit la mort cellulaire par un processus impliquant l'induction d'un stress du réticulum endoplasmique. *Biologie moléculaire et cellulaire*, 27 (15), 5499-5513.

-S-

- **Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, AR, Simonič, M. et Knez, Ž. (2005).** Phénols, proanthocyanidines, flavones et flavonols dans certaines matières végétales et leurs activités antioxydantes. *Chimie alimentaire*, 89 (2), 191-198
- **Saguy, IS, & Dana, D. (2003).** Approche intégrée de la friture : ingénierie, nutrition, santé et consommateurs. *Journal of food engineering*, 56 (2-3), 143-152.
- **Saguy, IS (1995).** Absorption d'huile pendant la friture : facteurs et mécanisme. *Technologie*, 49 142-145.
- **Simon, V., Simon, Y., Scacchi, G., & Baronnet, F. (1997).** Étude expérimentale et modélisation des réactions d'oxydation du n-pentane et du cyclopentane. *Canadian Journal of Chemistry*, 75(5), 575-584.
- **Savournin, C., Baghdikian, B., Elias, Riad., Dargouth-Kesraoui, F., Boukef, K., et Balansard, G., (2001).** Rapid High-Performance Liquid Chromatography Analysis for the Quantitative Determination of Oleuropein in *Olea europaea* Leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 49,618-621.
- **San Miguel-Chávez, R. (2017).** Phenolic Antioxidant Capacity: A Review of the State of the Art. *Phenolic Compounds – Biological* , 59-74 .
- **Sineiro J., Franco D., Rubilar M., Sanchez M., Jerez M., Pinelo M., Costoya N.&Nunez M.J. (2008).** Polyphenols from plant materials: extraction and antioxidant power. *Electronic Journal of environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 7(8), 3210-3216.
- **Savarese, M., De Marco, E., & Sacchi, R. (2007).** Caractérisation d'extraits phénoliques d'olives (*Olea europaea* cv. Pisciotana) par spectrométrie de masse à ionisation électrospray. *Chimie alimentaire* , 105 (2), 761-770.

-T-

- **Tan, CP, & Man, YC (1999).** Analyse calorimétrique à balayage différentiel pour le suivi de l'oxydation des huiles chauffées. *Chimie alimentaire* , 67 (2), 177-184.
- **Terral, JF, & Arnold-Simard, G. (1996).** Début de la culture de l'olivier dans l'est de l'Espagne en relation avec les changements bioclimatiques de l'Holocène. *Recherche sur le Quaternaire* , 46 (2), 176-185.

-U-

- **Ufheil G., Escher F. (1996).** Dynamics of Oil Uptake during Deep-fat Frying of Potato Slices. *LebensmittelWissenschaftund Technologie*, 29: 640-644.

-V-

- **Varela G., Bender A.E., Morton I.D. (1988).** Frying of principales, changes, new approches. New York: VCH.(Morton, I. D., ed.).Ellis Horwood. Chichester, p 202.
- **Vitrac, X., Desmouliere, A., Brouillaud, B., Krisa, S., Deffieux, G., Barthe, N., &Mérrillon, J.M, (2003).** Distribution of (14C)-trans-resveratrol, a cancer chemopreventive polyphenol, in mouse tissues after oral administration. *Life sciences*, 72(20), 2219-2233.
- **Velasco-Quesada, G., Guinjoan-Gispert, F., Piqué-Lopez, R., Roman-Lumbreras, M., &Conesa-Roca, A. (2009).** Electrical PV array reconfiguration strategy for energy extraction improvement in grid-connected systems. *IEEE transactions on industrialelectronics*, 56(11), 4319-4331.

-W-

- **Williamson, G., and Manach, C., (2005).** Bioavailabiity and biofficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, 81, 24S-255S.
- **Wolff, (1968).** Manuel d'analyse des corps gras. Ed.Azoulay, Paris.

-X-

- **Xie P L , Huang C , Zhang , Zhang Y (2015).** Phenolic compositions, and antioxidant performance of olive leaf and fruit (*Olea europaea*L.)
- **Xu, X. Q., Tran, V. H., Palmer, M., White, K., & Salisbury, P. (1999).** Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep-frying oils. *Journal of the American Oil Chemists'Society*,76(9), 1091-1099.

-Z-

- **Ziaifar AM. (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,

Annexes

Annexe D

I. Historique

CEVITAL est un groupe familial de plusieurs sociétés, créée en 1998 par monsieur Issad Rebrab, c'est le premier acteur économique privé en Algérie, avec une activité multisectorielle.

Cette entreprise située dans la wilaya de Bejaia et s'étant sur une superficie de 45000 m² implantée à proximité du port de Bejaia, c'est une place stratégique qui facilite à l'entreprise de distribuer leur produits dans chaque wilaya du pays ainsi que la réception de la matière première qui rentre dans la fabrication des produits.

Ce complexe a acquis sa place et sa renommée aujourd'hui en se forgeant à travers des escales importantes et en s'impliquant fièrement dans le développement et la richesse du pays par la création de l'emploi et le développement du savoir-faire Algérien.

II. Activités de CEVITAL

Le pôle agro-alimentaire et distribution, regroupe les activités suivantes : Raffinage et conditionnement d'huile ;

_ Affinage du sucre blanc ;

—Production de margarine ;

—Production et conditionnement de boisson rafraichissante ;

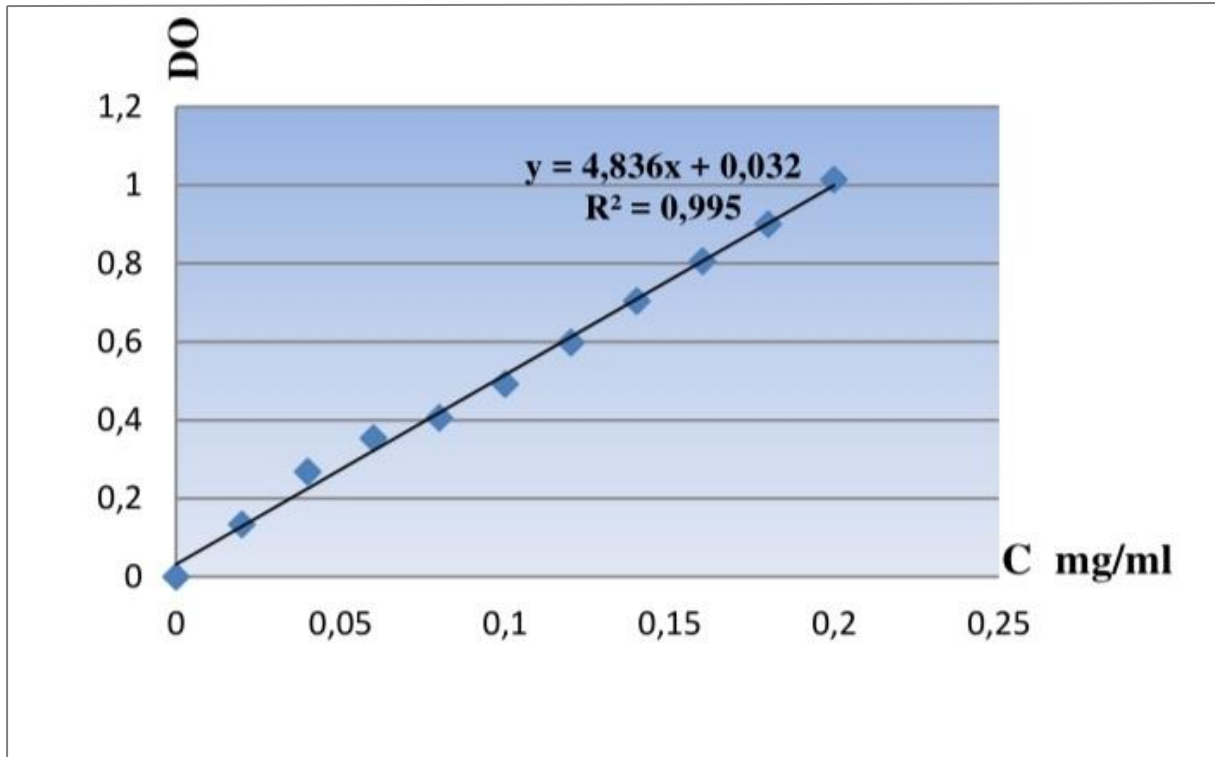
—Production des sauces ;

—Conditionnement d'eau minérale ;

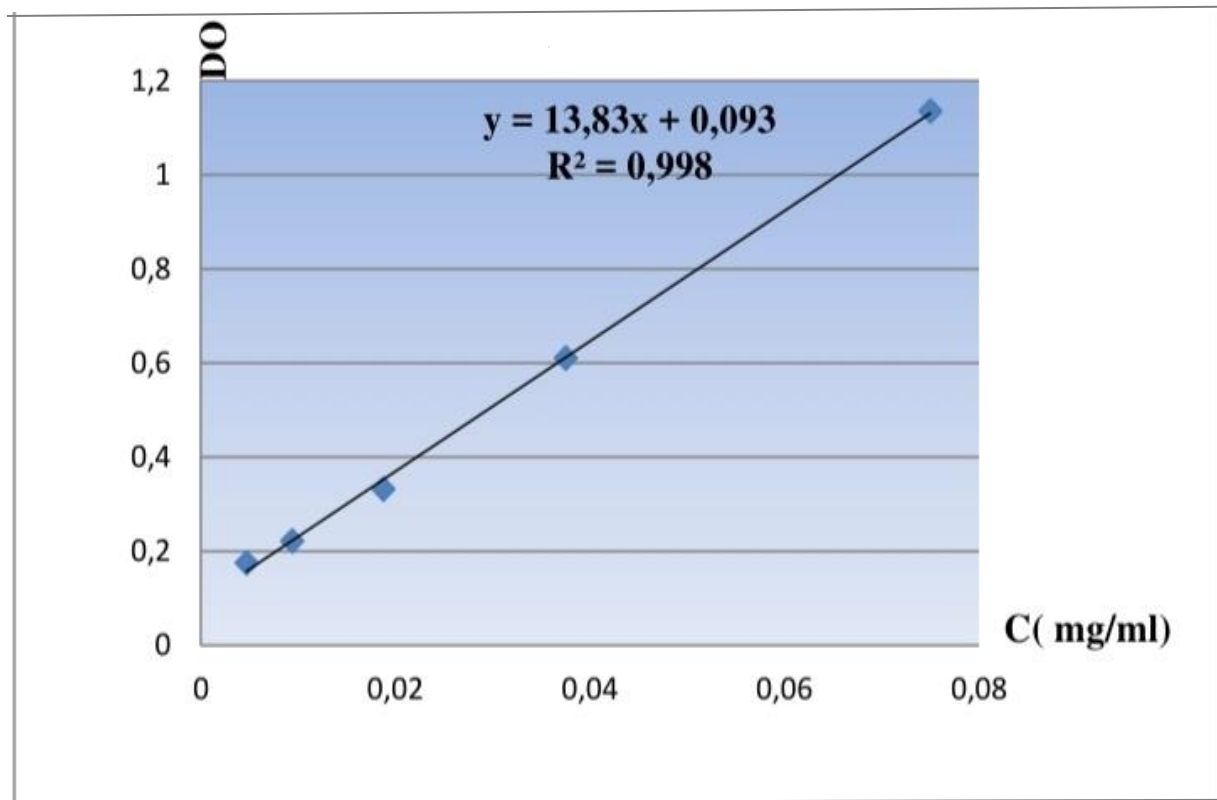
—Fabrication d'emballage (PET) ;

—Stockage des céréales ;

Annexe B



Annexe C



Annexe D



Chromatographie en phase gazeuse (Agilent Technologies 6890 Netw)

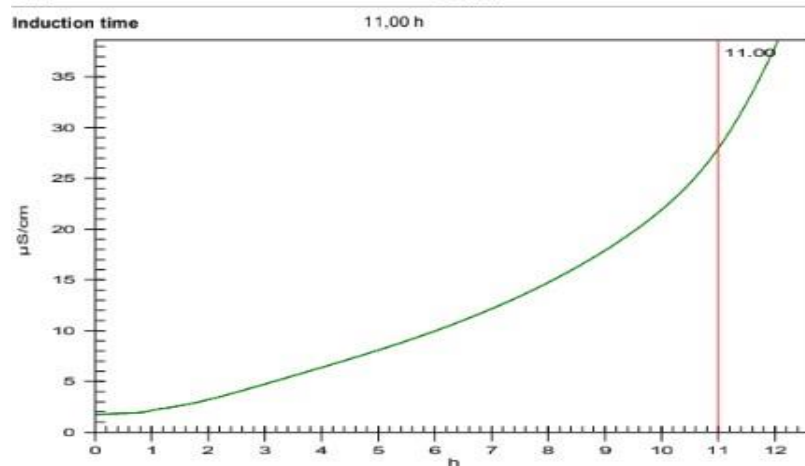
Annexe E



L'appareil Rancimat (The 743 Rancimat in brief).

Unit	1	Serial number	34132	Printing date	30.05.2023 10:32:34
Block	A	Cell constant	1	Determination date	24.04.2022 14:33:18
Channel	1	User	Administrator		

ID 1	ID 2
Ech1	Témoïn



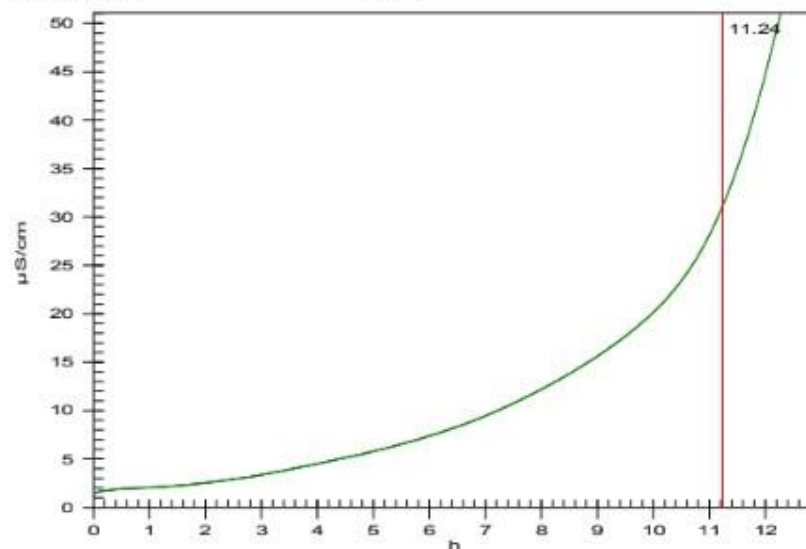
Test d'accélération de l'huile non enrichie avant friture

Unit	1	Serial number	34132	Printing date	30.05.2023 08:38:34
Block	A	Cell constant	1	Determination date	29.05.2023 10:49:19
Channel	2	User	Administrator		

ID 1
ECH 2

ID 2
SOJA témoin 3%

Induction time 11,24 h



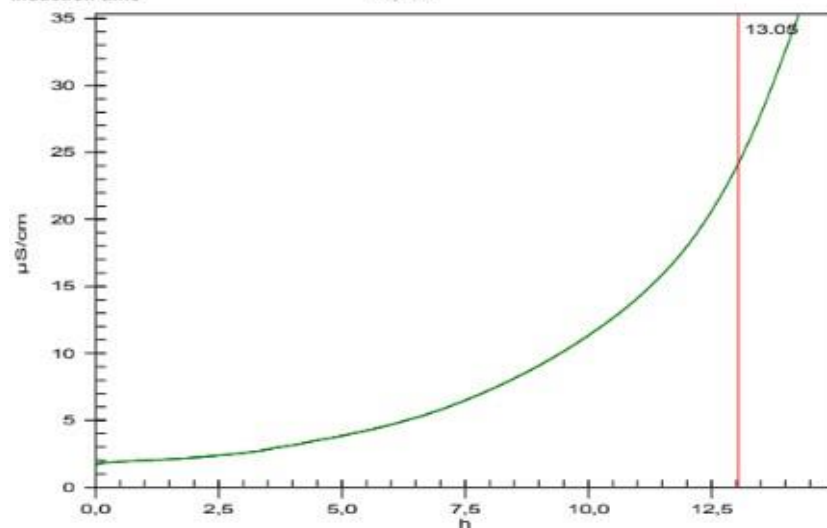
Test d'accélération d'oxydation de l'huile enrichie à 3% avant friture.

Unit	1	Serial number	34132	Printing date	30.05.2023 08:39:31
Block	A	Cell constant	1	Determination date	29.05.2023 10:49:17
Channel	1	User	Administrator		

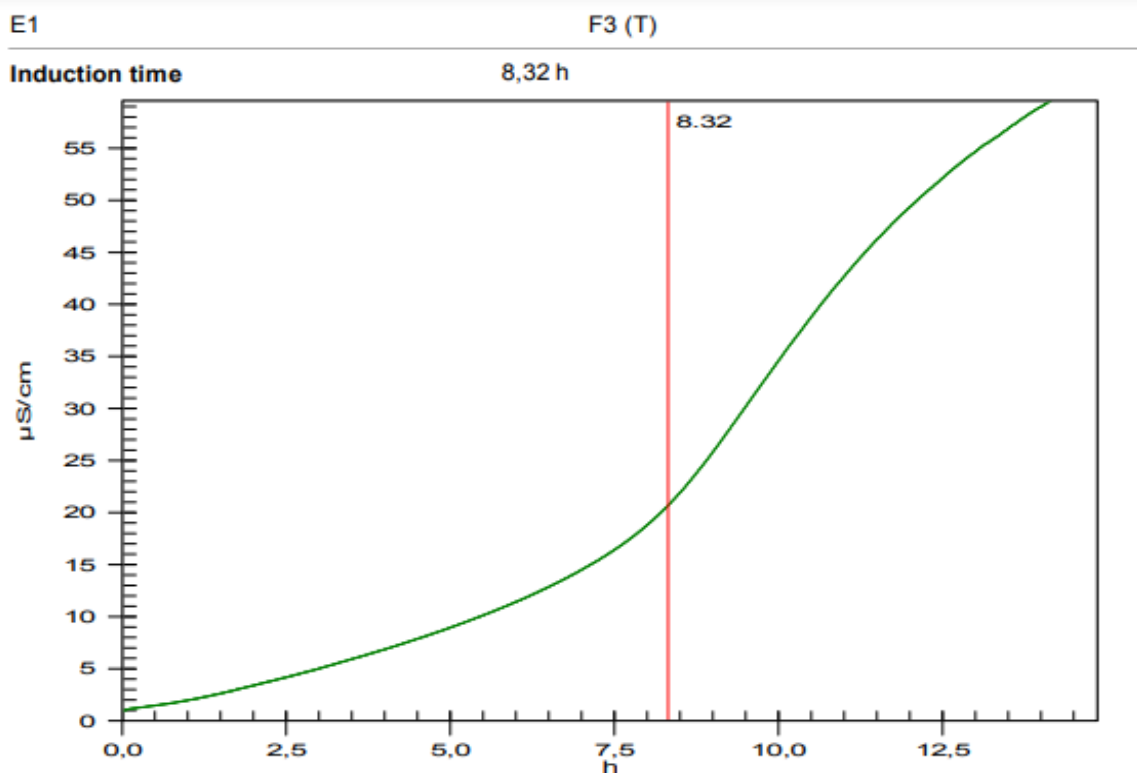
ID 1
ECH 1

ID 2
SOJA Témoin 5%

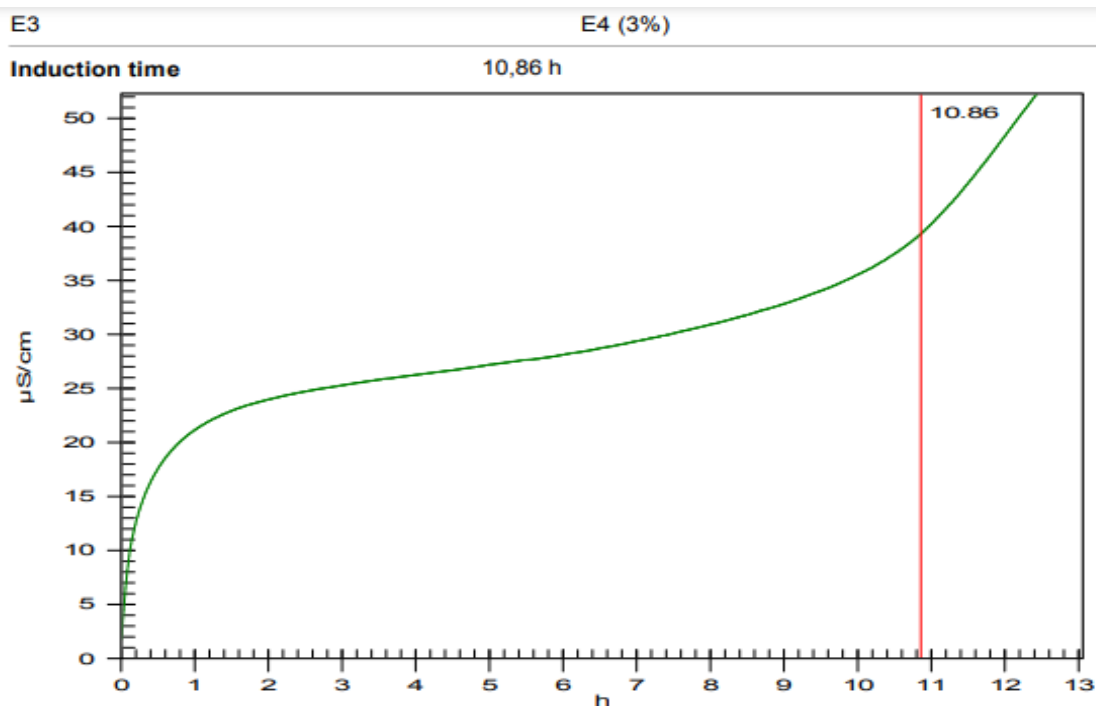
Induction time 13,05 h



Test d'accélération d'oxydation de l'huile enrichie à 5% avant friture.



Test d'accélération d'oxydation de l'huile non enrichi après 3 fritures



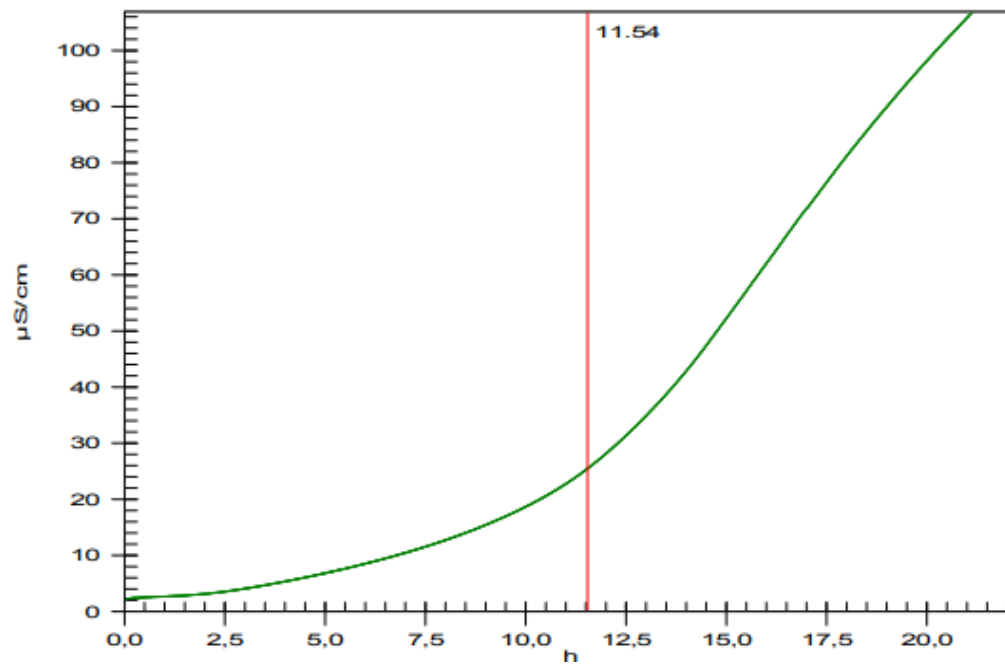
Test d'accélération d'oxydation de l'huile enrichi à 3% après 4 friture .

E2

F6 (5%)

Induction time

11,54 h



Test d'accélération d'oxydation de l'huile enrichi à 5% après 6 friture .

