

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université «Mouloud Mammeri» de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques.

Mémoire de Fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique en sciences alimentaires

Option: Sécurité agroalimentaire et assurance qualité

Thème:

**La qualité des huiles de bains de friture de
certains Fast-foods de la wilaya de Tizi Ouzou**

Proposé par: M^r Sadoudi.R

Présenté par : KOUIDRI SELMA et LAMI MALIKA.

LE : 28 / 12 / 2020

Devant les jurys :

Président	M ^r Amir. Y	Professeur à l'UMMTO.
Examineur 1	M ^r Bouzourene. A	Maître assistant à l'UMMTO.
Examineur 2	M ^r Bengana. M	Maître de conférences classe B à l'UMMTO.

Année universitaire: 2019/2020



Dédicaces



Je dédie ce travail comme un geste de gratitude à:

Mes chers parents (**Vava et yemma azizen**) vous êtes ma seule source de bonheur et de fierté.

- Ma chère mère (**Djedjiga**), prunelle de mes yeux, qui a veillé mon épanouissement et partagé mes maux et mes angoisses ainsi ma joie et mon bonheur, je t'aime Yemma Azizen.
- Mon cher père (**Mohammed Akli**), qui m'a tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné et pour sa confiance en moi pour me voir réussir dans la vie, je t'aime Vava Azizen.
- Mon très cher grand-père (**Cherif**), et ma chère grand-mère (**Hedjila**) pour leurs amours inestimables, que le bon DIEU les accueille dans son vaste paradis.
- Mes chers frères : **Cherif, Nacim et Aziz** pour leurs soutiens moraux tout au long de mes études et leurs tendresses et complicités, que le bonheur vous envahisse.
- Vava lhadj (**Kaci**), (**Na Fatma**), mes frères et sœurs (**Samir, Secoura, Mokrane, Farroudja, Abderezzak, Nouara et Moussa**) et les belles filles (**Soraya, Sabrina et Chabha**) je vous adresse mes sincères remerciements je vais jamais oublier votre aide que le bon DIEU vous garde.
- Mes grands parents du côté maternelle (**Mokrane et Ouardia**) et leurs enfants (**Saïd, Farid, Mouloud, Ali, Farroudja, Fazia et Yamina**).
- Petits anges de la famille **Lami et Rahni** que le bon Dieu vous protège.
- La famille **Soualhia** je vous adresse mes sincères remerciements je vais jamais oublier votre aide, et sans oublier mon petit **Darwin**.
- Tous ceux qui sont présents dans mon cœur, ceux qui j'aime vraiment et ceux qui m'aiment (Mes sœurs **Ziri et Yasmine** et ma chère amie **Nina**).
- Ma binôme Selma et sa famille.

Lami Malika

Maggy



Dédicace



Je dédie ce travail comme un geste de gratitude à:

- Ma seule fierté de ma vie, la plus chère et la plus douce, ma mère (**Ouiza**) pour son amour, ces encouragements et ces sacrifices et pour son soutien et la confiance quelle m'accorde.
- Mes deux épaules, mes deux frères d'amour (**Slimane et Ahmed**) que Dieu vous garde, vous êtes ma source de bonheur.
- Ma grand mère (**Fatma**) aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont il ne cesse de me combler que le bon Dieu l'accueille dans son vaste paradis. Ta présence me manque ma deuxième mère.
- Mon grand père (**Bahri Salah**) pour le goût à l'effort qu'il suscite en moi de par sa rigueur.
- Mon deuxième père (**Rezki Terdjmane**) à qui je souhaite une très bonne santé.
- Mon oncle (**Kamal Djeghlouli**) pour son soutien moral et ces conseils précieux tout au long de mes études.
- Mes princesses d'amour (**Mariem, Linda, Nadjat, Daya et Lydia**) qui m'ont toujours encouragée durant mes études que Dieu les garde et leur offre de la chance et le bonheur.
- Ma binôme (**Malika / Maggy**) pour son soutien moral et sa compréhension tout au long de ce projet, et pour sa famille.

Kouidri Selma

Remerciements

Je remercie tout d'abord le **Dieu** qui m'a donné le courage et la patience dans toute ma vie et pour terminer ce travaille. Toujours en lui j'ai mis toute ma confiance et ne m'a jamais déçue.

J'exprime mes profondes gratitudes et reconnaissances à mon encadreur Monsieur **SADOUDI RABAH** pour avoir proposé et accepté de diriger ce sujet de mémoire de fin d'études.

Je veux traduit également mes vifs remerciements au monsieur les membres de jury :

Pour Monsieur **Amir** m'avoir accepté de présider ce jury.

Pour Monsieur **Bouzourene** avoir bien voulu faire partie de ce jury.

Pour Monsieur **Bengana** m'avoir fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail.

Mes sincères remerciements vont à tous les professeurs de département des sciences agronomiques.

Ma reconnaissance va également à tous mes collègues de promotion.

Liste des tableaux

N°	Titres	pages
I	Les acides gras qui existent dans les huiles comestibles.	04
II	Principales classes des huiles et graisse alimentaires.	07
III	Les différentes compositions des huiles végétales de friture.	16
IV	Les principales graines et fruits oléagineux.	23
V	Influence de la cuisson en friture plate sur les caractéristiques chimiques des différentes matières grasse.	26
VI	Différentes huiles produites en Algérie avec leurs compositions.	40
VII	Caractéristiques physico-chimiques d'une huile alimentaire.	51
VIII	Limites inférieurs et supérieures des CPT des huiles chauffées selon le guide d'emploi de l'appareil Testo 270.	52
IX	Taux de CPT des huiles de bains de fritures prélevées.	54
X	Valeurs d'humidité des échantillons d'huiles des bains de friture.	57
XI	Variation des valeurs de la densité des échantillons d'huiles des bains de friture.	58
XII	Résultats de la viscosité moyenne des bains de fritures prélevés.	60
XIII	Valeurs moyenne de l'acidité des huiles des bains de friture.	61
XIV	Résultats de l'indice de saponification des prélèvements des huiles des bains de friture.	64
XV	Valeurs moyennes de l'indice de peroxyde des huiles des bains de friture prélevé des fastfoods.	65

Liste des figures

N°	Titres	Pages
1	Structure générale d'acide linoléique.	06
2	Structure générale d'acide α -linoléique.	07
3	Hydrolyse alcaline des triglycérides	09
4	Structure générale d'un triglycéride.	11
5	Réaction de saponification.	13
6	Structure générale d'un acide gras.	14
7	Composition panoramique des corps gras et importance relative de leurs constituants.	15
8	Diagramme représentant la composition de l'huile végétale.	18
9	Teneur en matière grasse en (%) des frites selon leurs formats de découpe.	29
10	Réaction de transformation des huiles vierges lors de la friture.	34
11	Réaction croisés intervenant dans l'huile lors de son utilisation en friture.	35
12	Schéma simplifié des voies d'altération des lipides.	36
13	Images correspondantes aux différentes huiles commercialisées en Algérie.	39
14	Image de l'appareil «Testo 270».	44
15	Image d'une étuve.	45
16	Image d'un viscosimètre.	46

Table des matières

Dédicaces

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Première Partie: Synthèse bibliographique

Chapitre I: Généralités sur les corps gras

I.1. Définition d'un corps gras

I.2. Sources des corps gras

I.3. Composition des corps gras

I.3.1. Triglycérides

I.3.2. Acide gras

I.3.3. Acide gras saturés

I.3.4. Acide gras insaturés

I.3.5. Acide gras mono-insaturés

I.3.6. Acide gras polyinsaturés

I.3.6.1. Oméga 6

I.3.6.2. Oméga 3

I.4. Classification des corps gras

I.4.1. Classification selon leur origine

I.4.2. Classification selon leur composition en acide gras

I.5. Propriétés des corps gras

I.5.1. Propriétés physiques

I.5.2. Propriétés chimiques

I.6. Rôles biologiques et nutritionnels des lipides

I.6.1. Réserves d'énergies

I.6.2. Rôle structural

I.6.3. Rôle de messenger

I.6.4. Rôle de transport de vitamines

Chapitre II : Les huiles végétales

II.1. La définition d'une huile végétale

II.2. Catégories des huiles végétales

II.3. Les différentes familles des huiles

II.4. Composition des huiles végétales de friture

II.4.1. Triglycérides

II.4.2. Acides gras

II.4.3. Constituants mineurs

II.5. Définition des huiles végétales de friture

II.6. La composition des huiles végétales de friture

II.6.1. La fraction saponifiable

II.6.2. La fraction insaponifiable

II.7. Paramètres physico-chimiques des huiles végétales de friture

II.7.1. Densité spécifique

II.7.2. Viscosité

II.7.3. Pouvoir calorifique

II.7.4. Point de congélation

II.7.5. Point d'inflammation

II.7.6. Point d'éclair (PE)

II.7.7. Indice de peroxyde(IP)

II.7.8. Indice d'iode (ID)

II.7.9. Indice d'acidité(IA)

II.8. Les huiles dans l'art culinaire

II.9. Les différentes huiles alimentaires

II.10. Conservation des huiles.

Chapitre III: Friture

III.1. Qu'est-ce qu'une friture

III.2. Type de friture

III.2.1. friture plate

- III.2.2. friture profonde
- III.3. Les points critiques
 - III.3.1. L'huile
 - III.3.1.1. Type d'huile
 - III.3.1.2. Vieillessement de l'huile
 - III.3.2. Pomme de terre
 - III.3.2.1. Type de pomme de terre
 - III.3.2.2. Format de la frite
 - III.3.3. Cuisson
 - III.3.3.1. Evaporation d'eau
 - III.3.3.2. Texture
 - III.3.3.3. Température de friture
 - III.3.3.4. Ration frite/huile
 - III.3.4. Traitement post-friture (refroidissement)
 - III.3.5. Composition d'aliments
- III.4. Le choix de la friteuse, corps gras et la température en friture

Chapitre IV: Altération des huiles végétales

- IV.1. Dégradation des huiles de friture
- IV.2. Réaction de dégradation des huiles de friture
- IV.3. Contrôle analytique d'une huile de friture
 - IV.3.1. Teneur en composé polaire
 - IV.3.2. Indice de peroxyde
- IV.4. Précaution à prendre pour éviter la dégradation d'une huile de friture

Deuxième Partie: étude expérimentale

- I. Matériels et méthodes
 - I.1. Objectif de l'étude
 - I.2. Les huiles commercialisées en Algérie
 - I.3. Altération des huiles de friture
 - I.3.1. Altération biologique

I.3.2. Altération chimique

I.3.2.1. Phénomène d'acidification

I.3.2.2. Phénomène d'oxydation

I.4. Analyses physico-chimiques

I.4.1. Analyses physiques

I.4.1.1. Teneur en eau et matières volatils

I.4.1.2. Détermination de la viscosité

I.4.1.3. Densité à 20°C

I.4.1.4. Taux des composés polaires

I.4.2. Analyse chimique

I.4.2.1. Acidité

I.4.2.2. Indice de peroxyde

I.4.2.3. Indice de saponification

II. Résultats et discussion

II.1. Objectif de l'étude

II.2. Résultats d'analyses physico-chimiques

II.2.1. Evolution des indices physiques

II.2.1.1. Dosage du taux de composé polaires totaux (CPT)

II.2.1.2. L'humidité

II.2.1.3. La densité

II.2.1.4. La viscosité

II.2.2. Analyses chimiques

II.2.2.1. Acidité

II.2.2.2. Indice de saponification

II.2.2.3. Indice de peroxyde

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Annexe

Résumé/Mots clés

Abstract/Key words



Liste des abréviations

%: Pourcentage.

C°: Degrés de Celsius.

MG: matière grasse.

ECN: espèces chimiques nouvelles.

T°: Température.

AGPI: acide gras polyinsaturés.

AGMI: acide gras mono insaturés.

TG: Triglycérides.

ODF: Oléine Doublement Fractionnée.

AGL: acide gras libres.

CG: corps gras.

IA: indice d'acidité.

IP: indice de peroxyde.

IS: indice de saponification.

Méq O₂ / kg: milli équivalent d'oxygène active / Kg.

TCP: Taux de composés polaires totaux.

CPT: Composés polaires totaux.

AFSSA: Agence française de sécurité sanitaire des aliments.

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction générale:

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. Elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle et énergétique. Elles sont des sources d'acides gras indispensables, en particulier d'acide linoléique (oméga 6), et d'acide alpha linoléique (oméga 3), elles contribuent à la qualité organoleptique des produits, en leur apportant une texture onctueuse, un aspect brillant et une saveur spécifique. Enfin, elles assurent des fonctions technologiques, en particulier comme moyens de transfert de chaleur en cuisson (cas des huiles de friture) (CUVELIER et MAILLARD, 2012).

L'huile végétale est extraite de graines oléagineuses et de certains fruits; elle est utilisée principalement comme huile de table. A l'état naturel, elle est accompagnée de matières indésirables (phospholipides et pigments colorés....) dont l'élimination est indispensable pour obtenir un produit fini de qualité.

Les huiles végétales sont constituées à 99% de triglycérides et d'acides gras. Les composants mineurs sont la vitamine E, phytostérols, les caroténoïdes, les phénols, etc.

Il existe sur le marché Algérien différentes marques d'huiles végétales alimentaires, qu'elles soient pures (formulées d'une seule huile) ou coupées (mélange de deux huiles).

Leur devenir au cours des opérations de friture dépend des conditions de mise en œuvre en particulier la température au bain de friture qui est en moyenne 180°C, la durée de chauffage, le nombre de cycles et le type d'aliment. La plupart des huiles végétales sont instables en raison de leur susceptibilité d'altérations lipidiques. Tel que l'oxydation qui peut se produire sur les acides gras insaturés (ALAIS et LINDEN, 2008; COMBE et ROSSIGNOL-CASTERAB, 2010). Il est donc parfois nécessaire de leur adjoindre certains antioxydants (CUVELIER et MAILLARD, 2012).

Au cours de la friture, non seulement la vapeur d'eau, mais aussi d'autres composés diffusés de l'aliment à frire dans l'huile de friture portées à une haute température (180°C) contribue à la dégradation de l'huile (MELLEMA, 2003). La dégradation de l'huile de friture produit des composés volatils s'évaporent mais les composés non volatils restent dans l'huile où ils peuvent subir d'autres réactions chimiques ou s'adsorbent à l'aliment frits.

Les caractéristiques d'une huile alimentaire de qualité se manifestent par un goût neutre, une bonne stabilité, une grande résistance à l'oxydation et une couleur claire. Pour cela, les huiles brutes sont soumises aux différents processus du raffinage, qui regroupe quatre étapes essentielles ; le dégommage, la neutralisation, la décoloration et la désodorisation.

L'objectif de cette étude consiste en une synthèse de mémoires soutenus au département sur l'évaluation de la qualité des huiles de bains de friture prélevés dans certains fastfoods de la wilaya de Tizi-Ouzou.

PREMIÈRE PARTIE :

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE I
GÉNÉRALITÉS SUR LES CORPS
GRAS



I.1. Définition d'un corps gras

Les corps gras, qui correspondent à la partie « graisses neutres » de la fraction lipidique totale sous forme de microgouttelettes dans certains tissus animaux et végétaux, ont surtout un rôle nutritionnel sur les plans énergétique et métabolique. La partie grasse des aliments est également appelée lipides (du grec *lipos*, « gras »). Les corps gras alimentaires comprennent les huiles et les graisses d'origine végétale ou animale, les beurres et les margarines.

Les lipides (du grec *lipos*, graisse) correspondent à ce que le langage usuel désigne sous le nom de matière grasse ou corps gras en général. Les lipides sont caractérisés par une propriété physique : la solubilité. Ce sont des composés à solubilité nulle ou faible dans l'eau mais par contre élevée dans les solvants organiques non polaires (méthanol, acétone) (J. GORNAY, 2006).

I.2. Sources des corps gras

Selon COUET et Dalarue (1997) et GORNAY (2006), les corps gras pouvant avoir deux origines bien distinctes : une origine animale (saindoux, suif, beurre, huiles de baleine, poissons "sardine, hareng, Morue...") et une origine végétale (huiles fluides "huiles d'arachide, de colza, de coprah, de palme").

I.3. Composition des corps gras

Les corps gras, qu'ils proviennent d'organismes animaux ou végétaux, correspondent à la partie « graisses neutres » de la fraction lipidique totale. Les principaux constituants des corps gras sont les triglycérides et les acides gras les composant.

I.3.1. Triglycérides

Les triglycérides sont les constituants les plus abondants des lipides simples et constituent la masse essentielle des corps gras. Ils résultent de l'estérification des trois fonctions alcool du glycérol par trois acides gras. Ils peuvent être homogènes lorsque les molécules d'acides gras qui estérifient le glycérol sont identiques et hétérogènes ou mixtes dans le cas contraire (MICHEL, 2003).

I.3.2. Acides gras

Les acides gras sont des carboxyliques carbonés. Ce sont des constituants des corps gras et des lipides membranaires. Ces composés peuvent être saturés ou insaturés hydroxylés ou ramifiés (WEIL, 1995). La fonction acide carboxylique réagit avec les alcools et les amines pour former des esters et des amides ; c'est sous cette forme combinée qu'ils existent dans les aliments (FRENOT et al, 2003). Les acides gras sont classés selon le nombre d'atomes de carbone et des insaturations présents dans leur structure ; ce qui leur confère des propriétés différentes.

Tableau I : Les acides gras qui existent dans les huiles comestibles.

acide gras	Nombre d'atome de carbone	Formule	Class
Palmitique	C16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Saturé
Stéarique	C18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Saturé
Oléique	C18 :1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Insaturé
Linoléique	C18 :2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Polyinsaturé
Linoléinique	C18 :3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Polyinsaturé

I.3.3. Les acides gras saturés

Les acides gras saturés ont pour formule générale : $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots-\text{COOH}$
 Dans les huiles, les acides gras les plus fréquemment rencontrés sont l'acide palmitique (C16 :0) et l'acide stérique (C18 :0). Les acides gras saturés ayant un nombre de carbone supérieur à 10 sont solides et assez stables à la température ambiante (WEIL, 1995). La libre rotation autour de chacune des liaisons carbonées rend ces molécules extrêmement flexibles.

I.3.4. Les acides gras insaturés

De nombreux acides gras contiennent une ou plusieurs doubles liaisons, ils sont dits insaturés. Au niveau d'une double liaison il manque deux atomes d'hydrogène du même côté de la molécule, l'espace ainsi libéré crée un point de faiblesse dans la chaîne qui entraîne une angulation (KARLESKIND A, 1992).

I.3.5. Les acides gras mono insaturés

On parle d'acides gras mono-insaturés, lorsqu'il n'y a qu'une seule double liaison. Les acides gras mono-insaturés sont linéaires, avec deux chaînes de n et p CH_2 de part et d'autre de la double liaison $\text{C}=\text{C}$, et une formule chimique de la forme:

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots-\text{HC}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots-\text{COOH}$ ou n et p sont des nombres entiers positifs ou nuls. L'acide oléique (C18 :1n-9) est l'un des plus abondants.

I.3.6. Les acides gras polyinsaturés

Ce sont des acides qui contiennent plusieurs insaturations et qui se distinguent les uns des autres par le nombre et la position de l'insaturation. Il existe deux familles d'acides gras polyinsaturés essentiels, nommés n-3 (ou oméga-3) et n-6 (ou oméga-6) par rapport à la position de la dernière double liaison et à C terminale. Deux acides gras sont à l'origine de ces familles. Il s'agit de l'acide α -linoléique, le précurseur des oméga-3 et l'acide linoléique qui est le précurseur de la famille des oméga-6. Ces deux acides gras sont indispensables car ils ne sont pas synthétisables par l'organisme ; seule l'alimentation peut nous les fournir.

I.3.6.1. L'acide linoléique (oméga 6): C'est l'acide principal dans l'huile de pépins de raisin, de tournesol, de soja, de noix, de maïs et de germe de blé. A l'heure actuelle, notre alimentation en apporte suffisamment. En effet, en plus des huiles, on en trouve dans tous les produits animaux terrestres et dans le lait maternel (SOLINAS M, 1992).

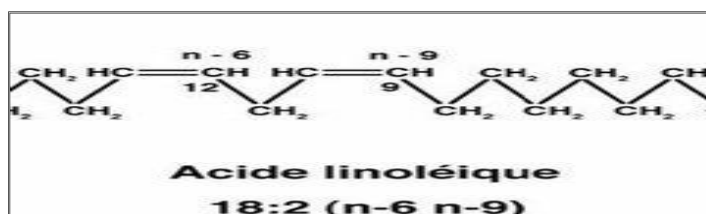


Figure 1: structure général d'acide linoléique.

I.3.6.2. L'acide α -linoléique (oméga 3): Il est moins répandu, on le trouve dans certains fruits oléagineux (noix) et dans les huiles de colza, de noix, de soja et de lin. Contrairement à l'acide linoléique (ω 6), l'alimentation apparaît déficitaire en acide α -linoléique (SOLINAS M, 1992). Les oméga-3 ont de plus des fonctions spécifiques dans le développement et la physiologie de la rétine, du cerveau et du système nerveux. Ils semblent être protecteurs vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires et ils permettraient de diminuer un certain nombre de facteurs de risque liés à ces maladies.

Ainsi, l'acide α -linoléique inhiberait l'agrégation plaquettaire induite par la thrombine. L'EPA et le DHA agiraient sur l'agrégation au collagène et diminueraient le taux de triglycérides sanguins. Les AGPI à longue chaîne semblent également protecteurs vis-à-vis de différents cancers. Ils sont considérés comme inhibiteurs de la croissance tumorale (PASSMAN *et al.* 2008).

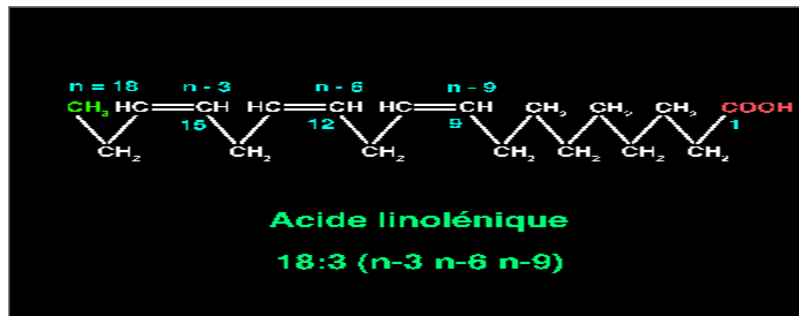


Figure 2: structure général d'acide α -linoléique.

I.4. Classification des corps gras

Les huiles et graisses alimentaires sont habituellement subdivisées en ces principales classes alimentaires.

I.4.1. Classification selon leurs origines:

Tableau II: Principales classes des huiles et graisses alimentaires (KARLESKIND A, 1992).

Les huiles végétales fluides.	Huile d'arachide, de colza, de germe de maïs, de tournesol, de soja, d'olive, de noix, de pépins de raisin.
Les huiles végétales concrètes (graisses).	Coprah (provenant de la noix de coco), huiles de palme et de palmiste.
Les huiles et graisses d'origine animale terrestre.	Saindoux (graisse de porc), suif (graisse de bœuf et de mouton), huile de cheval, graisse d'oie.
Les huiles et graisses marines.	Baleine, cachalot, poisson (sardine...).
Les corps gras élaborés.	Beurres, margarines.

I.4.2. Classification selon leurs compositions en acides gras:

Selon cette classification, on en trouve des :

- **huiles saturées** : huile de coprah 90% d'acides gras saturées.
- **huiles riches en acides gras saturés et en acide oléique**: huile d'arachide 19% saturés – 50% oléique ; huile d'olive 14% saturés – 75% oléique.
- **huiles riches en acides gras poly insaturés**: huile de carthame 75% (saturés 10%), huile de noix 72% (saturés 10%), huile de pépins de raisin 69% (saturés 13%), huile de tournesol 66% (saturés 12%) et huile de soja 63% (saturés 13%).
- **huiles intermédiaires**: Selon (ALAIS, 2003) nouvelle huile de colza (saturés 7%, oléique 60%, poly insaturés 29%).

I.5. Les propriétés des corps gras

I.5.1. les propriétés physiques (état naturel et aspect)

On sait que les corps gras sont liquides ou solides à la température ambiante suivant leur composition chimique.

- **Densité** : C'est la masse de l'unité de volume exprimée en grammes / cm³ à la température T° 20°C. La densité des huiles végétales varie de 0.915 à 0.964. La densité des corps gras animaux varie de 0.866 à 0.933.
- **Le point de fusion et le point de solidification**: Ils permettent d'apprécier le degré de pureté d'un corps gras.
- **Solubilité** : Tous les acides gras dont le nombre de carbone est supérieur à 8 sont insolubles dans l'eau et sont généralement solubles dans les solvants organiques tels que l'éther, le chloroforme et le benzène (FRENOT et *al.* 2001).

• **La viscosité** : La viscosité des acides gras et des triglycérides est liée à leurs structures, à la longueur de la chaîne et à leur saturation. Elle augmente avec le poids moléculaire et diminue avec l'augmentation de l'insaturation. La viscosité des huiles est relativement très élevée.

I.5.2. Les propriétés chimiques

Les propriétés chimiques des glycérides dépendent essentiellement de celle des acides gras qui les constituent.

• **Hydrolyse et saponification**: L'hydrolyse des triglycérides libère un ou plusieurs AG. La réaction peut se faire par l'acide sulfurique ou par voie enzymatique. La saponification est une hydrolyse alcaline par la potasse (KOH) ou la soude (NaOH).

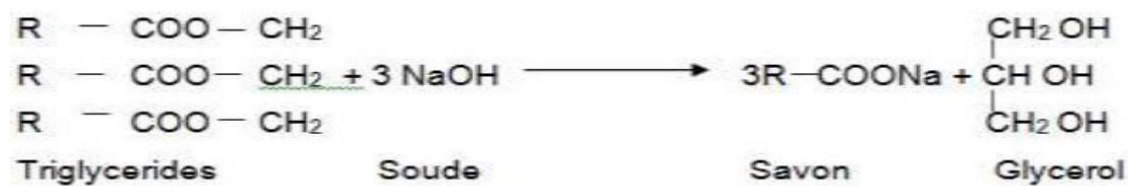


Figure 3: L'hydrolyse alcaline des triglycérides.

• **Hydrogénation**: L'hydrogène s'additionne aux doubles liaisons des acides gras en présence de catalyseurs cela augmente le point de fusion convertissant une huile liquide en une graisse semi solide qui résiste à l'oxydation (PRIORE,2003).

• **Transestérification**: La Transestérification vise à modifier la structure glycéridique des matières grasses par réarrangement intra- et intermoléculaire des AG sur le glycérol (MARC et al. 2004).

I.6. Rôle biologiques et nutritionnelles des lipides

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

I.6.1. Réserve d'énergie

Les lipides sont stockés sous forme de triglycérides dans les tissus adipeux, les lipides constituent ainsi une réserve énergétique mobilisable (1g de lipides donne environ 9,3 Kcal par contre les hydrates de carbone (les sucres) fournissent 4Kcal).

I.6.2. Un rôle structural

Les acides gras servent à la synthèse d'autres lipides, notamment les phospholipides qui forment les membranes autour des cellules et des organelles. La composition en acides gras de ces phospholipides donne aux membranes des propriétés physiques particulières (élasticité, viscosité).

I.6.3. Un rôle de messenger

Les acides gras sont les précurseurs de plusieurs messagers intra et extracellulaires. Par exemple, l'acide arachidonique est le précurseur des eicosanoïdes, hormones intervenant dans l'inflammation et la coagulation sanguine.

I.6.4. Un rôle de transport de vitamines

Les corps gras alimentaires véhiculent quatre vitamines liposolubles : A, D, E et K (SEGHIER et BENAHMED, 2014).

CHAPITRE II

LES HUILES VÉGÉTALES



II.1. Définition des huiles végétales

Les plantes oléagineuses sont spécifiquement cultivées pour leurs graines (tournesol, colza et soja) ou leurs fruits (olives et noix) dont on extrait l'huile pour un usage alimentaire, énergétique, etc.

L'huile est une matière grasse, onctueuse, insoluble dans l'eau et épaisse ; elle est souvent liquide à température ambiante. Une huile végétale renferme en général plus de 99% de lipides et très peu ou pas de cholestérol ; quelques vitamines et antioxydants liposolubles complètent le pourcentage restant (1%) (DEBRUYNE I., 2001).

Les huiles sont différenciées des graisses par leur point de fusion. Les huiles sont des corps gras liquides à la température de 15°C, tandis que les graisses sont plus ou moins solides à cette température ; elles sont dites aussi « concrètes » (GORNAY, 2006).

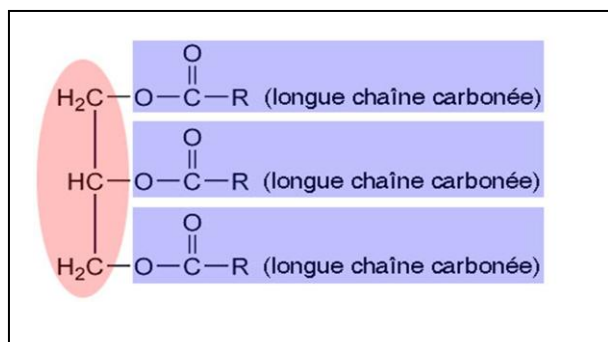


Figure 4 : Structure général d'un triglycéride.

II.2. Catégories des huiles végétales

Ci-après la définition de quelques huiles portées dans le CODEX STAN 210 de 1999:

- **Les huiles végétales comestibles:** Sont des denrées alimentaires qui se composent essentiellement de glycérides d'acides gras exclusivement d'origine végétale. Elles peuvent contenir en faible quantité d'autres lipides comme les phosphatides, des constituants insaponifiables et les acides gras libres

Naturellement présents dans la graisse ou l'huile.

- **Les huiles vierges:** Sont obtenues, sans modification de la nature de l'huile, exclusivement au moyen de procédés mécaniques, par exemple expulsion ou pression, et d'un traitement thermique. Elles peuvent avoir été purifiées uniquement par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation.

- **Les huiles pressées à froid:** Sont obtenues, sans modification de l'huile, exclusivement par des procédés mécaniques, par exemple expulsion ou pression, sans utilisation de procédés thermiques. Elles peuvent avoir été purifiées uniquement par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation.

II.3. Les différentes familles des huiles

Les huiles par leur composition en acides gras se répartissent en différentes familles. Selon les critères de caractérisation de ces familles, il existe quatre principales :

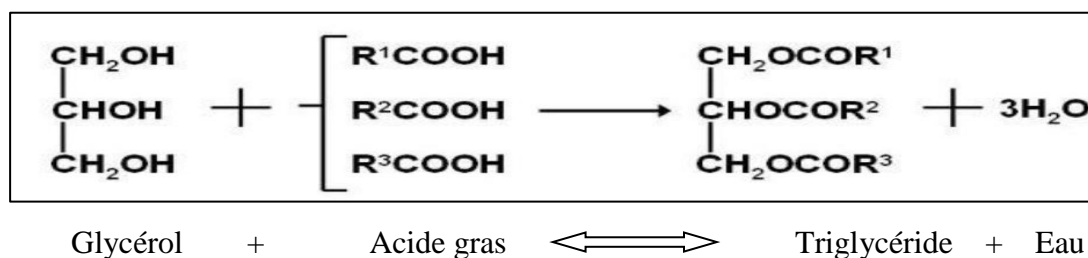
- **Famille oléique:** Cet acide gras, principal représentant des acides gras mono insaturés (AGMI), est majoritaire dans l'huile d'olive, d'arachide, de noisette, les variétés de tournesol et de colza riches en acide oléique et l'huile de colza elle-même.
- **famille linoléique:** Cet acide gras (C18:2 oméga-6) acide gras polyinsaturé (AGPI), est majoritaire : huiles de soja, de tournesol, de germe de maïs et de pépins de raisin.
- **famille α -linoléique:** Cet acide gras (C18:3 oméga-3/AGPI) est présent en quantité significative : huiles de colza, de soja, de noix et de lin ou cet acide gras est majoritaire.
- **Famille des corps gras riches en acides gras saturés (AGS):** Leurs principaux représentants (C12:0, C16:0, C18:0) présents en quantité moyenne à forte : les huiles de palme, les huiles de palmiste et de coprah riches en acide laurique (C12:0), le beurre de cacao et pour comparaison la matière grasse de beurre.

II.4. La composition d'une huile végétale

Les huiles végétales sont essentiellement constituées de triglycérides (triesters du glycérol et d'acides gras, ainsi que de cholestérol, d'alcools gras libres ou estérifiés par des acides gras) et quelques composés mineurs.

II.4.1. Les Triglycérides

Représentent 98 à 99% de l'huile végétale raffinée ils résultent de l'estérification de trois acides gras à la molécule de glycérol selon la réaction d'estérification illustrée par la figure 2 (KARLESKIND, 1992).



Remarque : R1, R2, R3 peuvent être identiques ou différents

Figure 5 : Réaction de saponification.

II.4.2. Les Acides gras

Sont des acides organiques faibles. Ils ne possèdent qu'une seule fonction acide organique (carboxyle) par molécule. Ils sont formés d'oxygène, d'hydrogène et de carbone à nombre presque toujours pair en raison du mode de synthèse des acides gras qui se forment par combinaison de radicaux acétiques à deux atomes de carbone. Les AG est une chaîne hydrocarbonée contenant entre 4 et 30 atomes de carbone. L'autre extrémité de la chaîne se termine par un groupe méthyle CH₃. Enfin, les AG représentent 90 à 96% de la masse molaire des triglycérides (KARLESKIND, 1992).

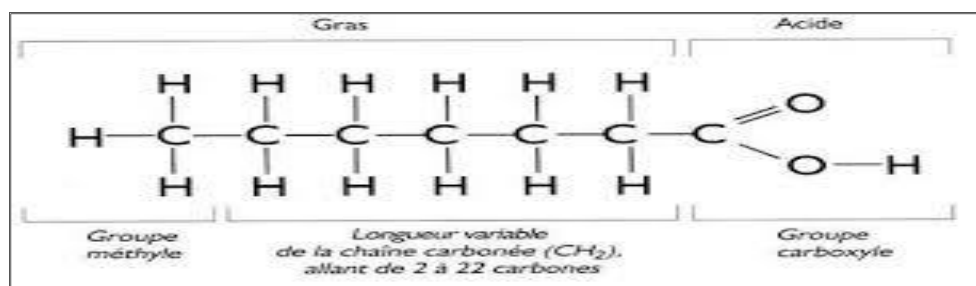


Figure 6: structure générale d'un acide gras.

II.4.3. Les constituants mineurs

Représentent 1 à 5% de la masse d'huile. Ils renferment principalement des phospholipides, des stérols, des alcools gras, des tocophérols, des pigments et des hydrocarbures.

Ces insaponifiables ou leurs constituants peuvent être responsables de la couleur, de l'odeur de l'huile, avoir une activité vitaminique ou intervenir dans la conservation des corps gras ; ils peuvent aussi être de précieux critères pour le contrôle de la pureté de l'huile. Ils trouvent des applications en cosmétique, en pharmacie et dans les industries alimentaires (KARLESKIND, 1992).

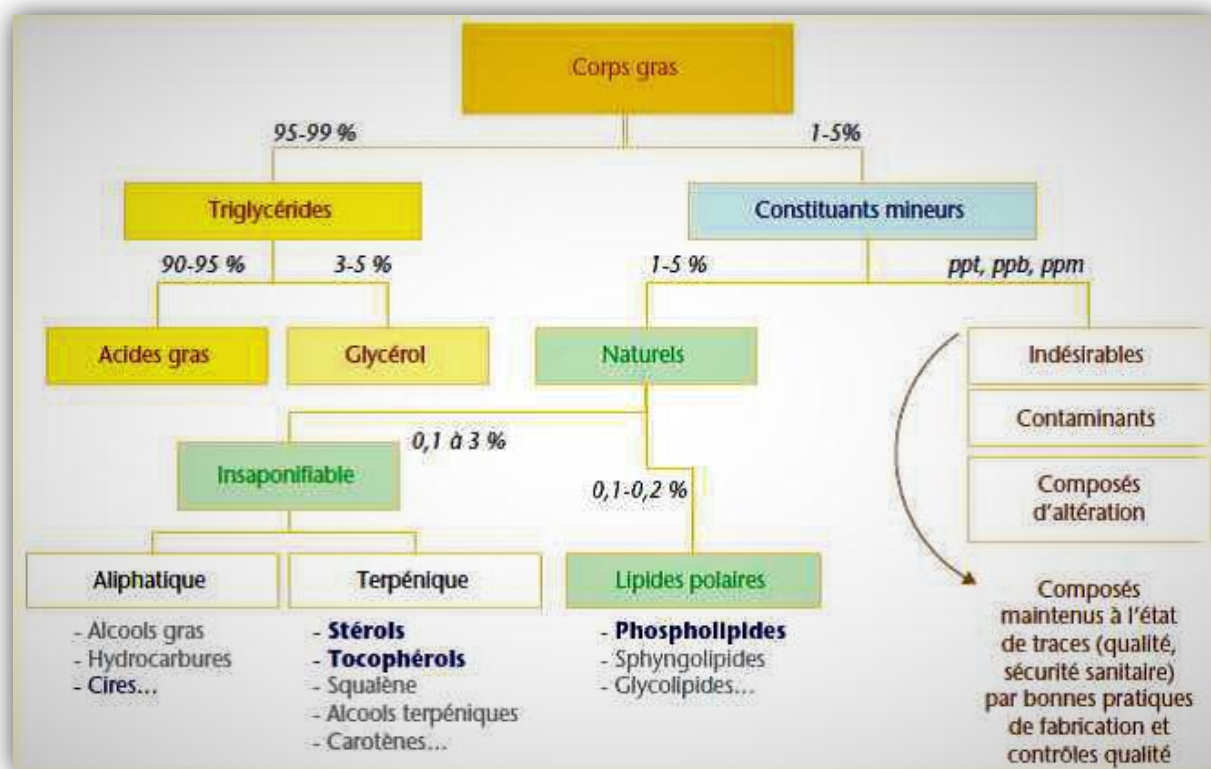


Figure 7 : Composition panoramique des corps gras et importance relative de leurs constituants (Bakra A.2016).

II.5. Définition des huiles végétales de friture

Les huiles de friture sont utilisées pour cuisiner de nombreux aliments. Elles permettent de cuire les frites, les croquettes, les beignets, les viandes, les poissons, etc. A cet effet, l'huile est chauffée dans une friteuse ; lorsque la température est suffisamment élevée (environ 160°C), les aliments y sont introduits pendant quelques minutes pour les cuire.

Chaque type d'huile végétale possède des propriétés particulières. La température de cuisson doit être inférieure ou égale à sa température critique ; une température de cuisson supérieure dégrade sa qualité (MENSINK R et al.2003).

Une huile de friture doit avoir un taux d'acides gras polyinsaturés le plus faible possible afin de prolonger sa qualité. Les huiles riches en acides gras saturés sont les plus stables à la friture, donc ont une durée d'utilisation plus longue (VARELA et al. 1988), (BOUCHON, 2009). Par contre, d'un point de vue nutritionnel, les effets de ces huiles sur la santé sont contestés. D'un autre côté, les huiles riches en acides gras polyinsaturés (considérées

meilleures pour la santé) vont s'oxyder rapidement et devenir impropre à la consommation (VARELA et al. 1988) ; (BOUCHON, 2009).

Les huiles recommandées pour la friture sont : huile d'arachide (point de fumée 240°C), huile de colza (point de fumée 230°C), huile de maïs (point de fumée 230°C), huile de tournesol (point de fumée 230°C), huile de soja (point de fumée 230°C), huile d'olive raffinée (point de fumée 225°C) et enfin, l'huile de pépin de raisin (point de fumée 225°C) (MENSINK R et al.,2003).

II.6. Composition des huiles végétales de friture

Chaque huile est caractérisée par sa composition en acides gras de l'espèce végétale dont elle est extraite. Les différents acides gras sont classés comme suit : les acides gras saturés, les acides gras mono-insaturés et les acides gras polyinsaturés. Le tableau suivant résume les différentes compositions des huiles alimentaires.

Tableau III : Compositions en acides gras des huiles de friture.

Composition des différentes huiles de friture				
Nature de l'huile	Acide gras saturés %	Acide oléique (C18:1) %	Acide linoléique (C18:2) %	Acide linoléique (C18:3)
Tournesol	13	18	67	0,5
Soja	15	22	53	8
Maïs	14	31	52	1
Palme	50	37	11	0,5

Les corps gras d'origine végétale sont essentiellement des glycérides (98-99 %), appelées fractions saponifiables. Une fraction quantitativement mineure, appelée fraction insaponifiable, est également présente dans ces corps gras. D'autres composés, n'appartenant pas à ces deux catégories, peuvent y être présents dans de faibles proportions : les

phospholipides, les cires, les chlorophylles, les caroténoïdes et les produits d'altération, issus de la dégradation des triglycérides durant le stockage (KARLESKIND.A, 1992).

II.6.1. La fraction saponifiable

Selon KARLESKIND (1992) la fraction saponifiable d'une huile végétale représente un pourcentage massique de 95 à 99 %, elle contient :

- Les glycérides (Les triglycérides, Glycérides partiels).
- Les acides gras (Les acides gras saturés, Les acides gras mono-insaturés, Les acides gras polyinsaturés).
- Les phosphatides.

II.6.2. La fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable d'une huile végétale représente 1 à 5 % d'un lipide non raffiné. Elle comprend les constituants qui sont recueillis après saponification du corps gras par un hydroxyde alcalin (hydrolyse basique) et extraction à l'aide d'un solvant spécifique, cette fraction contient :

- Les hydrocarbures.
- Les stérols.
- Les pigments colorés (les chlorophylles et les caroténoïdes).
- Les tocophérols.
- Les alcools terpéniques.
- Les composés phénoliques.
- Les cires.

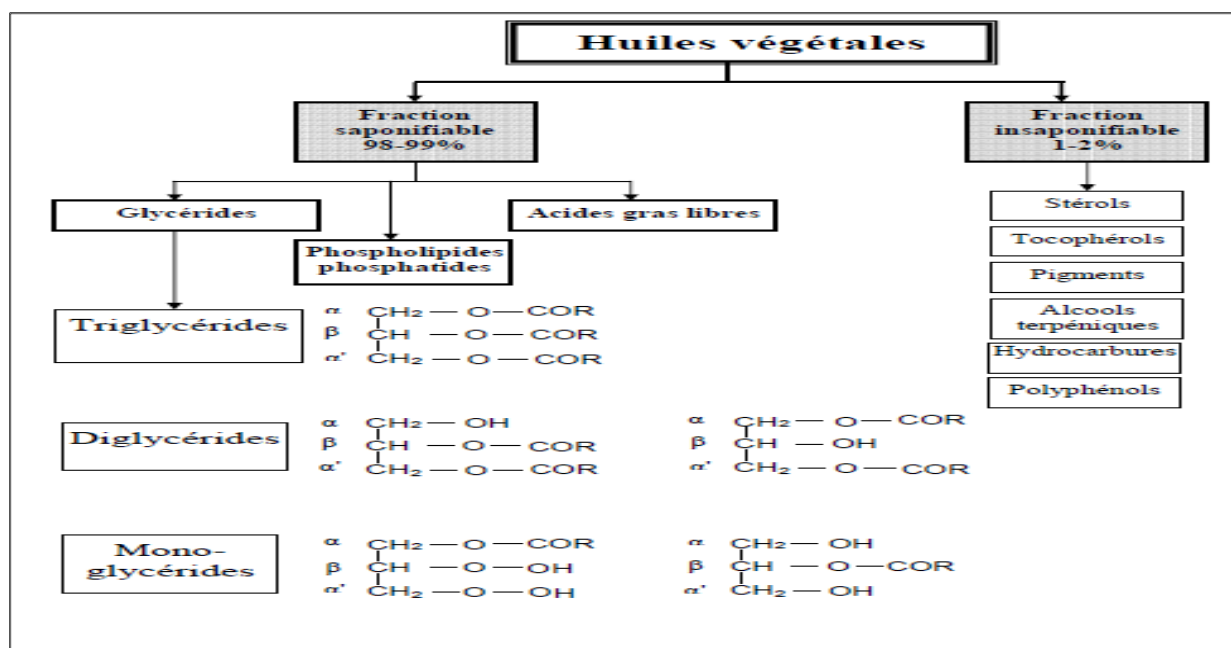


Figure 8 : Diagramme représentant la composition de l'huile végétal (Bourachouche et Boudei.2016).

II.7. Paramètres physico-chimiques des huiles végétales de friture

Les principales caractéristiques physico-chimiques des huiles végétales sont la masse volumique (ou densité spécifique), le pouvoir calorifique (PC), le point de congélation, le point d'inflammation, la viscosité cinématique (généralement déterminée à 40°C), le point d'éclair (PE), l'indice d'iode (ID), l'indice d'acidité (IA), l'indice de peroxydes (IP) et d'autres indices.

II.7.1. Densité spécifique

La densité est le rapport du poids d'un certain volume du corps gras au poids d'un même volume d'eau à la température 20°C. La densité renseigne sur le groupe auquel appartient une huile. La densité des huiles est fonction non seulement de l'insaturation, mais aussi de l'état d'oxydation ou de polymérisation. Les huiles fortement acides ont une densité inférieure à celle des huiles neutres correspondantes, les acides gras ayant une densité inférieure à celle de leurs glycérides. Pour déterminer le groupe auquel appartient une huile, il suffit de déterminer sa densité au densimètre et pour déterminer le poids d'un volume connu

d'huile il est indispensable de procéder à la mesure de la densité à l'aide d'un pycnomètre, à une température parfaitement déterminée (GOUGAM H, 2003).

II.7.2. Viscosité

La viscosité est définie comme la résistance à l'écoulement uniforme et sans turbulence se produisant dans la masse d'une matière. Elle varie en fonction de la température. La viscosité cinématique est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu de liquide à travers un appareil comportant un orifice (tube calibré ou capillaire) de dimension normalisé (DALLMAGNE G, 2003).

II.7.3. Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique d'un combustible représente la quantité d'énergie dégagée par unité de masse ou de volume du produit, lors de la réaction chimique de combustion complète conduisant à la formation de CO_2 et H_2O .

La distinction entre le pouvoir calorifique supérieur PCS et le pouvoir calorifique inférieur PCI. Dans le PCS, la fumée du combustible contient l'eau (de combustion, et l'humidité) à l'état liquide. Dans le PCI, la fumée du combustible contient toute cette eau à l'état vapeur. En effet, dans les produits de combustion rejetés par les moteurs et les brûleurs, l'eau se trouve sous forme de vapeur. Une quantité de chaleur a été donc dépensée pour vaporiser cette eau (DENIS et al, 1997).

II.7.4. Point de congélation

- **Point trouble:** Le point de trouble est la température à laquelle les cristaux de paraffines commencent à apparaître dans le liquide, lorsque l'huile est refroidie dans des conditions normalisées (DALLMAGNE G, 2003).

- **Point de figeage:** C'est la température au-dessous de laquelle un fluide refroidi, dans des conditions d'essais prescrites, cesse de couler (DENIS J et al, 1997).

• **Point d'écoulement:** Le point d'écoulement est la température la plus basse à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle est refroidie, sans agitation, dans des conditions normalisées (DENIS et al, 1997).

II.7.5. Point d'inflammation

C'est la température à laquelle il faut chauffer un fluide afin que les vapeurs émises s'enflamment au contact d'une flamme et que la combustion amorcée demeure entretenue au moins cinq secondes (5s). La détermination expérimentale du point de feu consiste à mesurer, en « coupe ouverte ». Les mesures sont réalisées consécutivement, à l'aide d'un même appareil (DALLMAGNE G, 2003).

II.7.6. Point d'éclair (PE)

La température critique à laquelle il faut porter l'échantillon pour que les vapeurs émises brûlent spontanément en présence d'une flamme est appelée le point d'éclair. Le point d'éclair constitue un critère de sécurité lors des opérations de stockage, Il existe plusieurs appareils qui ont été mis au point pour mesurer le point éclair.

La connaissance du point d'éclair renseigne sur la volatilité de l'huile et, éventuellement, sur la présence dans le fluide de matières inflammables (DALLMAGNE G, 2003).

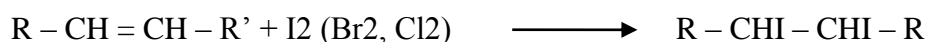
II.7.7. Indice de peroxyde (IP)

L'oxydation est un phénomène fondamental dans toutes les industries des corps gras. L'altération chimique des corps gras insaturés par l'oxygène de l'air débute par la formation d'un peroxyde. Ce phénomène a lieu au cours du stockage, cette réaction étant une réaction auto catalytique, elle commence très lentement, puis après une période d'induction où l'oxydation est pratiquement indécélable s'accélère de façon exponentielle.

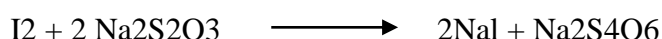
La détermination de la quantité des peroxydes d'un corps gras renseigne sur son altération par oxydation. Dans une molécule de peroxyde il y a une molécule d'oxygène fixée, mais sur les deux atomes d'oxygène, un seul est actif capable d'oxyder (GOUGAM H, 2003).

II.7.8. Indice d'iode (ID)

Dans la composition des corps gras rentrent des acides gras saturés, mono insaturés et polyinsaturés. Les liaisons éthyléniques de ces acides gras fixent des halogènes d'après la réaction suivante:



Cette réaction peut être utilisée pour évaluer quantitativement le degré d'insaturation globale de la chaîne grasse. L'indice d'iode est le nombre de grammes d'iode fixé par 100g de corps gras. Quel que soit le réactif halogéné utilisé, le principe de la réaction est le même. Cette réaction est lente et incomplète, pour obtenir une addition quantitative, il est indispensable d'utiliser un excès important de réactif, pendant un temps de contact suffisamment long. L'excès de réactif sera titré par un réducteur.



L'élévation de la température ne facilite pas la réaction, elle entraîne au contraire la dissociation du composé d'addition formé (GOUGAM H, 2003).

II.7.9. Indice d'acidité (IA)

Les corps gras peuvent s'hydrolyser naturellement au cours de leur stockage pour donner des acides gras libres et du glycérol. Le glycérol est en général, rapidement détruit à l'exception de certaines huiles de palme, les huiles brutes ne contiennent plus de glycérol. La mesure de la quantité d'acides gras libres d'un corps gras constitue un des meilleurs moyens de déterminer son altération par hydrolyse. La teneur en acides gras libres d'une matière grasse s'exprime de deux façons : l'acidité et l'indice d'acide qui sont déterminés expérimentalement de la même manière et seul leur mode d'expression diffère. L'indice d'acide est le nombre de milligrammes de potasse KOH nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans 1g de corps gras (GOUGAM H, 2003).

II.8. L'huile dans l'art culinaire

Chaque huile possède une saveur, un parfum et une qualité nutritive spécifique qui ne permet pas de les considérer comme de vulgaires corps gras. Les huiles alimentaires végétales sont donc des aliments importants qui apportent chacune des nutriments très utiles à la santé. Elles servent à l'assaisonnement des salades, certes, mais aussi celui des légumes cuits à la vapeur, des pâtes et bien sûr la cuisson à feu doux des plats cuisinés. Leur saveur détermine leur choix et le fait de disposer de plusieurs huiles identifie entre autres les gourmets et connaisseurs.

La première des huiles, la plus connue également, est l'huile d'olive et l'huile de sésame utilisées depuis l'antiquité et qui sert depuis plus de 7000 d'aliments, de baume à onction et de carburant pour les lampes d'éclairage (LABOURET, 2005).

II.9. Les différentes huiles alimentaires

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

Dans la catégorie des huiles (tableau IV), nous trouvons principalement l'huile d'olive, de noix, d'arachide, de tournesol, de soja, de colza, des germes de blé, de maïs et des pépins de raisin. UZZAN (1992) a subdivisé les huiles et les graisses alimentaires en plusieurs classes:

*huiles végétales fluides : huile d'arachide, de colza, de germes de maïs, de tournesol, de soja et d'olive.

*huiles végétales concrètes (graisses) : coprah (provenant de la noix de coco), huile de palme.

*huiles et graisses d'origine animale : (animaux terrestres) : saindoux (graisse de porc), suif (graisse de bœuf ou de mouton), huile de cheval et graisse d'oie.

Tableau IV : Les principales graines et fruits oléagineux (NJUSSA, 1999)

Nom commun	Nom botanique de la plante	Famille	Nom de la matière première	Les bienfaits sur la santé
Arachide	Arachis hypogaea	Légumineuses	Graine d'arachide	Anti gastrite, hypocholestérolémiant
Carthame	Carthamus tinctorius	Crucifères	Graine de carthame	Antirhumatismale, adoucissant l'intestin
Colza	Brassica napus	Crucifères	Graine de colza	Anti thrombus
Coprah	Cocos nucifera	Palmiers	Amande de coprah	Hydratation de la peau
Coton	Gossypium	Malvaceae	Graine de coton	Anti gastrite
Maïs	Zea mays	Gramineae	Germe de maïs	Protège le système nerveux
Olive	Olea europaea	oléaceae	Olive (mésocarpe)	Adoucissante, calmante et rafraîchissante
Palme	Arecaceae	Palmiers	Mésocarpe du fruit du palmier à huile	Antirhumatismale
Soja	Glycine max	légumineuses	Graine de soja	Protège l'épiderme
Pépin de raisin	Vitis vinifera	Ampélidaceae	Pépin de raisin	Excellente pour la régénérescence de la peau
Tournesol	Helianthus	Composés	Graine de tournesol	Combat l'impuissance et la stérilité
Noix	Juglans regia	Juglandaceae	Noix	Hypocholestérolémiant

II.10. Conservation des huiles végétales

C'est la mise sous emballage des huiles pour assurer leur conservation et leur transfert depuis l'usine de fabrication jusqu'aux consommateurs. (LINDEN, 1994).

Le conditionnement doit permettre une excellente conservation jusqu'au moment de l'emploi. De plus, il doit être d'une inertie totale vis -à-vis de l'aliment. (APFELBAUM ,1999).

Les emballages plastiques les plus employés sont :

- Le polyéthylène haute densité (PEHD).
- Le polyéthylène basse densité (PEBD).
- Le polyéthylène téréphtalate (PET) (BEAUFRAND, 1979).

Ces matières plastiques réunissent les qualités suivantes :

- Etanchéité et imperméabilité
- Bonne résistance mécanique
- Non toxicité
- Non miscibilité des constituants de ces matières avec le produit (corps gras) à Conserver. (FRANÇOIS, 1974).

Bien que certaines huiles se conservent le plus longtemps, en raison de leur faible acidité et de leur patrimoine antioxydant, cette conservation n'est pas infinie, du moins en ce qui concerne ses qualités organoleptiques. Il convient, donc, de respecter les règles suivantes :

- La température de stockage doit être relativement basse. Il faudra, donc, utiliser des systèmes tendant à éviter les sources de chaleur, mais sans recourir aux systèmes de refroidissement. La température optimale se situe entre 15 et 25°C.
- L'absence de radiations, et en particulier de radiations ultraviolettes, qui sont à l'origine de la formation des radicaux qui déclenchent les réactions d'auto-oxydation.
- Le matériau des récipients doit être inattaquable ; à cet effet, les meilleurs matériaux sont l'acier inoxydable de qualité alimentaire et le fer iso vitrifié.

CHAPITRE III

FRITURE



III.1. Définition de la friture

La friture est une méthode de préparation des aliments très ancienne et très appréciée partout à travers le monde elle conduit à une évaporation de l'eau à la surface des aliments qui permet de déshydrater la surface et former une croûte (BOUCHON, 2009).

L'opération de friture est dite multifonctionnelle car elle peut remplacer plusieurs opérations incluant la cuisson, la déshydratation, la texturation, la formulation de l'aliment (perte de soluté, imprégnation en huile, échange d'huile si le produit en contient initialement) (GRENIER et al, 2007 ; ZHANG et al, 2015b).

Elle était utilisée dans l'Égypte antique au cours du 6^e siècle avant JC. Les Romains l'employaient aussi et l'appelaient "bouillir à l'huile".

Lors d'une friture, l'aliment est immergé dans le corps gras ou l'huile bouillante qui sert de médium pour le transfert de chaleur. La friture s'apparente à un processus de déshydratation à haute température (155 à 190 °C). Son but est de former une croûte et de modifier couleur, saveur et texture de l'aliment. Les pommes de terre sont les aliments les plus souvent frits ; les frites renferment 8 à 15% de graisses et les chips jusqu'à 35%.

III.2. Types de friture

La friture est une cuisson par immersion totale ou partielle dans un bain d'huile alimentaire porté à une température d'environ 155°C. C'est l'une des pratiques les plus utilisées pour faire cuire les aliments, tant en restauration commerciale que collective. On peut distinguer la friture plate et la friture profonde selon (VIERLING, 2008).

III.2.1. Friture plate

Elle est appelée friture plate ou friture à la poêle (sans immersion complète) se caractérise par une grande surface de corps gras en contact avec l'air et un petit volume de corps gras, ce qui favorise l'oxydation thermique de l'huile. Il est impératif de n'utiliser qu'une seule fois le corps gras pour éviter la formation de composés toxiques (THANATUKSORN et al, 2005).

Cependant, les températures et les temps de chauffage varient avec la nature du produit à cuire et les habitudes alimentaires de la ménagère : aspect texture et impact organoleptique de

l'aliment. Les paramètres qui peuvent varier sont donc nombreux et il est bien de généraliser l'intensité d'altération subie par la matière grasse, le **tableau V** présente des résultats sur la quantité d'espèce chimique nouvelle (acides oxydés formés pour des cuissons à la poêle d'escalopes).

Tableau V : Influence de la cuisson en friture plate sur les caractéristiques chimiques de différentes matières grasses (KARLESKIND, 1992).

Matière grasse	Aliment cuit	T° de cuisson maximum- minimum	Temps de cuisson	ECN formés %
Arachides	Escalope	112-157	4 min 40	0,9
Saindoux	Escalope	112-149	20 min	2,2
Tournesol	Escalope	114-173	4 min 20	1,7

Les différences de comportements en friture plate sont évidemment dues aux moindres in-saturations de l'huile d'arachide qui présente une faible teneur en espèces chimiques nouvelles (CEN) par rapport à l'huile de tournesol et celle de Saindoux. Qu'il s'agisse de la cuisson en escalope.

Ce mode de préparation des aliments fait subir au corps gras des modifications importantes puisque, même pour des durées de chauffage relativement courtes (6 à 10min) les pertes relatives en acide linoléique peuvent atteindre 8,5% (KARLESKIND, 1992).

III.2.2. Friture profonde

La friture profonde c'est une friture avec immersion complète qui a été développée à l'échelle industrielle. Elle peut être définie comme une cuisson par immersion complète dans une huile ou une matière grasse comestible à une température au-dessus du point d'ébullition de l'eau (175°C à 200°C).

La friture profonde en bain correspond à des temps d'applications plus long qui favorisent la réaction purement thermique, la quantité d'huile étant importante par rapport à l'aliment. L'huile de friture est partiellement ingérée avec une absorption d'environ 4 à 10% dans le cas des frites de pomme de terre et 30 à 40 % dans le cas des chips.

De nombreuses études expérimentales ont été réalisées afin de mettre en évidence par quels mécanismes, où et quand l'imprégnation en huile se passe lors du procédé de friture profonde. Dans un premier temps, l'effet du développement des pores sur la prise d'huile a été étudié. L'influence des propriétés physiques de l'huile adhéree en surface du produit sur cette prise a été ensuite examinée.

À la fin, les conductivités thermiques effectives des différentes régions du produit (la croûte et le cœur) et leurs effets sur le transfert de chaleur ont été examinées. Les pommes de terre ont été découpées en forme rectangulaire et frites à différentes T° (140, 155, 170 et 185°C). Les résultats ont montré que la teneur en huile augmente en diminuant la température de 185 à 140°C. La porosité augmente pendant la friture à cause de l'évaporation forte de l'eau génératrice des pores. Cependant, elle commence à diminuer au cours de la période de refroidissement en raison du remplissage des pores par l'huile et du phénomène de l'effondrement.

Au cours de la période de refroidissement, lorsque la température d'huile en surface a tendance à diminuer, la tension interfaciale et la viscosité d'huile augmentent entraînant une teneur en huile plus élevée. Les différentes régions du produit (le cœur et la croûte) ont montré différents comportements au niveau de la conductivité thermique. Les modifications physico-chimiques du produit qui ont lieu au cours de la friture influent la conductivité thermique de ces régions.

Au niveau du cœur, la gélatinisation d'amidon qui a lieu pendant les premières minutes de la friture (3 min), entraîne une augmentation de la conductivité thermique, tandis que la perte en eau qui commence après cette période diminue la conductivité thermique. Au niveau de la croûte, la conductivité thermique diminue avec le temps de la friture en raison de la perte en eau et la formation d'une structure poreuse (ZIAIIFAR, 2008).

III.3. Les points critiques

III.3.1. L'huile

III.3.1.1. Type d'huile

Une huile de friture doit être le moins polyinsaturée possible afin de prolonger sa qualité. Les huiles riches en acides gras saturés sont les plus stables à la friture, donc ont une durée de utilisation plus longue (BOUCHON, 2009; VARELA et al, 1988). Par contre, d'un point de vue nutritionnel, les effets de ces huiles sur la santé sont contestés. D'un autre côté, les huiles obtenues à partir d'acides gras polyinsaturés (considérées meilleures pour la santé) vont s'oxyder rapidement et devenir impropre à la consommation (BOUCHON, 2009; VARELA et al, 1988).

III.3.1.2. Vieillessement

Plusieurs facteurs influencent le vieillissement de l'huile, ce qui rend difficile de déterminer le moment précis pour changer l'huile. Une huile usée est d'apparence foncée, épaisse ou visqueuse, peut contenir des dépôts et peut avoir une saveur âcre (ROSSELL, 2001).

L'eau relâchée par les aliments lors de la friture attaque l'huile et libère des composés polaires plus susceptibles à l'oxydation et à la détérioration thermique qui s'accumulent au fil du temps. Le mode d'utilisation affecte ainsi la qualité de l'huile. La température critique à ne jamais atteindre ou dépasser est de 200°C. Pour chaque 10°C supérieur à 200°C atteint, l'huile vieillira jusqu'à deux fois plus vite (DELAGOUTTE, 2007).

Les variations de températures augmentent l'oxydation de l'huile (VARELA et al. 1988).

La fluidité de l'huile permet son écoulement et d'éviter son absorption. Plus l'huile vieillit, moins elle sera fluide et plus elle sera absorbée par les aliments car elle aura moins tendance à s'égoutter (ZIAIAFAR, 2008 ; BOUCHON, 2009).

Suite à des essais, une huile usée contenant moins de 25% de composés polaires n'avait aucune influence sur l'absorption d'huile des frites par rapport à une huile neuve. Selon la Législation de différents pays, une huile contenant entre 24% et 30% de composés polaires est impropre à la consommation (ROSSELL, 2001 ; DALAGOUTTE, 2007).

La filtration permet d'enlever les éléments carbonisés mais pas les composés polaires (d'où l'importante de changer l'huile régulièrement puisque la filtration seule n'est pas toujours suffisante) (FRIEDAMAN, 2000).

III.3.2. La pomme de terre

III.3.2.1. Format de la frite (allumette, coupe régulière, cube)

Le format de la pomme de terre influence l'absorption d'huile. La surface de contact avec l'huile joue un rôle important sur l'absorption d'huile : plus le ratio surface/poids est élevé, plus le produit absorbera de l'huile (ROSSELL, 2001; ZIAIFAR, 2008). Par exemple, une frite allumette absorbera plus d'huile que tous les autres formats. La figure 8 montre que les frites de plus petit format (allumette) absorbent davantage d'huile que les frites de plus gros format.

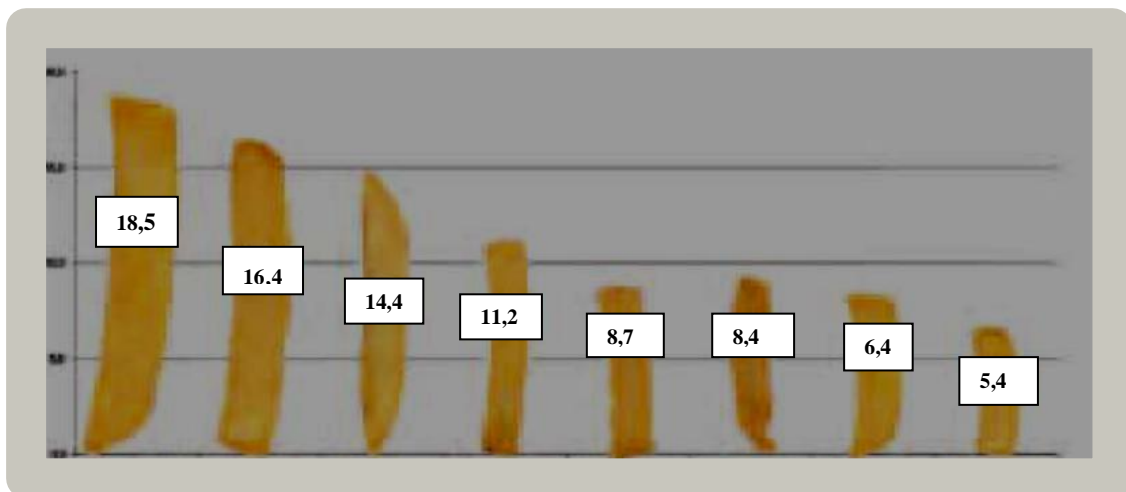


Figure 9 : Teneur en matières grasses (en %) des frites selon leur format de découpe.

III.3.3. Cuisson

III.3.3.1. Evaporation d'eau

La quantité d'huile absorbée augmente en fonction de la quantité d'humidité perdue en cours de friture, puisque l'huile va occuper en partie l'espace laissée par l'évaporation d'eau (ROSSELL, 2001 ; BOUCHON, 2009).

III.3.3.2. Texture

La cuisson modifie la texture et la porosité de la pomme de terre. Pour un même format de coupe, une pomme de terre crue absorbera moins d'huile qu'une pomme de terre précuite, peu importe le mode de pré-cuisson ou de blanchiment (à l'eau ou à l'huile). Ceci peut être expliqué par la porosité de la pomme de terre où plus la pomme de terre est poreuse, plus elle absorbe de l'huile (ZIAIFAR, 2008).

III.3.3.3. Température de friture

Les températures maximales du bain d'huile sont voisines de 180 °C, car le développement de composés toxiques potentiels a entraîné, voire contraint réglementairement, l'utilisation de températures plus basses. En revanche, les températures trop basses (120°C) provoquent une imprégnation d'huile plus importante (BAUMANN et ESCHER 1995 ; SAGUY et PINTHUS 1995 ; UFHEIL et ESCHER, 1996). Il est difficile de discuter de l'effet de la température séparément du temps pour tout traitement thermique. Entre autre la vitesse de déshydratation est proportionnelle au potentiel thermique. D'après POKORNY (1999), l'utilisation de températures d'huile élevées (180°C) permet de diminuer les pertes des composés d'intérêt nutritionnel. En revanche, certains auteurs observent que les fritures à plus basses températures (140°C) provoquent une dégradation des caroténoïdes moins importante qu'à plus haute température (LESKOVA et al. 2006). Dans le même sens, SULAEMAN et al. (2001) montrent que les chips de carotte frites à 165°C ont une rétention plus importante du bêta-carotène qu'à 175°C et 185°C. POKORNY (1999) observe une meilleure rétention du beta-carotène à basse température.

III.3.3.4. Ratio frite / huile

Le ratio frite/huile doit être maintenu inférieur à 1 poids de frite pour 6 poids d'huile (ROSSELL, 2001). Ceci permet de maintenir la température de l'huile à des niveaux de friture (supérieur à 130°C) lors de l'immersion des aliments.

III.3.4) Traitement post-friture (refroidissement)

L'absorption de la majorité de l'huile se produit au moment du refroidissement (20 premières secondes) lorsque la température se situe encore au-dessus de la température d'ébullition de l'eau (~100°C) (ZIAIFAR, 2008). Il a été démontré que la plupart de l'huile absorbée se situe en surface. La quantité d'huile absorbée dépend en grande partie de la quantité d'eau enlevée ou de l'humidité perdue en cours de friture (BOUCHON, 2009). L'égouttage rapide et mécanique (secousses) de l'huile autour de l'aliment à la sortie du bain joue certainement un rôle important sur la teneur finale en gras puisqu'elle réduit la quantité d'huile qui pourrait être absorbée au cours du refroidissement (BOUCHON, 2009; ZIAIFAR, 2008).

III.3.5. Composition d'aliments

L'humidité dans les aliments crée une couverture de vapeur sur la friteuse et réduit le contact avec l'air. Une grande quantité de l'humidité dans les aliments augmente l'hydrolyse de l'huile pendant la friture. Plus la teneur en eau des aliments, plus l'hydrolyse des huiles. Amidon augmente la dégradation de l'huile et des acides aminés à protéger l'huile contre la dégradation au cours de friture (FEDELI, 1988). Les métaux de transition tels que le fer, qui est présent dans la viande, ont été accumulés dans l'huile pendant la friture (ARTZ et al, 2005a) et cela a augmenté le taux d'oxydation et de dégradation thermique de l'huile (ARTZ et al, 2005b).

III.4. Le choix de la friteuse, corps gras et la température en friture

La friteuse doit être conforme aux normes de sécurité et employée selon les règles indiquées par le constructeur. Il est conseillé d'employer des récipients en matériaux inertes, bons conducteurs de la chaleur et faciles à débarrasser des incrustations charbonneuses. Dans les friteuses « à zone froide » le chauffage est situé non plus à la base de l'appareil, mais au tiers de la hauteur; de cette façon, le fond du bain de friture reste constamment à une température inférieure à 60 °C. Cela évite la cuisson des particules qui se déposent, et rend la décantation plus facile.

Les Nutritionnistes conseillent de choisir des huiles stables à la chaleur. Il s'agit des huiles riches en acides gras saturés et mono insaturés comme : l'huile de noix de coco, d'olive et d'arachide. L'huile de palme est stable, mais est la plus riche en acides gras saturés dont l'effet sanitaire à long terme est peu connu. Les huiles de maïs, de tournesol, de colza et de soja sont riches en acides gras polyinsaturés, thermosensibles. C'est ainsi qu'elles sont déconseillées pour les cuissons à température élevée et prolongée et les fritures. De la même manière, la réglementation autorise les huiles de mélange dont la teneur en acide alpha linoléique ne dépasse pas 2% à être vendue pour « friture et assaisonnement ». Mais les nutritionnistes déconseillent l'usage de ces huiles en friture en raison de leur teneur généralement élevée en acide linoléique qui les rend instables à la chaleur. Certaines peuvent être employées en assaisonnement. Enfin les corps gras solides pour fritures sont souvent hydrogénés, donc susceptibles de contenir des acides gras trans indésirables (LABOURET, 2005).

La température ne doit pas dépasser 180°C. Le mode de chauffage doit limiter les surchauffes locales qui favorisent la dégradation de l'huile. A 200°C, l'huile se dégrade avec dégagement de fumées, traduisant des transformations chimiques des constituants de l'huile. Une surchauffe prolongée du bain de friture entre 300 et 350°C induit des étincelles de façon spontanée.

A la température de friture, les protéines et les sucres de l'aliment à frire forment une croûte qui s'oppose à la pénétration de l'huile dans l'aliment. Lors de l'immersion de l'aliment, la température de l'huile chute, ce qui induit une forte absorption de l'huile. C'est la raison pour laquelle, la quantité d'aliment à introduire dans la friteuse ne doit pas être importante. Ainsi, un volume d'aliment doit être introduit ou cuit dans trois volumes d'huile. Les températures de cuisson sont de 150° à 160°C pour les légumes et poissons, 160° à 170°C pour les poulets et beignets et 170°-180 °C pour les frites. La température à laquelle les aliments sont introduits dans la friteuse pour être connue en utilisant un thermomètre à cuisson.

L'huile de friture doit être changée lorsqu'elle brunit ou forme une mousse stable (différente du bouillonnement normal observé à l'introduction des aliments) ou devient plus visqueuse ou au contraire trop épaisse ou lorsqu'apparaissent des fumées ou des odeurs incongrues.

Le bain de friture doit être filtré après chaque usage ; ceci permet d'éliminer les débris d'aliment cuit auparavant qui risqueraient de carboniser lors de l'utilisation suivante du même bain, ce qui dégrade davantage sa qualité.

Le bain de friture utilisé doit être gardé au frais dans un récipient fermé (bouteille en verre), à l'abri de la lumière et de l'air pour éviter les oxydations. Ce bain peut être gardé dans la friteuse si est dotée d'un couvercle. Il n'est toutefois pas recommandé de laisser l'huile plus de 2 ou 3 semaines dans la friteuse sans l'utiliser (LABOURET, 2005).

CHAPITRE IV
ALTÉRATION DES HUILES
VÉGÉTALES



IV. Altération des huiles végétales

IV.1. Dégradation des huiles de friture

Lors du chauffage d'une huile, les AG subissent des dégradations plus ou moins importantes. Les huiles riches en acides gras mono-insaturés (huiles d'olive et d'arachide) sont plus stables et résistent plus à la chaleur que les huiles riches en acides gras polyinsaturés (huiles de maïs et soja).

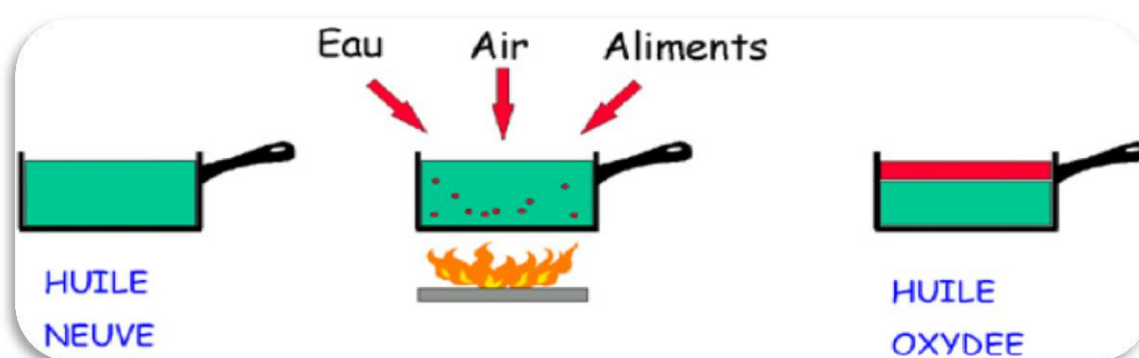


Figure 10 : Réaction de transformation des huiles vierges lors de la friture.

Sous l'effet de l'eau contenue dans les aliments et de l'air, l'huile chaude subit d'une part des transformations chimiques conduisant à la formation de composés polaires et une perte en certains nutriments et l'apparition de composés volatils responsables d'odeurs désagréables et enfin, l'apparition de composés non volatils toxiques à fortes doses.

Lors de la friture des huiles, vingt-six composés chimiques nouveaux se forment dans l'huile. Par ailleurs, d'autres paramètres, tels le mode de friture (continu ou discontinu), le temps de friture, la réutilisation de l'huile ou encore le type d'aliments frits (riches en sucres et en protéines), induisent la formation de composés polaires. (CLAUDE L, LAVOISIER 2013).

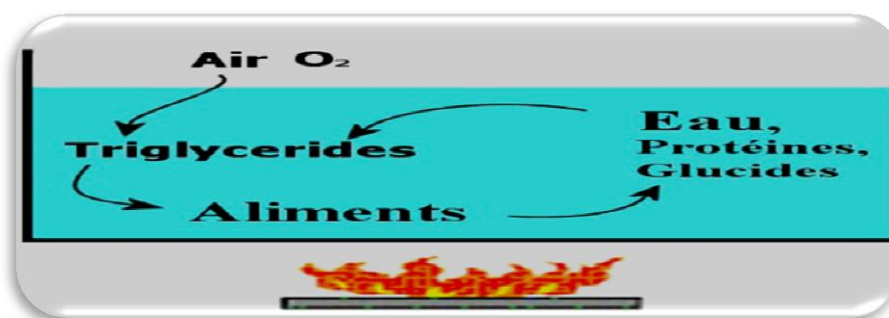


Figure 11: Réactions croisées intervenant dans l'huile lors de son utilisation en friture.

IV.2. Réaction de dégradation des huiles de fritures

Les réactions physico-chimiques se produisant dans le bain d'huile sont nombreuses (figure 11). La vitesse de ces réactions est élevée à de hautes températures ; elles sont induites par la vaporisation de l'eau du produit et l'oxygénation du bain. Elles dépendent ainsi de la température du bain d'huile, de l'oxygène dissous, du temps, des cycles d'utilisation des huiles et des interactions entre l'huile et les constituants de la matrice alimentaire (eau, etc.). Ces facteurs contribuent de façon importante aux changements des propriétés physiques et chimiques des huiles au cours de la friture (DABAGARNES et al. 2000 ; BELITZ et al. 2004).

Les réactions d'oxydation des huiles à partir de 82°C favorisent l'apparition des composés peroxydes et de polymères. L'hydrolyse rompt les liaisons entre les glycérols et les acides gras favorisant ainsi l'apparition des mono- et di-acylglycérols, des acides gras libres et glycérol (BELITZ et al. 2004).

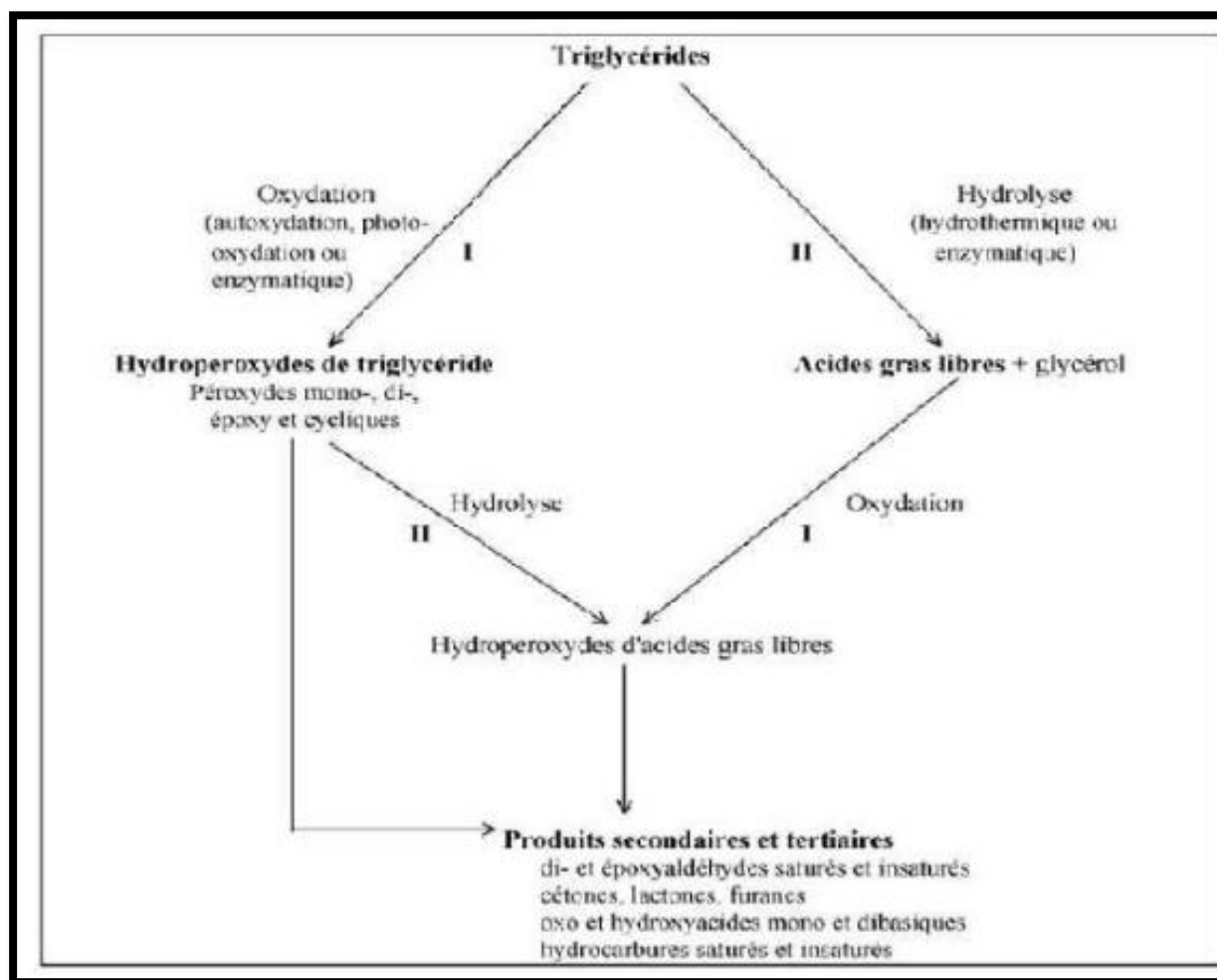


Figure 12: Schéma simplifié des voies d'altération des lipides.

IV.3. Contrôle analytique d'une huile de friture

Le contrôle de la conformité des huiles de friture destinées à la consommation repose essentiellement sur la détermination de deux indicateurs importants à savoir la teneur en composés polaires et l'indice de peroxyde.

IV.3.1. Teneur en composés polaires

La teneur est réalisée à l'aide du testeur d'huile. A ce titre, il y a lieu de préciser que l'article 30 de la loi 09-03 du 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la

répression des fraudes, autorise l'utilisation d'instruments de mesure pour effectuer ce type d'analyse sur le terrain. Cet indice peut éventuellement être complété par des analyses plus approfondies au dans des laboratoires.

IV.3.2. Indice de peroxyde

Cet indice s'intéresse au nombre d'oxygène actif dans les chaînes organiques d'une huile (lipides, acides gras libres, mono-, di- et triglycérides). Cet oxygène actif peut être sous forme d'époxyde ou sous forme d'hydro peroxydes.

Cet indice permet d'évaluer le degré d'oxydation des acides gras insaturés de la matière grasse (rancissement). Plus celui-ci est élevé, plus la matière grasse est oxydée. Cependant, cet indice n'est qu'un indicateur de début d'oxydation : celui-ci augmente pour atteindre un pic puis diminue avec l'état d'oxydation avancée. Les peroxydes forment alors des composés aldéhydiques volatils (exemple : éthanedial (glyoxal)) et non volatils (aldéhydes à longue chaîne carbonée). Ces composés peuvent être (pour les aldéhydes à longue chaîne) reliés à un autre indice, l'indice d'anisidine qui prend en compte les composés aldéhydiques non volatils.

IV.4. Précaution à prendre pour éviter la dégradation d'une huile de friture

a) L'utilisateur doit être attentif aux signes indiquant l'altération de l'huile, il s'agit :

- brunissement de l'huile ;
- apparition de mousse ;
- huile devenant plus visqueuse ou trop épaisse ;
- apparition de fumées ;
- apparition d'odeurs incongrues.

b) Filtrez le bain d'huile après chaque usage afin d'éliminer les débris qui risqueraient de carboniser lors de la friture suivante et contribueraient par conséquent à sa dégradation.

c) Ne pas laisser l'huile plus de 2 ou 3 semaines dans la friteuse sans la réutiliser : la stocker de préférence dans un récipient fermé (bouteille en verre), dans un endroit frais à l'abri de la lumière et de l'air afin d'éviter toute oxydation.

d) Ne pas utiliser l'huile plus de 6 à 7 fritures.

- e) Jetez l'huile qui a fumé, qui est trop foncée, trop visqueuse, qui a une odeur rance, qui mousse et ne bouillonne pas lorsqu'on ajoute les aliments.

- f) Ne jamais dépasser la température de 180°C pour le bain de friture.

- g) Plongez lentement l'équivalent d'un volume d'aliment dans trois volumes d'huile.

- h) Séchez le plus possible les aliments pour limiter l'introduction d'eau dans le bain d'huile.
- i) Evitez de faire frire différents types d'aliments en utilisant le même bain d'huile.

- j) Protégez les huiles de fritures de l'air, de la lumière et de la chaleur pour éviter une éventuelle oxydation.

DEUXIÈME PARTIE

ETUDE EXPÉRIMENTALE



MATERIEL ET

METHODES



I. Matériel et Méthode

I.1. Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude était de synthétiser les résultats de mémoires de fin de cycle soutenu dans notre département.

Les différentes études avaient pour thème: évaluation des qualités des huiles des bains de friture prélevées dans différent fastfoods de la wilaya de Tizi-Ouzou.

I.2. Les huiles commercialisées en Algérie

En Algérie CEVITAL est l'un des principaux acteurs dans le domaine du raffinage des huiles et dans la production d'huile et de margarine. Dans le secteur des huiles de graines, les principaux producteurs sont Cevital, Safia, Afia Algérie, SIM et La Belle. L'Algérie, qui importe l'essentiel de sa consommation d'huile, essaie de développer et de valoriser sa production d'huile. Ces huiles sont utilisées pour l'assaisonnement, la cuisson ou la friture (Agroligne N°97 - Novembre / Décembre 2015).



Figure 13 : images correspondantes aux différentes huiles commercialisées en Algérie.

Tableau VI: différentes huiles produites en Algérie avec leur composition.

Marque	Entreprise de production	Nature de l'huile
Huile ELIO	CEVITAL SPA BEJAIA	80% Soja, 20% Tournesol
Huile FLEURIAL	CEVITAL SPA BEJAIA	100% Tournesol
Huile FRIDOR	CEVITAL SPA BEJAIA	25 % tournesol, 25 % soja et 50 % ODF
Huile AFIA	AFIA SPA Oran	95% Soja, 5% maïs
Huile LYNOR	PROLIPOS Sarl Ain M'lila	90% Soja, 10% Palme
Huile SAFIA	Groupe Cogral Algérie Alger	100% Soja
Huile LABELLE	CO-GB La Belle Bejaia	100% soja
Huile Bahia	Groupe SIM SPA Blida	

I.3. Altération des huiles de friture

Le problème d'altération des huiles alimentaires constitue un problème majeur en industrie des corps gras. En effet, il est évident que l'oxydation des huiles conduit en général à des conséquences indésirables en portant préjudice aux qualités organoleptiques, nutritionnelles et dans des conditions extrêmes, des substances toxiques peuvent se former. Ces altérations peuvent causer des pertes considérables tant sur le plan alimentaire que sur le plan économique.

Ainsi les deux altérations pouvant se produire pendant le stockage d'une huile à savoir l'acidification et le rancissement par oxydation entraînent l'altération de la flaveur. On distingue généralement :

I.3.1. Altération biologique

Des micro-organismes sont généralement introduits par l'atmosphère ambiante, par l'appareillage de traitement non stérilisé, par les emballages, par le contact humain et par les insectes.

L'action de ces micro-organismes a pratiquement pour résultat la formation d'enzymes génératrices d'acides gras, de produits d'oxydation, d'aldéhydes et de cétones ; ce qui se traduit par des modifications d'apparence, de texture, de saveur et aussi par l'apparition de produits toxiques (FRANÇOIS ,1974). Le cas le plus généralement étudié est celui d'une altération par *Aspergillus flavus*.

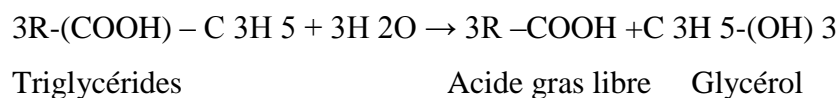
I.3.2. Altération chimique

Les facteurs d'altération chimique sont induits par deux phénomènes :

I.3.2.1. Phénomène d'acidification (d'hydrolyse)

Les lipides sont susceptibles de s'hydrolyser en glycérols et en acides gras libres en présence de lipases (soit endogènes ou exogènes) (ALAIS et LIDEN, 1997).

La réaction globale d'hydrolyse des lipides est la suivante :



Il existe deux types d'hydrolyse:

- **Hydrolyse enzymatique:** Cette réaction se déroule seulement dans les huiles brutes ; au cours du stockage et du transport de la matière première. Les enzymes responsables de cette hydrolyse sont les lipases (TRIMOLIERE ,1984).

- **Hydrolyse spontanée:** Elle à lieu au cours du stockage et du traitement thermique des huiles, elle est favorisée par la présence des acides gras libres et le taux d'humidité.

Cette hydrolyse s'accompagne par une oxydation, car les acides gras libres s'oxydent 10 fois plus vite que les triglycérides (TRIMOLIERE ,1984).

I.3.2.2. Phénomène d'oxydation

L'auto-oxydation d'un corps gras est un phénomène purement chimique très complexe mettant en jeu des réactions radicalaires capables de s'auto entretenir et qui ne nécessitent que la présence de l'oxygène atmosphérique (oxygène activé bi radicalaire).

Lorsqu'ils sont extraits de leur contexte de protection naturelle (cellules oléifères pour les graisses et huiles végétales, adipocytes pour les corps gras animaux), tous les lipides subissent au cours de leur conservation ou de leurs utilisations, des altérations de type auto oxydatif. Ces altérations plus ou moins marquées au niveau des composés non volatils formés selon les conditions d'emploi (conservation et utilisation à froid ou à chaud, cuissons, fritures ...), sont toujours nettes lorsque l'aspect sensoriel est pris en considération, en particulier par l'apparition du défaut de rance (PERRIN, 1993). Il s'en suit une implication directe du phénomène d'oxydation sur la valeur marchande des huiles et des corps gras et donc sur leurs DLOV (Date Limite Optimale d'Utilisation).

- **La photo-oxydation:** L'oxydation est activée par la lumière et réagit avec les acides gras insaturés (addition sur les doubles liaisons) pour former des hydroperoxydes sans passer par la formation de radicaux (DELACHARLERIE et al, 2008). La photo-oxydation est une voie importante de production d'hydroperoxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photosensibilisateurs tels que les hémoprotéines, la chlorophylle ou la riboflavine.

• **L'oxydation enzymatique:** L'oxydation est initiée par une enzyme (lipoxygénase, cyclo-oxygénase). Si on prend comme exemple la digestion des lipides chez l'Homme, la lipolyse enzymatique sera réalisée par le biais d'estérases. Ces estérases font partie de la classe des hydrolases (DELACHARLERIE et al, 2008). Il faut remarquer que cette réaction met en jeu plus particulièrement le tri glycérols comme un substrat insoluble ou peu soluble dans un milieu aqueux avec une enzyme soluble. Il est donc nécessaire que la réaction s'effectue en présence d'agents émulsifiants qui permettront la fabrication de micelles. La réactivité des lipases va dépendre de la nature du substrat (mono, di ou tri glycérol), de la nature des acides gras (chaîne courte, Contrôle de la qualité physico-chimique et sanitaire des huiles alimentaires, moyenne ou longue, présence ou non d'insaturation), de la stéréochimie du substrat.

• **La thermo-oxydation:** A température élevée, lors de friture plate (en surface) ou profonde (bain d'huile), les réactions d'oxydation vont s'accélérer et donner des réactions secondaires plus variées, telles que les isomérisations, les cyclisations, les hydrolyses (FRENOT et VIERLING, 2001). Les produits primaires de la thermo-oxydation sont identiques à ceux de l'auto-oxydation, c'est à dire des radicaux peroxydes, des hydroperoxydes, des radicaux libres alors que les produits secondaires sont la cause de la température élevée qui favorise la décomposition' de l'hydroperoxyde d'acide gras en radicaux libres. : On distingue deux types de produits secondaires:

Produits volatils d'altération thermo oxydative (PAT)

Ces produits volatils à la température de friture ne resteront pas dans l'aliment frit et ne seront pas ingérés avec lui. Ils sont responsables de l'odeur de friture.

Produits d'altération thermo oxydative non volatils

La formation de produits non volatils est à surveiller car ils se retrouvent dans les aliments. Les molécules ainsi produites peuvent atteindre 500 espèces chimiques nouvelles. En général à l'état de trace, elles ne sont toxiques que lorsque leur consommation augmente (FRENOT et VIERLING, 2001).

I.4. Analyses physico-chimiques

I.4.1. Analyses physiques

I.4.1.1. Taux de composés polaires

Le taux de composés polaires (TPC) est défini comme étant le pourcentage en poids de composés d'altération néoformés au cours du chauffage des huiles de friture (GUILLEN et URIATE, 2011).

Dans cette étude, la mesure des composés polaires des huiles des bains de friture a été réalisée à l'aide d'un appareil dénommé le «Testo 270» (figure13). Cet appareil permet une mesure précise des composés polaires présents dans l'huile; la valeur donnée révèle une approche des polymères responsable de la dégradation des huiles de friture.

Cette procédure consiste à contrôler ces huiles sur le terrain à l'aide du testeur d'huile. A ce titre, il y a lieu de préciser que l'article 30 de la loi 09-03 du 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes, autorise l'utilisation d'instruments de mesure pour effectuer ce type d'analyse sur le terrain. (Cet instrument permet de déterminer le taux des composés polaires issus de la dégradation des huiles de friture provoquée par la chaleur).



Figure 14 : image de l'appareil «Testo 270».

Le fonctionnement de l'appareil se fait comme suit : après avoir chauffé les échantillons d'huiles à analyser à une température supérieure à 40°C, on plonge le capteur de l'appareil dans l'huile chaude de sorte de ne pas dépasser le trait indiqué sur cette dernière, le pourcentage en TCP ainsi que la température de l'huile analysée s'affiche directement sur l'écran.

I.4.1.2. Détermination de la densité à 20°C (AFNOR NF T606-21,1984)

C'est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à 20°C, et la masse d'un volume égal d'eau distillée à la même température (LION, 1955). La densité est déterminée en pesant une éprouvette de 5ml de même volume d'eau et d'huile prises à la même température.

* Expression des résultats

Soit :

m: poids de l'éprouvette vide.

m1: poids de l'éprouvette pleine d'eau.

m0: poids de l'éprouvette pleine d'huile.

$$D = \frac{m1 - m}{m0 - m}$$

I.4.1.3. Teneur en eau et matière volatils (AFNOR NF T 606-201, 1984)

C'est la perte en masse subie par l'échantillon après chauffage à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ exprimée en pourcentage de masse. TI consiste à provoquer le départ d'eau par chauffage d'une quantité connue d'huile jusqu'à élimination complète de l'eau (KARLESKIND, 1992).



Figure 15: image d'une étuve.

*** Expression des résultats**

La teneur en eau est exprimée en pourcentage en masse égale à :

Soit:

m0: masse en gramme du bécher.

m1: masse en gramme du bécher et de la prise d'essai.

m2: masse en gramme du bécher et du résidu de la prise d'essai après chauffage).

$$H\% = \frac{m1 - m2}{m1 - m0} \times 100$$

I.4.1.4. Viscosité

La viscosité est définie comme étant le coefficient de frottement intramoléculaire. La viscosité des acides gras et des triglycérides est liée à leurs structures, à la longueur de la chaîne et à leur saturation. Elle augmente avec le poids moléculaire et diminue avec l'augmentation de l'insaturation. La viscosité des huiles est relativement très élevée. C'est la mesure du temps que nécessite une balle en métal pour s'écouler dans un capillaire d'un viscosimètre rempli d'huile.



Figure 16: image accompagnée d'un dessin représentatif d'un viscosimètre.

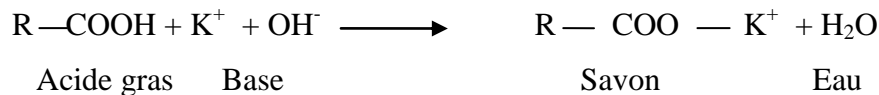
*** Expression des résultats**

Soit:

$$\mu C.p0 = K pf - p t$$

 μ : La viscosité en Centipoise.**Pf** : La densité de la balle de métal qui est égal à 8,02g/ml.**P** : La masse volumique de l'huile (g/ml).**t** : Le temps de chute en minutes.**K** : Constante du viscosimètre qui est égal à 35.**I.4.2. Analyse chimique****I.4.2.1. Indice d'acidité (AFNOR-NF T60-204,1988)**

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour la neutralisation des acides libres contenus dans un gramme de corps gras (**LION, 1955**). Il Consiste à neutraliser les acides gras libres à l'aide d'une solution de KOH en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré, selon la réaction suivante:

*** Expression des résultats:**

L'indice d'acidité est donné par la formule suivante:

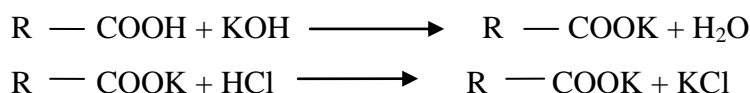
$$A(\%) = \frac{V \times N \times m}{10 \times M}$$

Soit:

A: acidité exprimée en pourcentage.**V**: volume en (ml) de la solution KOH utilisée pour le titrage.**N**: normalité de la solution KOH qui égal à 0,1N.**m**: masse en (g) de la prise d'essai.**M**: masse molaire de l'acide oléique (282,5g/mol).

I.4.2.2. Indice de saponification

L'indice de saponification correspond au nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier les acides gras contenus dans un gramme de matière grasse. Cette valeur est d'autant plus élevée que les acides gras sont de faible poids moléculaire (LION, 1955).



* Expression des résultats

L'indice de saponification est donné par la relation suivante:

$$Is \text{ (mgKOH } g = N \times Eq \times V_0 - V_1 \text{ p}$$

Soit:

Is : indice de saponification exprimé en milligramme par gramme;

V0: volume de la solution d'HCl 0,5 N utilisée pour l'essai à blanc (ml).

V: volume de la solution d'HCl 0,5 N utilisée pour l'essai avec le corps gras (ml).

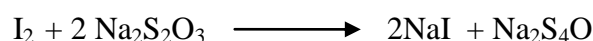
P : prise d'essai en gramme;

N : normalité d'HCL (0.5N);

Eq : Equivalent gramme de KOH (56.1 g/mol).

I.4.2.3. Indice de peroxyde (AFNOR-NFT60-22)

L'indice de peroxyde est une mesure permettant d'estimer la quantité de peroxydes présents dans une matière grasse. Les peroxydes sont des constituants caractéristiques de l'oxydation des acides gras insaturés, ils sont déterminés en se basant sur leur propriété de libérer l'iode de l'iodure de potassium dans les milieux acides. L'iode libéré est mesuré par la réaction avec le thiosulfate, sachant que 1ml de thiosulfate 0,01 N correspond à une quantité de 80 mg d'oxygène fixé sur les acides gras (LION, 1955).



*** Expression des résultats**

Soit:

I_p: Indice de peroxide exprimé en milliéquivalent gramme par kilogramme.

V₀: Volume de la solution thiosulfate de sodium pour l'essai à blanc en ml.

V₁: Volume de thiosulfate de sodium utilisé en ml.

N: Normalité de la solution de thiosulfate de sodium 0.01N.

P: Prise d'essai en gramme.

$$I_{P \text{ (meqO}_2/\text{Kg)}} = N (V_1 - V_0) \times 1000 / P$$



*Résultats et
Discussion*

The image features a magnifying glass with a black handle and frame, positioned over a grid. Inside the lens, a bar chart with five bars of different colors (purple, orange, blue, green, red) is visible. The background consists of several overlapping sheets of paper with various graphs, including line graphs and coordinate systems. The text 'Résultats et Discussion' is written in a large, black, cursive font across the center of the image.

II. Résultats et discussion

II.1. Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude était de synthétiser les résultats de mémoires de fin de cycle soutenu dans notre département.

Les différentes études avaient pour thème: évaluation des qualités des huiles des bains de friture prélevées dans différents fastfoods de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Les différents établissements de la restauration rapides (fastfoods) inspectés sont:

- (5) Fastfoods au niveau de la ville d'Azazga (BOUHALOUFA et MOUDER, 2018).
- (15) Fastfoods au niveau de la ville d'Azeffoune (BENHAMOU, 2017).
- (9) Fastfoods au niveau de la ville de Draa Ben Khedda (BOUFATIS, 2019).

Il est important de signaler que les 29 fastfoods enquêtés utilisent l'huile de marque «Elio » fabriquée par l'unité (Cevital) conservable pendant 24 mois, le choix de cette huile est dicté par son prix relativement bas par rapport aux autres huiles raffinées commercialisées.

Les caractéristiques de cette huile portées sur l'étiquette de l'emballage sont les suivantes :

- 100% végétale (contient 80% soja et 20% tournesol) ;
- Température conseillée : max 180°C ;
- Conservation dans un endroit propre et tempéré ;
- Stockage à l'abri de la lumière et source de chaleur.

La particularité de cette huile est son rapport AGPI/ AGS élevé ;(Sadoudi et al, 2014) l'ont estimé à 5,15. Le tableau (VII) intègre quelques caractéristiques physico-chimiques d'une huile alimentaire raffinée publiées dans le Codex Alimentarius de 1983.

Tableau VII : Caractéristiques physico-chimiques d'une huile alimentaire (Codex Alimentarius, 1993).

Indices physicochimiques	Norme Codex Alimentarius (1983)
d²⁰₂₀	0.913 - 0.932
IA	2.2 – 7.26
IS	189 – 195.2
IP	5.2 – 7.0

L'apparition de la qualité des huiles des baigns de friture prélevées est évaluée en mesurant et déterminant certains indices, comme: (Taux de composés polaires, l'humidité, la densité, la viscosité, l'acidité, indice de saponification et l'indice de peroxyde).

II.2. Analyses physico-chimiques

Les paramètres physiques les plus contrôlés pour mesurer la dégradation des huiles au cours de la friture sont : la densité, la viscosité, l'humidité, les composés polaires et les polymères des triglycérides. Ces deux derniers paramètres sont d'ailleurs réglementés en France (décret 2008-184 du 26 février 2008) avec des limites respectives de 25% et 14% (ANONYME, 2012).

II.2.1. Dosage du taux de composés polaires totaux (CPT)

La détermination des composés polaires totaux (CPT) dans l'huile de baigns de friture fournit la mesure la plus fiable de l'ampleur de la dégradation oxydative (ANDRALI et al. 2010). Ils sont représentés principalement par les monomères de triacylglycérol oxydés (TGMOX). Ces produits, souvent toxiques, affectent l'état nutritionnel du consommateur (GUILLENE et URIARTE, 2011).

La détérioration d'une huile de friture se traduit généralement par une augmentation de sa polarité ; la teneur en composés polaires est un indicateur de la qualité des huiles de friture (JUAREZ, 2011). Parmi les composés polaires, on peut distinguer deux groupes : les composés initialement présents dans la MG avant usage et les produits d'altération thermo-oxydative.

L'association Française de la Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a rappelé dans un avis daté de juin 2005 qu'une teneur en composés polaires inférieure à 25% après chauffage est de nature à protéger la sécurité du consommateur et que le respect des bonnes pratiques d'utilisation des huiles en friture profonde est de nature à limiter l'apparition de composés chimiques indésirables. Le tableau (VIII) qui représente les limites inférieures et supérieures des CPT des huiles chauffées selon le guide d'emploi de l'appareil Testo 270.

Tableau VIII : Limites inférieures et supérieures des CPT des huiles chauffées selon le guide d'emploi de l'appareil Testo 270.

Couleur de l'alarme	Etat de l'huile	Valeur des TPM
Verte	Bonne qualité	Valeur TPM < limite inférieure à 20%
jaune	Limite d'utilisation d'huile	Valeur TPM entre les limites supérieures et inférieures.
rouge	Changement d'huile	Valeur TPM > limites supérieures à 25%.

Ainsi, le dosage de composés polaires est un indicateur de la qualité des huiles de bains de friture ; il donne des informations sur la teneur globale en composés néoformés ; ces derniers ont une polarité plus élevée que celle des triglycérides des huiles à l'état frais. La réglementation actuelle limite leur taux à 25% (ROMAN, 2013).

Le contenu en CPT a été suggéré comme un bon indicateur de la qualité d'huile de friture. Des coefficients de corrélation élevée ont été établis entre ce paramètre physique et d'autres critères, tels que : l'acidité, l'indice d'iode, l'indice de couleur, les AGS, AGMI et AGPI, ainsi que les acides gras trans, mono et polyinsaturés (SANIBAL et MANCINI-FILLHO, 2004).

Lorsque les conditions de friture sont maîtrisées, les produits frits sont de bonne qualité gustative et les CPT ne se forment qu'en très petites quantités tolérées par l'organisme vivant de l'Homme (consommateur) (COMBE et ROSSIGNOL, 2010).

La dénomination CPT concerne tous les produits formés lors du chauffage d'un CG. D'un point de vue chimique, les CPT regroupent les AGL, les mono et di glycérides, les dimères et trimères de triglycérides (appelés polymère de triglycérides), ainsi que d'autres substances polaires oxydées, comme les AG oxydés, triglycéride oxydés, etc. (ANONYME, 2007).

Selon SANTOS (2017), les fractions principales des CPT sont des TGO ; ces derniers sont les principaux produits de dégradation, suivis par les dimer et polymères de triglycérides ; ils suivent la même tendance que celle des TPC : quantité plus élevées en friture et faible dans l'huile fraîche.

C'est ainsi que le pourcentage de CPT est considéré comme étant un indicateur de la dégradation des triglycérides ; il est utilisé dans plusieurs pays pour évaluer et contrôler la qualité des huiles ; le maximum toléré est d'environ 25% (ANNONYME, 1995).

La limite de la valeur CPT en (%) en vigueur en Allemagne et la France est de 24%, tandis qu'en Espagne, Italie et la Turquie, cette limite est de 25%, la Chine, le Suisse et l'Autriche l'ont fixé 27%.

Plusieurs pays ont suggéré qu'une huile de bain de friture avec un teneur en CPT de 25-27% devrait être rejetée (MASSON et al, 1999 ; FIRESTONE, 1993). La limite maximale tolérée est de 25%. Les résultats des taux de composés polaires des huiles de bains de friture prélevées dans les fastfoods (FF) des 3 régions sont portés dans le tableau (IX) :

Tableau IX: Taux de TCP des huiles de bains de fritures prélevées

Régions	DBK (n = 9)	Azeffoune (n = 15)	Azazga (n = 5)
(CPT %)	23,55%±	21,25%±	22,73 ± 4,813%
La norme du Codex Alimentarius 1983	Le maximum toléré est d'environ $\leq 25\%$		

Dans l'étude effectuée à la ville Draa Ben Khedda, le CPT des échantillons sont déterminés à une température comprise entre 40-70°C. D'après les résultats portés dans ce tableau, ils ont remarqués que la majorité des huiles de bains de fritures ont un taux de composés polaires inférieur à la limite maximale fixé par l'AFSSA en 2005, soit 66,66% des fastfoods à l'exception de deux fastfoods dont les taux enregistrées sont supérieur qui ont atteint 55% et 51%.

Ainsi, 7 fastfoods des 9 répertoriés dans la ville de DBK respectent les conditions de fritures et par conséquent offrent aux consommateurs des aliments frits sains. Mieux encore, 67% des fastfoods utilisent une huile de bains de friture de bonne qualité à un taux compris entre 4,5% à 19,5% (inférieur à 20%). Un fastfood utilise une huile impropre à la consommation, d'un taux de composés polaire de 30,50%. Pour les 2 fastfoods restants, leurs huiles dépassent le seuil des 25% fixés ; des valeurs maximales de 51 à 55% ont été notées. L'utilisation de ces huiles dans la préparation des frites est jugée dangereuse par (GUILLENE et URIARTE (2011).

Cependant, les valeurs obtenus dans les fastfoods des trois régions (DBK, Azeffoune et Azazga) sont notamment inférieures à la norme (moins de 25%), ce qui permettrait d'utiliser cette huile dans d'autres cycles de friture ; les conditions expérimentales fixées, à savoir une température de 180°C, un temps de friture court (4min) et l'utilisation d'une

friteuse neuve pourraient expliquer la stabilité de l'huile durant les vingt fritures, alors que les recommandations portées sur l'emballage de cette huiles se limite uniquement à 10 fritures.

Une surutilisation de l'huile pendant la friture à une très haute température (supérieure à 180°C) induit la formation et l'accumulation de l'acroléine dans les frites préparées. Cette dernière est un aldéhyde ($H_2C=CH-CHO$), extrêmement toxique par inhalation et ingestion. Ce composé se forme comme suit : la chaleur rompt les liaisons s'établissant entre les AG à longue chaînes et la molécule de glycérol ; cette dernière perd deux molécules d'eau, ce qui forme l'acroléine.

Lors de la friture, l'eau apportée par l'aliment peut provoquer une hydrolyse partielle de l'huile avec libération d'acides gras libres et de glycérides partiels, voire de glycérol pouvant en conditions très drastiques conduire à la formation et l'accumulation de l'acroléine. De plus, le dégagement de la vapeur d'eau entraîne des composées volatiles oxydées conférant l'odeur caractéristique de l'huile chauffée. Par ailleurs, le contact avec l'air entraîne la formation de composés oxydés, via des mécanismes radicalaires fortement catalysés par la chaleur (COMBE et al., 2010).

Par ailleurs, les hydroperoxydes formés à partir les AGPI sont rapidement, soit scindés en molécules volatiles (aldéhyde, hydrocarbure), soit remaniés sous forme d'acides oxydés porteur d'une ou plusieurs fonctions hydroxyle (-OH), cétone (=O) ou époxyde (-O-). Sous l'effet de la chaleur, ces acides oxydés peuvent eux-mêmes, se dimériser, voire se polymériser pour conduire à des glycérides à la fois plus polaires et à plus haut poids moléculaire que les triglycérides natifs de l'huile.

En parallèle, les acides gras insaturés oxydés ou non, peuvent aussi se polymériser, plus rarement se couper ou se cycliser ; les doubles liaisons peuvent se déplacer ou se modifier pour former une autre catégorie de composés nouveaux, en l'occurrence les acides gras conjugués ou trans (COMBE et al., 2010).

Durant le chauffage, les AGPI des CG, très sensible, se dénature en se transformant partiellement en substances indigestes et cancérigènes. En effet, lors de la cuisson à une T° trop élevée, il se produit un « thermo-craquage » dégradant ces huiles en composés toxiques,

tels que l'acroléine et certains « goudrons », ce qui rend les aliments préparés indigestes et nocifs pour l'organisme (ANONYME, 2012).

Le tableau (IX) porte les résultats de CPT des échantillons d'huiles de bains de fritures prélevés au niveau des fastfoods des trois communes de (DBK, Azefoune, Azazga avec une indication de la norme) du Codex Alimentarius 1983. Il ressort de ces résultats une conformité à cette norme pour les trois établissements.

Les valeurs enregistrées dans les trois régions répondent à la norme exigée par le Codex Alimentarius qui ne doit pas dépasser 25%.

Mais la valeur enregistrée à DBK (23,5%) est supérieure à celles d'Azefoune et d'Azazga (21,252% et $22,731 \pm 4,813\%$), cette augmentation signifie que les conditions de fritures ne sont pas maîtrisées au niveau des fastfoods situé dans la commune de DBK car lorsque ces conditions sont maîtrisées les produits frits sont de bonne qualité gustative et les composés polaires totaux ne se forment qu'en très petite quantité tolérés par l'organisme.

II.2.2. L'humidité

Selon les normes fixées par le Codex Alimentarius de 1999, les huiles raffinées fraîches ne doivent pas contenir de l'eau, même sous forme de trace. Lors du traitement technologique, notamment à l'étape de désodorisation, l'humidité contenue dans l'huile brute est éliminée.

Selon les travaux antérieurs menés dans un laboratoire de l'université, l'huile affinée « Elio » à l'état frais à un taux d'humidité de 0,02%. Cette eau se forme essentiellement lors de l'étape de la désodorisation industrielle du processus de raffinage.

Tableau X: Valeurs d'humidité des échantillons d'huiles des bains de fritures

Régions	DBK (n = 9)	Azeffoune (n = 15)	Azazga (n = 5)
Humidité (%)	0,341%	/	0,189 ± 0,068%

D'après le tableau, on remarque une augmentation de l'humidité des échantillons d'huiles de bains de friture prélevés dans les fastfoods de la région de DBK par rapport à l'humidité des échantillons d'huiles de bains de friture prélevées dans la région d'Azazga.

On observe une augmentation de l'humidité dans la région de DBK où ils ont enregistré la valeur (0,341%) dont on peut voir une forte humidification des huiles de bains de friture par rapport à la région d'Azazga où ils ont enregistré la valeur (0,189% ±0,068) cela indique un stade d'altération avancé des échantillons d'huile prélevé et cela peut être dû au mauvais égouttage des bâtonnets des frites.

Selon les résultats obtenus dans l'analyse des huiles des bains de friture dans la région de DBK en termes de taux de composé polaire et d'humidité on peut dire qu'il y a une relation entre ces deux paramètres car dans cette région ils ont enregistré une valeur supérieure lors de l'analyse du taux de composés polaires et même lors de l'analyse de l'humidité.

Par ailleurs, l'eau contenue naturellement dans les bâtonnets de frites fraîches introduits dans la friteuse pourrait contribuer à l'augmentation de l'humidité de l'huile de bains de friture prélevée.

II.2.3. La densité

La détermination de la densité d'une huile permet de connaître le degré de sa pureté. Ce critère physique est en fonction de la composition chimique de cette huile et de sa température. Elle est influencée par sa composition intrinsèque, la longueur de la chaîne hydrocarbonée ainsi que l'insaturation de ses AG constitutifs (KARLESKIND, 1992).

La densité est fonction non seulement de l'insaturation, mais aussi de son état d'oxydation ou de polymérisation. Elle dépend de sa température et de sa composition chimique. La densité des AG et des glycérides diminue au fur et à mesure que leur poids moléculaire diminue et le degré de l'insaturation augmente (WOLFF, 1968).

La densité moyenne de l'huile raffinée fraîche de marque «elio» car elle est la plus largement utilisée et la plus commercialisée est de 0,907; elle est inférieure à la limite minimale de la norme du Codex Alimentarius (1999), établie entre 0,919 et 0,925. Durant les essais de fritures, ces valeurs ont changé. Les résultats de la densité des huiles de bain de friture prélevés dans les différents fastfoods sont portés dans le tableau (XI).

Tableau XI: Variation des valeurs de la densité des échantillons d'huile de baign de friture

Les régions	DBK (n = 9)	Azeffoune (n = 15)	Azazga (n = 5)
La densité	0,847 ± 0,097	0,98	0,992 ± 0,018
La densité moyenne de l'huile raffinée fraîche de marque «elio» est de 0,907			

Les densités des échantillons d'huiles de bain de friture collectés dans les différents fastfoods des trois régions (DBK, Azeffoune et Azazga) ont été déterminées à une température de 20°C.

Il ressort clairement de ces résultats une évolution différente de ce paramètre parmi les trois fast-foods inspectés. Une diminution de la valeur de la densité est enregistrée pour tous les fastfoods de la région de DBK.

Selon **EL SHAMI et al. (1992)**, la diminution de la densité serait due à la formation d'AGL de faible poids moléculaire par hydrolyse suite à l'augmentation de la teneur en eau; elle serait également due à la formation des composés primaires d'oxydation aux chaînes plus au moins courtes.

II.2.4. La viscosité

La viscosité d'une huile est sa résistance à son écoulement. La mesure de la viscosité pourrait être un bon test pour apprécier l'état d'altération des corps gras. Au cours des fritures, l'augmentation de la viscosité peut atteindre 20 à 70% de la valeur initiale selon le type d'huile utilisée (**PERRIN, 1992**).

L'huile « Elio » a une viscosité moyenne de 36,14 C.Po. Les valeurs de la viscosité des huiles de friture doivent être comprises entre 53 et 58 C.Po (**POUZET, 1992**).

La viscosité des échantillons des huiles de bains de friture collectée dans les différents fastfoods ont été déterminées à une température de 20°C. Les résultats obtenus sont intégrés dans le tableau(XII).

Tableau XII: résultats de la viscosité moyenne des bains de fritures prélevés.

Les régions	DBK (n = 9)	Azeffoune (n = 15)	Azazga (n = 5)
Viscosité (C.Po)	51,195 ± 2,533	/	56,018 ± 5,602
Dans cette étude l'huile utilisée c'est «elio» qu'a une viscosité moyenne de 36,14 C.Po.			

Il ressort clairement de ce tableau une augmentation élevée de la viscosité des huiles de bains de friture prélevées de tous les restaurants de la consommation rapide. Selon (PERRIN, 1992), l'augmentation de la viscosité peut atteindre 20 à 70% de la valeur initiale selon le type d'huile utilisée.

Selon **OLLE (1998)**, l'accroissement de la viscosité de l'huile au cours des fritures répétées serait dû à la formation des composés secondaires non volatiles de haut poids moléculaire (les polymères) ; cette augmentation de la viscosité confère à l'huile une consistance sirupeuse.

Les polymères se forment à partir des radicaux libres ou TAG. L'accumulation de ces produits polymérisés augmente la viscosité d'huile de friture. La viscosité d'une huile est relativement élevée, en raison de la diminution de l'angle de contact à cause de la formation de composés polaires et l'attraction entre les longues chaînes hydrocarbonées, donc la viscosité augmente avec la longueur des chaînes.

Dans le cas d'un chauffage électrique, la formation de ces polymères résulte de la polymérisation thermique, plutôt que la polymérisation oxydative puisque l'apport d'oxygène est limité uniquement par la vapeur qui provient de l'aliment (GERTZ et KOCHAAR, 2001).

II.2.5. Acidité

L'acidité est un moyen de mesurer le degré d'altération hydrolytique d'une huile; elle permet de mettre en évidence une hydrolyse; néanmoins, cette hydrolyse ne prévoit pas le degré d'oxydation ou de polymérisation des AG. Elle renseigne juste sur le taux d'AGL présents dans une huile (KPOVISSI et al., 2004).

Elle est souvent exprimée en quantité d'acide oléique. Elle renseigne principalement sur l'altération des TG suite à une hydrolyse chimique ou enzymatique dans les conditions propices (ADRIAN et al., 1998).

Selon WASSEF et NAWAR (1996), l'hydrolyse est la majeure réaction produite durant les fritures profondes due à la grande quantité d'eau libérée par l'aliment frit (pomme de terre) mais également aux hautes températures appliquées (180°C).

L'huile « Elio » a l'état frais a une acidité de 0.15% ; cette valeur est en concordance avec la norme algérienne (NA 1169 – 1990) requise (max 0,20%) ; ceci dénote une maîtrise du raffinage dans l'unité où cette huile est élaborée.

Les résultats du test de l'acidité appliqué à tous les échantillons d'huiles de bains de friture prélevés des différents fastfoods sont indiqués dans le Tableau (XIII).

Tableau XIII: Valeurs moyennes de l'acidité des huiles de bains de friture.

Les régions	DBK (n = 9)	Azeffoune (n = 15)	Azazga (n = 5)
Acidité (%)	0,374 ± 0,125	0,535±	0,313 ± 0,087
<p>La norme Algérienne (NA 1169-1990) requise (max 0,20%). La norme du Codex Alimentarius (1983) est comprise entre (0,3%).</p>			

Selon les résultats portés dans ce tableau, on remarque une acidification des huiles de bains de friture de tous les fast-foods. Les valeurs de l'acidité les plus élevées sont enregistrées sur l'huile de bain de friture prélevée dans les fastfoods de la région touristique d'Azeffoune.

Ces pics d'acidité pourraient être dus à une surutilisation du même bain de friture, la température appliquée très élevée (supérieure à 190°C). Pour les fast-foods de cette région, on a constaté aussi des valeurs de densité et des taux de CPT les plus élevés comparativement aux valeurs enregistrées par les deux autres fast-foods.

L'augmentation de l'acidité de l'huile des bains de friture peut s'expliquer par le déroulement du processus hydrolytique durant les essais de friture ; elle est due à la libération continue d'AGL ; cette réaction est catalysée par la température élevée et l'eau contenue dans les frites fraîches (BOURGHID et al., 2013). En effet, des études antérieures sur les huiles de friture ont prouvé que le taux d'AGL augmente pendant la friture (KALAPATHY et PROCTOR, 2000).

L'acidification d'une huile est due à la scission des TG sous l'effet de l'eau apportée par l'aliment frit (pomme de terre fraîche), l'eau ainsi dégagée provoque les réactions d'hydrolyses qui augmente la teneur en AGL, diacylglycérol, monoacylglycérol et en glycérol (GERTEZ et KOCHAAR, 2001).

Selon GUPTA (2005), dans le processus d'hydrolyse, la molécule de TG réagit avec une molécule d'eau pour donner un AGL et un diacylglycérol. De plus, d'après WOLFF (1968), l'acidification des huiles est accrue en présence d'eau dans des conditions favorables, en particulier à chaud et sous pression (chauffage électrique).

II.2.6. Indice de saponification

L'indice de saponification est par définition la quantité en milligrammes de potasse nécessaire pour saponifier un gramme de CG (ADRIAN et al., 1998). Pour un poids donné de TAG, la quantité de potasse nécessaire à la saponification augmente avec la diminution de la longueur de chaîne d'AG.

La connaissance de l'indice de saponification d'un corps gras nous renseigne aussi sur la longueur de la chaîne carbonée des acides gras de cet aliment. Ainsi l'indice de saponification rend compte de la longueur moyenne de chaîne d'AG constitutifs du corps gras (MORDET, 1992). Autrement dit, cet indice renseigne sur la masse moléculaire moyenne des AG entrant dans la composition des huiles. Il est inversement proportionnel à la longueur des chaînes des AG estérifiant le glycérol (ADRIAN et al., 1998).

La norme établit dans le Codex alimentarius de 1999 pour les huiles végétales raffinées est comprise entre 188- 194mg de KOH / g d'huile. D'après les résultats obtenus par des études effectuées au sein du département Agronomie, l'indice de saponification de l'huile « Elio » à l'état frais est de 192,583 mg de KOH/ g d'huile.

La connaissance de l'indice de saponification d'un corps gras nous renseigne sur la longueur de la chaîne carbonée des acides gras entrant dans la composition des huiles. La diminution de cet indice indique une scission des doubles liaisons des acides gras sous l'effet de friture (180°C) suivie d'une formation de polymères par le pontage inter moléculaire des triglycérides oxydés. Et dans l'autre côté l'augmentation de cet indice signifie la rupture des chaînes d'acides gras avec formation d'hydroperoxydes sous l'effet de la chaleur excessive qui entraîne la libération de substances volatils au cours du chauffage et accentue l'acidité des huiles de bains de fritures.

Les résultats obtenus sur les différents échantillons d'huile de bain de fritures collectés des fastfoods sont portés le tableau(XIV):

Tableau XIV: Résultats de l'indice de saponification des prélèvements des huiles de bains de friture

Les régions	DBK (n = 9)	Azeffoune (n = 15)	Azazga (n = 5)
Indice de Saponification (mg de KOH/g)	139,625±	/	190,838 ± 10,292
Selon le Codex Alimentarius 1983 : de 189 à 195,2.			

Il ressort des résultats portés dans ce tableau une diminution de cet indice de toutes les huiles prélevées des fastfoods. La valeur la plus basse est enregistrée dans les fast-foods de DBK.

La diminution de la valeur de cet indice indique une scission des doubles liaisons des acides gras sous l'effet de la température de friture (180°C) et une formation de polymères par le pontage inter moléculaire des triglycérides oxydés (PERRIN, 1992).

II.2.7. Indice de peroxyde

D'après ROLLAND (2004), la mesure de l'oxydation d'un CG en temps réel se fait par la mesure de l'indice de peroxyde. Cet indice correspond au nombre de milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de lipide susceptible d'oxyder l'iodure de potassium avec libération d'iode.

Par ailleurs, selon BONNEFIS, (2005), les peroxydes représente les premiers produits d'oxydation, sont des composés chimiquement instable ; ces groupes d'atome visent à stabiliser leur énergie par l'arrachement d'un proton d'une molécule d'AG. La majorité des AG libérés suite à l'hydrolyse des triglycérides sont oxydés partiellement au cours de la friture en peroxyde.

Selon la norme ISO 3960, l'indice de peroxyde ne doit pas dépasser le seuil maximum fixé à 20 méq d'O₂/ Kg d'huile.

L'huile « Elio » a un indice de peroxyde moyen de 3,66 méq d'O₂/ Kg ; cette valeur est obtenue en utilisant les moyennes calculées et portées dans les mémoires soutenus dans notre département. Les résultats de l'indice de peroxyde des huiles de bains de friture prélevés des fastfoods sont intégrés dans le tableau (XV).

Tableau XV: Valeurs moyennes de l'indice de peroxyde des huiles de bains de friture prélevé des fastfoods.

Les régions	DBK (n = 9)	Azeffoune (n = 15)	Azazga (n = 5)
Indice de Peroxyde (méq d'O₂/Kg)	14,693 ± 0,981	/	18,075 ± 5,252
Selon la norme ISO 3960 ne doit pas dépasser 20 méq d'O ₂ /kg d'huile.			

Il ressort des résultats portés dans ce tableau, une conformité des valeurs de l'Ip de toutes les huiles de bains de friture prélevées de tous les fastfoods. Selon ISO 3960, l'indice de peroxyde ne doit pas dépasser le seuil maximum fixé à 20 méq.d'O₂/Kg d'huile de bains de fritures.

Néanmoins, un des fast-foods de la région d'Azazga a enregistré une valeur dépassant cette limite maximale et un taux de CPT de 21%, proche du maximum toléré.

Au cours du chauffage des huiles, il y a une oxydation poussée de l'huile en contact avec l'air aussi qu'avec l'introduction de la pomme de terre. Cette oxydation a pour conséquence, la formation des peroxydes. Ceci justifie l'augmentation de l'indice de peroxyde des huiles des bains de friture. De plus, cette peroxydation détruit les acides gras de l'huile et conduit à l'obtention de composés très toxiques (DEYMIE et al., 1981; LAMBONI et al., 2000).

Selon PERRIN (1992), la scission des radicaux alcoyles conduit à la formation de nombreuses molécules volatiles, telles que les hydrocarbures les alcools, les acides carboxyliques, les cétones et les aldéhydes. Ils sont responsables de l'odeur particulière de la friture ; on énumère plus de 200 composés répertoriés.

Les mauvaises conditions de chauffage peuvent provoquer la polymérisation et la cyclisation soit par l'intervention de l'oxygène, soit par l'intermédiaire de la formation de peroxyde. Il faut donc tenir compte, non seulement de l'oxydation pendant le chauffage mais aussi de la teneur initiale en peroxyde de l'huile de friture (CUSTOT, 1960).

Selon UZZAN et LOURY (1958), le chauffage et le refroidissement répétés alternativement favorisent l'altération des graisses, car les peroxydes se forment au cours du refroidissement pour disparaître en partie au chauffage. Cette pratique est souvent observée chez les ménagères.

CONCLUSION GÉNÉRALE
ET
PERSPECTIVES

Notre étude avait pour objectif de synthétiser les résultats des différents mémoires de fin de cycle soutenus dans notre département. La thématique de ces mémoires a trait à la caractérisation physico-chimique des huiles de bains de fritures prélevées de différents établissements à restauration rapide, appelée fast-foods. Des échantillons avaient été prélevés de trois régions : Azazga, Azefoune et DBK.

Il ressort de cette étude-synthèse que 73,33% des huiles de bains de friture récupérées dans la région d'Azazga et 66,66% dans la région de DBK et 73% dans la région d'Azefoune ont un taux de composés polaires totaux (CPT) inférieur à la limite maximale établie par le Codex Alimentarius de 1983, qui ne doit pas dépasser 25%. Au-delà de cette limite maximale, les huiles de bains de fritures doivent être changées. Ainsi, ces fastfoods respectent les conditions de fritures et par conséquent offrent aux consommateurs des aliments frits sains.

Cependant, il est indispensable de sensibiliser le personnel des fast-foods pour lesquels des valeurs élevées de CPT ont été enregistrées. Ces huiles sont préjudiciables pour la santé des consommateurs. En effet, les composés polaires s'adsorbent à l'aliment frit ; certaines molécules sont susceptibles de traverser la muqueuse intestinale et se retrouvent dans la circulation sanguine et par conséquent affectent le bon fonctionnement de l'organisme vivant.

Ainsi, les bonnes pratiques dans ces établissements doivent être explicitées au personnel. On en cite entre autres, l'égouttage efficace des tranches de la pomme de terre fraîche avant leur introduction dans la friteuse, la maîtrise de la température de friture, qui ne doit pas dépasser 180°C, etc.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES



- AFNOR- NFT60-21.

- AFNOR-NFT60-204, **1988**.

- AFNOR-NFT60-22.

- AFNOR-NFT606-21, **1984**.

- Agroligne N°97 - Novembre / **Décembre 2015**.

- **Alais C, Linden G., 1997**.Lipides, vitamines in Abrégé de biochimie alimentaire, Comportement au cours des traitements in introduction à la biochimie alimentaire dans les industries des corps gras: 33p, 35p, 40p, 42p, 125p.

- **Alais .C., 2003**. Biochimie alimentaire.5^{ème} édition, Bunod. Paris, p250.

- **Apfelbaum J; Romain M ; et Dubus M ., 2009**. Diététique et nutrition.7^{ème} édition. Masson, Paris. pp: 321-334.

- **Artz WE, Osidacz PC, Coscione AR., (2005a)**. Acceleration of the thermo oxidation of oil by here iron. J Am oil Chem Soc 82:579-84.

- **Artz WE, Osidacz PC, Coscione AR.,(2005b)**.Iron accumulation in oil during the deep fat frying of meat. J Am oil Chem Soc 82:249-54.

- **Baumann B., Escher F., 1995**. Mass and head transfer during deep – fat frying of potato slices.I.Rate of drying and oil uptack. Lebensmittle – Wissen schaft und- Technologies, 28:395-403.

- **Baynes et Kanner, 2007**. Adverse effects of sorne natural constituents in fats and oils.Vol 1, p 400. (Memoire).

- **Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P., 2004**. Food Chemistry. 3^{ème} ed. Springer, Heidelberg- Germany.1124p.

- **Benachenhou C.M., 2013.** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales : Elio Cevital Mémoire de Master en Chimie Option: Chimie Physique et Analytique Académique, Faculté des Sciences Département de Chimie, Université Abdou Bekr Belkaid-Tlemecen.

- **Blumenthal M.M., 1997.** The science and Technology of frying. Food Technology International, 2:69-70..

- **Bouchon. P., 2009.** Understanding Oil Absorption During Deep-Fat Frying, Advances in Food and Nutrition Research, Volume 37, Chapter 5, pp209-234.

- **Boufatis C., 2019.** Evaluation de la qualité des huiles de bains de fritures des fastfoods de la commune Draa Ben Khedda. Master académique en sciences alimentaires spécialité: technologie agroalimentaire et contrôle de qualité, Département des sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

- **Bouhaloufa S, Mouder N., 2018.** Evaluation de la qualité des huiles de bains de fritures des fastfoods de la commune Azazga. Master académique en sciences alimentaires spécialité: technologie agroalimentaire et contrôle de qualité, Département des sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

- **Benhamou K., 2017.** Evaluation de la qualité des huiles de bains de fritures des fastfoods de la commune Azefoune. Master académique en sciences alimentaires, spécialité: technologies agroalimentaire et contrôle de qualité, Département des sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

- **Bakra A., 2016.** Evaluation des indices de nature physico-chimiques de quelques huiles alimentaires de friture et impact sur la santé du consommateur. Master académique en science alimentaire, spécialité: technologie agroalimentaire et contrôle de qualité, Département des sciences agronomiques, Université de Tlemcen.

- **Cheftel J.C et Cheftel H.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments.

- **Codex alimentarius ., 1983.** Annexe v .avant .projet de norme pour les huiles végétales portant un nom scientifique. Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. Actualité en chimie n°270 :108-115.

- **Codex Stan 210-1999.** Composition de l'huile non conventionnelle de pourghère (jatropha-curca).

- **Combe, N et A. Ressignol - Castera., 2010.** Huiles végétales et friture. Cahiers de Nutrition et de Diététique 45(6),44-51.
- **Couet, C., J. Delarue., 1997.** Effect of dietary fish oil on body fat mass and basal fat oxidation in healthy adults. International journal of obesity 21 (8), 637-643.

- **Cuvelier M.E., Maillard M.N., 2012.** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. Oil seeds Fats Corps and Lipids, 19(2): 125-132.

- **Dallmagne. G ., 2003.** Fluides hydrauliques méthodes d'analyses. Transmission de puissance hydraulique et pneumatique. Technique de l'ingénieur.

- **Debruyne .J., 2001.** Soja transformation et aspects industriels. Techniques de l'ingénieur. F6030,pp:1-12.

- **Delacharlerie S., de Biourge S., Chéné C., Sindic M., Deroanne C., 2008.** RACCP organoleptique : guide pratique. Publié à l'aide du ministère de la région Wallonne (Belgique) page 33.

- **Delagoutte .C., 2007,** Huiles de friture et dangers, La cuisine collective, numéro 205.

- **Denis J, Briant J, Hipeaux J-C ., 1997.** Physique – chimie des lubrifiants Analyses et essais, Ed Technip, Paris, 432p.

- **DGCERF, Guide de contrôle des huiles de friture. 2012.** Recommendations for frying oils. 3rd international symposium on deep-fat frying, optimal operations. March 20-21, Hagen/Westphalia. Germany.

- **Dobagarnes C., Marquez – Ruiz G., Velasco J., 2000.** Interaction between fat and food during deep frying. European Journal of Lipid Science and Technology, 102:521-528.

- **Dobroganes et Marquez-Ruiz ., 2003.** Analyse des produits d'oxydation des corps gras alimentaires.

- **Fedeli. E., 1988.** The behavior of olive oil during cooking and frying. In: Varela G, Bender AE, Morton ID, editors. Frying of food: principals, changes, new approaches. New York: VCH Publisher. P 52-81.

- **François, R., 1974.** Industrie des corps gras, Biochimie, extraction, raffinage et réglementation. Tec et doc, Ed Lavoisier, Paris, 32-138.

- **Frenot et Vierling., 2001.** Biochimie des aliments- diététique du sujet bien portant.

- **Frenot M et Vierling E., 2001.** Biochimie des aliments diététiques du sujet portant. Ed : Dion éditeurs, centre régionale de documentation pédagogique d'Aquitaine Bodeaux.p:297.

- **Frenot M et Vierling E., 2003.**Biochimie alimentaire. 5^{ème} édition .Dunod. Paris. P.250.

- **Friedman .B., 2000,** Adsorbent antioxidant provides optimum frying in restaurant and fast-food fryers, European Journal of Lipid Sciences and Technology, vol.102, N0.8-9, pp.560-565.

- **Garette G., 2000.** Les lipides, le métabolisme vu d'ensemble in Biochimie. Ed De boeck université : p241-607.

- **Gornay, J., 2006.** Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acides gras. Application à la valorisation chimique des déchets lipidiques. Thèse doctorat, institut national polytechnique ; Nancy, p309.

- **Gougam .H et Baitech. R., 2003.** Recueil des travaux pratiques. Chimie des corps gras.Boumerdes.

• **Grenier.D; Bouchon.P; Meat, J.M; Lecomte,D;Bailleres,H.,2007.** Heat and mass transfer in fry drying of wood. *Dring Technology* 25,511-518.

•**Gornay J., 2006.**Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acide gras. Application à la valorisation chimique des déchets lipidiques. Thèse de Doctorat spécialité: Génie des procédés, Département de chimie physique des réactions, Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole Doctoral RP2E E.N.S.I.C. Nancy, p9.

•**Guillen M.D et Uriarte P.S. (2011).** Avery simple, fast, and non-destructive approach to predict the time at which edible submitted to high temperature reach the established limits to safety. *Food chemistry*, vol.127, pp: 802-803.

• **K. BENSEGHIER et O. KHAMED.** 'Huiles Alimentaire de graines Pinus pinea Extraction et Caractérisation physique-chimique' mémoire fin d'étude université de Organoleptique : guide pratique. Publié à l'aide du ministère de la région Wallonne (Belgique) Ouargla **2014**.

• **Karleskind .A., 1992.** Manuel des corps gras. Tech. ET Doc., Paris.

• Les lipides, nutrition et santé, **Claud Leray, Lavoisier 2013.**

• **Leskova E., Kubicova J., Kovavokova E., Kosicka M., Porubska J., Holicikova K., 2006.** Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:252-276.

• **Linder. G et Lorient .D., 1994.** Huiles et graisses végétales. In : biochimie agroindustriels. Ed: Masson. Milan. Barcelone.:287-338.

• **Lion Ph.** Travaux pratiques de chimie organique. Ed. Dunod, Paris.**1955.**

• **Marc F Davin. A, Delgène B.L., Ferrand. C, Beccaunaud. M, Fritsch, P:2004.** Méthodes d'évaluation du potentiel d'antioxydant dans les aliments. *Médecine/Sciences*, 20. P: 458-463.

- **Mellema M**, Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried food. Trends in Food Science and Technology 14: 364-373. **2003**.

- **Mendez Ana Isabel et Flaqué Elena**, Effect of stockage time and container type on the quality of extra virgin olive oil. Food control, pp 18,521-529.**2007**.

- **Mensink R et al**. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ration of serum total to HDL cholesterol and serum lipids apolipoprotiens: a meta- analysis of 60 controlled trials. Am J Clin Nutr.**2003**; 77(5):1146-55.

- **Michel. O.2003**.Analyse des corps gras. Technique et caractérisation:3325.

- **Ouaouich. A (ONUDI) et Hammadi ., 2007.Chimie**. Guide du producteur de l'huile d'olive, organisation des nations unies pour le développement industriel; Vienne.

- **Pascal Labouret, 2005**. Vegetal Oils, the different advantages of different oil on health.

- **Passman, Hvghe et al., 2008**. Patricia Passilly- Degrace, Dany Gaillard, Philippe Besnard, perception gustative des lipides alimentaires physiologie de la nutrition p:273.

- **Pokorny J., 1999**. Changes of nutrients of frying temperature. In: Frying of Food. Oxidation, Nutrient and Non-Nutrient Antioxidants, Biologically Active Compounds and High Temperatures, Eds.Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, pp 69-96.

- **Rossell J.B., 2001**, Frying, Woodhead Publishing Limited, Cambridge (England).369 pages.

- **Saguy I.S., Pinthus E.J., 1995**. Oil uptack during deep-fat frying: factors and mechanism. Food Technology, 49: 142-145.

- **Segheir Y et Benahmed L., 2014**. Raffinage de l'huile de soja et élimination des acides gras libres au niveau de l'usine d'Afia. Master en génie des procédés, Ingénierie biomoléculaire, Département de chimie, Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, pp 37-40.

- Service de protection de la consommation, **2002**.

- **Solinas M. ; 1992**. Les principes d'extraction de l'huile d'olive, Revu, olive, N^o42 p: 31-35.

- **Sulaeman A., Keeler L., Giraud D.W., Taylor S.L., Wehling R.L., Driskell J.A., 2001**. Carotenoid content and physicochemical and sensory characteristics of carrot chips deep-fried in different oils at several temperatures. Journal of food sciences, 66:1257-1264.

- **Trimoliere J., Seville Y., Jacquot R. et Dupin H. (1984)**. Manuel de l'alimentation humaine. Tom 1.Edition: Esf, Paris. pp: 148.

- **Thanatuksorn P, Pradistsuwana C, Jantawat P, Suzuki T**. Effect of surface roughness on post-frying oil absorption in wheat flour and water food model. J Sci Food Agric **2005**; 85: 2574-80.

- **Ufheil G., Escher F., 1996**. Dynamics of oil uptake during deep-fat frying of potato slices. Lebensmittel Wissen schaft und Technology, 29: 640-644.

- **Uzzan A., 1992**.Olive et huile d'olive. In «Manuel des corps gras».Tom1, Ed. Lavoisier, Paris, pp 221-228).

- **Varela G., Bender A.E and Morton I.D., 1988**, frying of food, Ellis Horwood Ltd., Chichester (England), 202 pages.

- **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, p202.

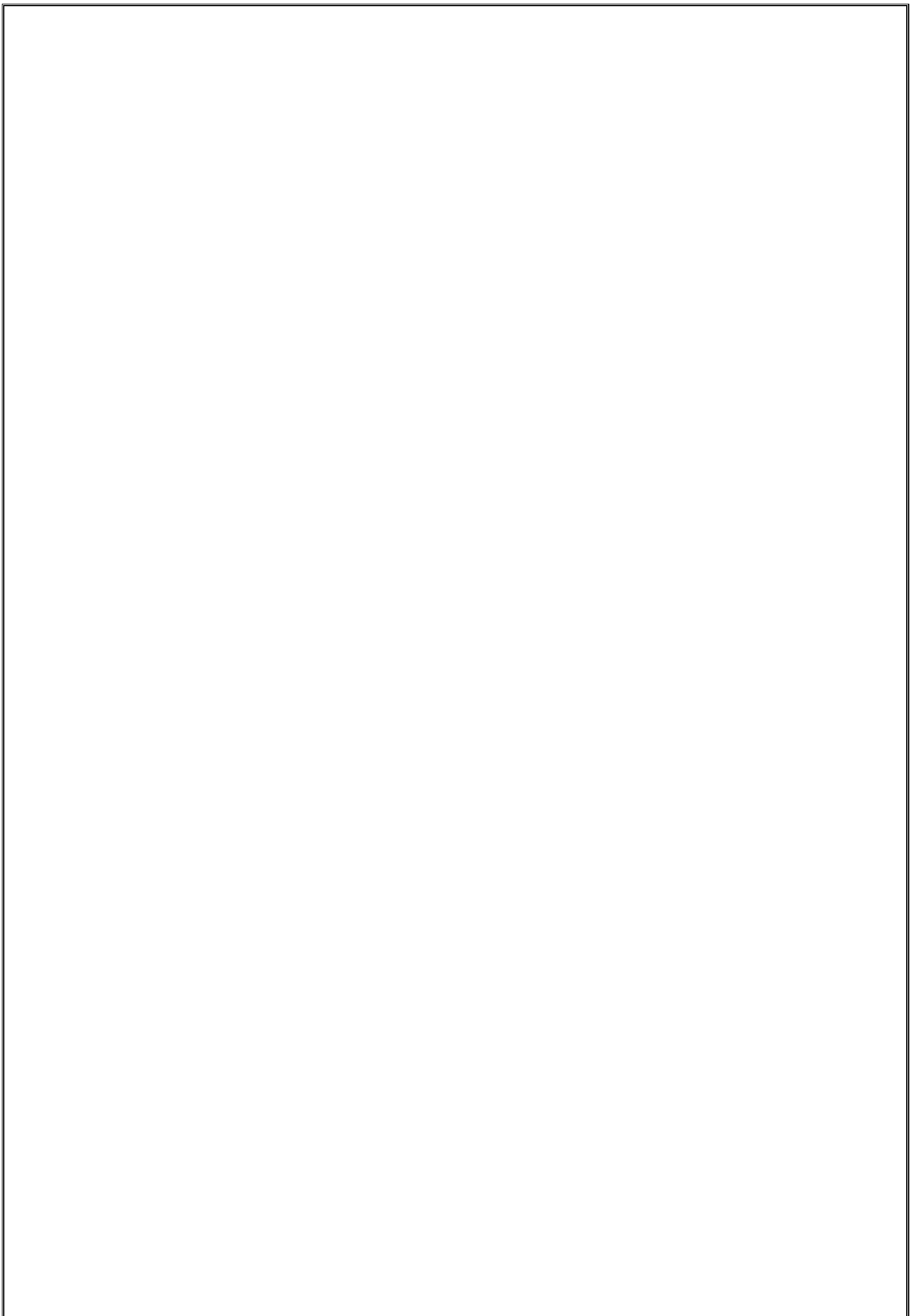
- **Weil JH.;1995**. Biochimie général.7^{ème} édition:239.

- **Zhang, K; Zhu, J.H; Zhou, Y; Wu, B.C; 2015b**.Investigation into the deshydratation process of oily sludge by fry-drying method. Environnemental Progress & sustainable Energy 34, 681-688.

• **Ziaifar A.M., 2008.** oil absorption during deep fat drying mechanisms and important factors. Thèse pour obtenir le grade de Docteur à l'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech).

Liens électroniques

1. Wikipedia®, Wikimedia Fondation, Tournesol, site internet. le 20 Mars 2020.
2. www.dictionnaire.sensagent.com Consulté le 3 août 2020.
3. <http://saveurpassion.over-blog.com/article-19651325.html> Consulté le 12 août 2020.
4. <http://www.azaquar.com/doc/raffinage-de-huile-brute> Consulté le 11 septembre 2020.
5. www.mincommerce.gov.dz Consulté le 20 septembre 2020.
6. www.ithq.qc.ca/cer Consulté le 9 octobre 2020.
7. <http://www.ocl-journal.org> ou <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2012.0444> Consulté le 13 novembre 2020.
8. **FAO.**The developing world's new burden: obesity.<http://www.fao.org/FOCUS/E/obesity/obes1.htm>.**2002.**Consulté le 13 octobre 2020.
9. **Santé Canada, 2011,** <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securite/chim/food-aliment/acrylamide/acrylamide-and-food-acrylamide-et-aliment-fra.php>. Consulté le 27 octobre 2020.
10. **Swisspatat, 2011,** <http://www.Kartoffel.ch/index.php?Id:40&L=1>, document sur l'acrylamide. Consulté le 3 novembre 2020.



ANNEXES

Indice physique:

Annexe 01: Dosage du taux de composés polaires totaux (CPT)

*** Matériel**

- Plaque chauffante.
- Bain marie.
- Testo 270.

*** Mode opératoire**

- Chauffer les échantillons d'huiles a une température comprise entre 40 et 210°C.
- Allumer l'appareil, plonger le capteur de celui-ci dans l'huile chaude de telle façon que les trous de l'aération soit complètement couverts.
- Tenir le Testo 270 dans l'huile à un angle d'environ 45° afin que l'air puisse s'échapper.
- La lecture de pourcentage en PCT est notée à la stabilisation de la température qui s'affiche en parallèle (environ 5min).

Annexe 02: Détermination de la densité à 20°C

*** Matériel**

- Balance analytique.
- Pipette graduée de 5ml.
- Becher de 25ml.

*** Mode opératoire**

- Prélever à l'aide d'une pipette graduée 5ml d'huile.
- Les verser dans un bécher de 25ml de poids connu (m).
- Mettre le bécher sur la balance de précision et noter le poids de l'échantillon d'huile (m0).
- Refaire la même expérience avec de l'eau distillée et noter le poids (m1).
- La densité est le quotient de poids de l'huile et le poids de l'eau distillée.

Annexe 03: Teneur en eau et matière volatils

*** Matériel**

- Balance analytique.
- Bécher.
- Etuve isotherme ($103^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$).
- Dessiccateur.

*** Mode opératoire**

- Régler l'étuve à $103\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Peser un bécher à vide après l'avoir lavé et séché.
- Peser 5g d'huile dans ce bécher.
- Introduire le bécher contenant l'huile dans l'étuve pendant 1h.
- Refroidir l'ensemble (bécher +huile) dans un dessiccateur.
- Peser l'ensemble (bécher + huile).

Annexe 04: Viscosité

*** Matériel**

- Viscosimètre à bille.
- Chronomètre.

*** Mode opératoire**

- Remplir le viscosimètre à bille de l'huile à analysée.
- Vérifier l'absence des bulles d'air à l'intérieur de viscosimètre.
- Chronométrer le temps nécessaire pour que la bille traverse les deux traits indiquées sur le viscosimètre.

Indice chimique

Annexe 05: Indice d'acidité

*** Matériel**

- Erlenmeyer.
- Burette.
- Pipette gradué.
- Balance analytique.
- Agitateur magnétique.

*** Réactifs**

- Ethanol à 96%.
- Solution d'hydroxyde de potassium dans l'éthanol (0,1N).
- Phénolphtaléine solution à 1%.

*** Mode opératoire**

- Dissoudre une prise d'essai (1,25g) dans 12,5ml d'éthanol.
- Ajouter quelques gouttes de la solution de phénolphtaléine.
- Titrer en agitant avec la solution d'hydroxyde de potassium jusqu'à apparition d'une couleur rose persistant 10 secondes.
- Déterminer le volume (V) de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée.

Annexe 06: Indice de saponification

*** Matériel**

- Ballons.
- Chauffe ballon sous réfrigérant à reflux.
- Pipette.
- Burette.
- Balance analytique.

*** Réactifs**

- Acide chlorhydrique en solution 0,5N.
- Potasse en solution 0,5N dans l'alcoolique éthylique à 95%.

- Phénolphtaléine en solution à 1% dans l'alcool éthylique.

*** Mode opératoire**

- Peser 2g d'huile et les introduire dans un ballon à col rodé.

- Ajouter 25ml de potasse alcoolique (KOH) à 0,5N.

- Porter à ébullition sous réfrigérant à reflux (avec un régulateur d'ébullition), pendant 1h, en agitant de temps en temps.

- Tirer l'excès d'alcalis de KOH avec l'acide chlorhydrique 0,5N en présence de phénolphtaléine jusqu'à la décoloration complète.

- Faire un essai en blanc dans les mêmes conditions.

Annexe 07: Détermination de l'indice de peroxyde

*** Matériel**

- Erlenmeyer.

- Pipette graduée.

- Bécher.

- Balance analytique.

- Burette.

*** Réactifs**

- Chloroforme.

- Acide acétique.

- Thiosulfate de sodium 0,01N.

- Empois d'amidon : solution aqueuse à 1% récemment préparée à partir d'empois natif.

- Solution aqueuse d'iodure de potassium saturée.

*** Mode opératoire**

- Peser 2g de l'huile dans un Erlenmeyer.

- Ajouter 10ml de chloroforme, puis 15ml d'acide acétique.

- Additionner 1ml d'iodure de potassium (KI) (solution aqueuse saturée préparée juste avant son emploi).

- Boucher aussitôt l'Erlenmeyer.

- Agiter le mélange pendant 1min, laisser à l'abri de la lumière pendant 5min.

- Ajouter 75ml d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon à 1%, la coloration bleu noirâtre apparait.
- Tirer l'iode libéré jusqu'à la décoloration complète avec la solution de thiosulfate de sodium 0,01N en agitant vigoureusement en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré.
- Effectuer de la même façon un essai à blanc.

Résumé

De nombreux fastfoods ont apparue ces dernières années dans toutes les régions du pays, dont une large demande des consommateurs sur les aliments frit qui nécessite l'utilisation des huiles raffinées polyinsaturés, extrêmement sensible à la chaleur.

Voir la grandissante inquiétude des consommateurs et leurs essaient d'inclure une alimentation plus saine dans leurs habitudes de vie ce dernier à fait l'apparition de contrôle de la qualité des aliments.

L'objectif de notre étude était de synthétiser les résultats de mémoires de fin de cycle soutenu dans notre département.

Les différentes études avaient pour thème: évaluation des qualités des huiles des bains de friture prélevées dans différents fastfoods de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Des analyses physico-chimiques ont été faites sur les huiles de bain de fritures des régions suivantes: DBK, Azeffoune et Azazga qui renseigne sur le degré de dégradation. Et enfin une étude comparative est réalisée entre les résultats obtenus.

Mots clés: fastfoods, Azeffoune, Azazga, DBK, huiles de bains de fritures, étude comparative.

Abstract

Numerous fast foods have emerged in recent years in all parts of the countrys, including a large consumer demand for freid foods that require the use of refined polyunsaturated oils, which are extremely sensitive to heat.

Seeing the growing concern of consumers and their trying to include a healthier diet in their lifestyle has brought about the emergence of food quality control. The objective of our study was to synthesize the results of end-of-cycle dissertation supported in our department.

The various studies had for theme: evaluation of the qualities of the oils of the frying baths taken in various fast foods of the wilaya of Tizi-Ouzou. Physico-chemical analyzes were carried out on the baths oils used in frying from the following regions: DBK, Azeffoune and Azazga, which provides information on the degree of degradation. And finally a comparative study is carried out between the results obtained.

Key words: fast foods, Azeffoune, Azazga, DBK, frying bath oils, comparative study.