

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

Université « Mouloud Mammeri » de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie.



Mémoire de fin d'études



*en vue de l'obtention du diplôme de Master
En Sciences de la nature et de la vie
Filière : Agronomie
Option : Management de la qualité totale et sécurité des aliments*

Thème

**EVALUATION DE LA QUALITE DES HUILES
DE BAINS DE FRITURES DES FASTFOODS DE LA
VILLE D'AZEFFOUNE**

Proposé et dirigé par :
M^r SADOUDI R

Présenté par :
M^r BENHAMOU Karim

Devant le jury :
Président : **M^r AMIR Y.**

Professeur à l'UMMTO

Examineurs :

M^r BEN GANA M.

Maître de conférences B à l'UMMTO

Promotion : 2016 - 2017

Remerciements



Avant tout, nous remercions Dieu qui nous a donné la foi, la santé, le courage et la volonté pour terminer notre modeste travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre reconnaissance et profonde gratitude à notre promoteur M^r Sadoudi. R. pour sa présence et sa disponibilité durant cette année, pour son encouragement et sa patience.

Un grand Merci aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'évaluer et de juger notre travail.

Nos sincères sentiments s'adressent à nos familles et amis (es) pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Enfin, nos remerciements vont à tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidés à l'aboutissement de cette quête.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

✿ *A ma chère mère que Dieu tout puissant te garde et te procure
santé, bonheur et longue vie ;*

✿ *A mon cher père*

✿ *A mes chers frères salim, arezki ;*

✿ *A toute la famille Benhamou ;*

✿ *A mes chers amis (es) ;*

✿ *A ma grand-mère ;*

✿ *Mon très cher ami Mohammed et hacen gasmi et à toute leur
famille ;*

✿ *A toute la promo management de la qualité totale 2016/2017 ;*

✿ *A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation
de ce travail ;*

✿ *Ma très cher petit amie samira*

Tous les enseignants qui m'ont encadré durant toute la période passée

de mon cursus universitaire

Abréviations

AG : acide gras

AGI : acide gras insaturé

AGL : acide gras libre

AGPI : acide gras polyinsaturé

A_w : activité de l'eau

CG : corps gras

CTP : composé polaire totaux

DDL : degré de liberté

DPTG : dimère et polymère de triglycéride

H_0 : hypothèse nulle

IA : indice d'acidité

I_i : indice d'iode

R : radicaux

TG : triglycéride

T_{obs} : test observé

TPM : total polaire matériel

T_{th} : test théorique

Liste des figures

Figure 1 : Exemple d'une molécule de la graisse	3
Figure 2 : composition panoramique des CG et importance relative des principales classe de compose	4
Figure 3 : Classement de quelques huiles végétales par catégorie d'acides gras (saturés, monoinsaturés, polyinsaturés linoléique et alinolénique) – Familles et sous-famille	5
Figure 4 : Schématisation de la cinétique d'oxydation des acides gras insaturés.....	9
Figure 5 : Schéma générale des réactions d'auto-oxydation des	10
Figure 6 : Mécanisme d'initiation de la peroxydation des lipides par l'activité lipoxygénasique.....	11
Figure 7 : Vitesse d'oxydation et activité de l'eau.....	13
Figure 8 : Teneur en matières grasses (en pourcentage) des frites selon leur format de la découpe.....	16
Figure 9 : Plante du soja et Gousse verte du soja.....	22
Figure 10 : Description macroscopique de la graine de soja (<i>HUBERT, 2006</i>).....	22
Figure 11 : Le tournesol.....	25
Figure 12 : Graines de tournesol.....	25
Figure 13 ; carte géographique représente la commune d'AZEFFOUNE	28
Figure 14 : Appareil « Testo 270 ».....	29
Figure 15 ; teneur en composés polaires des huiles de fritures étudiées.	38
Figure 16 ; les Résultats de la mesure de la densité des huiles de fritures étudiées	40
Figure 17 ; les résultats d'indice d'acidité des huiles étudiées.....	41
Figure 18 ; les résultats d'indice d'iode d'huile étudiée.....	43

Liste des tableaux

Tableau I : : Caractéristiques physico-chimiques d'une huile de soja et huile de tournesol	7
Tableau II : Les différentes compositions des huiles alimentaires fabriquées en Algérie.....	7
Tableau III : Types d'altérations, agent causal et types de produits formés lors du chauffage des corps gras.....	19
Tableau IV : Composition en acide gras de l'huile de soja	23
Tableau V : Composition en acides gras des huiles de tournesol classique.....	25
Tableau VI : Composition en acide gras de l'huile de tournesol.....	26
Tableau VII ; la limite pour les composés polaire selon le guide d'emploi de testo 270...	34
Tableau VIII ; qualité hygiénique générale des restaurants inspectées.....	44

SOMMAIRE

I. Généralités sur les corps gras	1
I.1. Définition	1
I.2. Compositions en acides gras et autres nutriments	1
I.3. Rôles biologiques et nutritionnels des lipides	5
II. Les huiles végétales	6
II.1. Généralités	6
II.2. Définition de quelques huiles de consommation humaine	6
II.3. Les huiles alimentaires	6
II.4. Caractéristiques de quelques huiles	6
II.5. Les différentes huiles commercialisées en Algérie et leurs compositions	7
III. Altérations des huiles végétales	8
III.1. Mécanismes de l'oxydation des huiles	8
III.1.1. Auto-oxydation	8
III.1.2. Photo-oxydation	10
III.1.3. Oxydation enzymatique	1
III.1.4. Acidification	11
III.1.5. Isomérisation	12
III.1.6. Altérations biologiques	12
III.2. Facteurs influençant l'oxydation des lipides	12
III.2.1. Teneur en oxygène	12
III.2.2. Température	12
III.2.3. Présence d'agents antioxydants	12
III.2.4. Présence d'agents pro-oxydants	13
III.2.5. Teneur en acides gras libres	13
III.2.6. Activité de l'eau (A_w)	13
IV La friture	14
IV.1. Généralités	14
IV.2. Définition	14
IV.3. L'opération de friture	15

IV.4. Points critiques.....	15
IV.4.1 L'huile.....	15
IV.4.2. La pomme de terre	16
IV.4.3. Cuisson	17
IV.4.4 Traitements post-friture (refroidissement).....	18
IV.5. Différents produits formés lors des fritures	19
IV.6. Stabilité des huiles de fritures	20
IV.7. Aspect toxicologique des huiles chauffées	21
IV.8. Conseils pratiques lors des fritures	21
V. Caractéristique de quelque huile alimentaire :	22
V.1 Huile de soja.....	22
V.1.1 Définition	22
V.1.2 Origine de l'huile de Soja	22
V.1.3 Composition de l'huile de soja	23
V.1.4 Propriétés	24
V.2 Huile de tournesol	24
V.2.1 Définition	24
V.2.2 Caractéristiques des graines de tournesol	25
V.2.3 Composition des huiles de tournesol classique.....	26
VI La filière des oléoprotéagineux en Algérie	26
VI.1 Caractérisation de la filière	26
VI.2 Consommation et bilan alimentaire	27
VI.3 Production agricole	27
VI.4 L'industrie des oleagineux.....	27
VI.5 Importations	27
Deuxième partie : Partie expérimentale	
I. Objectif de l'étude.....	28
II .1. Présentation de la région d'étude et échantillonnage	28
II.2. Prélèvement de l'échantillon d'huile :	28
III. Analyses physico-chimiques :.....	29
III.1. Analyses physiques	29

III.1.1. Taux des composés polaires.....	29
III.1.2. Densité à 20°C.....	30
III.2. Analyse chimique.....	31
III.2.1. Indice d'iode	31
III.2.2. Indice d'acide.....	31
IV. Analyse statistique des résultats.....	32

Troisième Partie : Résultats et discussion

I. Analyses physico-chimiques :	33
I.1. Evolution des indices physiques :	33
I.1.1. Dosage des composés polaires totaux (CPT)	33
I.1.2. Densité.....	37
I.2. Evolution des indices chimiques.....	39
I.2.1. indice Acidité.....	39
I.2.2. indice d'iode :	43
II. qualité hygiénique générale des restaurants	43
Conclusion générale	45
Références bibliographiques	

Introduction



Introduction générale

La réglementation qui encadre l'alimentation et plus précisément la santé du consommateur, n'est pas récente. Depuis toujours, la crainte d'ingérer un aliment contaminé a provoqué une suspicion de danger mortel pour le consommateur. La sécurité alimentaire a toujours été essentielle pour l'existence en confiance des individus. Cette préoccupation s'est traduite par des recherches de méthodes de conservation, des règlements et des lois afin que l'alimentation soit manipulée en toute sécurité .

Aujourd'hui, l'inquiétude du consommateur est toujours présente, voire grandissante, ce qui a fait l'apparition de plusieurs stratégies pour vaincre la malnutrition, parmi lesquelles le contrôle de la qualité des aliments. Cette stratégie pourrait être, appliquée aux huiles alimentaires de friture.

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans l'alimentation. Elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle : elles contribuent à l'apport d'énergie, elles sont sources d'acides gras indispensables, en particulier d'acide linoléique et d'acide α -linoléique. Elles contribuent à la qualité organoleptique des produits, leur apportant une texture onctueuse, crémeuse, fondante, un aspect brillant et une saveur spécifique. Enfin, elles assurent des fonctions technologiques, en particulier comme moyens de transfert de chaleur en cuisson (exemple des huiles de friture), agents d'enrobage et de démoulage ou comme supports d'arômes et de colorants lipophiles (*CUVELIER et MAILLARD, 2002*).

Le risque lié à la friture a fait l'objet de beaucoup de recherche. Certains nutritionnistes prônent la quasi-exclusion des aliments frits dans le souci de promouvoir une alimentation saine. L'utilisation des huiles de friture à plusieurs reprises et à de hautes températures peut produire des constituants qui compromettent non seulement la qualité nutritionnelle des aliments, mais peuvent aussi être à l'origine de la formation de composés chimiques ayant des effets néfastes sur la santé du consommateur.

La friture est l'un des plus anciens procédés d'élaboration des aliments. Elle peut être réalisée à la poêle en présence de peu de matières grasses (friture plate) ou dans un grand volume d'huile ou de matière grasse (friture profonde). Aujourd'hui, le procédé de friture absorbe la majorité des huiles alimentaires produites dans le monde et des produits frits sont consommés sur tous les continents. Ces dernières décennies, l'évolution de nos modes de vie (éloignement du lieu de travail, restauration hors du foyer, alimentation déstructurée, etc.) a contribué à la diversification des produits frits tant dans la restauration collective ou rapide que dans l'industrie agroalimentaire (*GORNAY, 2006*).

Sous l'influence d'une élévation importante de la température, les corps gras se dégradent suivant des processus parfois mal connus qui aboutissent à la formation de composés d'oxydation, de polymérisation, d'isomérisation et d'hydrolyse susceptibles d'être toxiques pour l'Homme (*LE FLOCH et al., 1968*).

En Algérie, la ration alimentaire a changé sous l'influence des médias lourds occidentaux, comme la télévision et l'internet. La tendance actuelle est vers la consommation d'aliments frits au détriment de l'alimentation traditionnelle à base de couscous et légumes secs. Ceci a engendré l'apparition de la restauration rapide (fastfoods). De plus, l'indisponibilité de l'huile d'olive a contraint notre pays à importer de grandes quantités d'huiles brutes de graines oléagineuses.

La particularité de ces huiles raffinées est leurs richesses exceptionnelles en acides gras polyinsaturés. Ces AGPI sont particulièrement sensibles à l'altération thermo-oxydative, comme dans le cas de la friture.

Depuis plusieurs années, de nombreuses études ont été consacrées à l'étude des modifications chimiques des corps gras au cours du chauffage et à l'incidence de ces transformations sur la valeur nutritionnelle des produits obtenus en relation avec la santé du consommateur (*GUILLAUMIN et al., 1977*).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude. Des échantillons d'huiles de bains de friture ont été prélevés dans différents restaurants rapides dans la ville de la commune d'azeffoun dans la perspective d'évaluer leurs niveaux de qualité. De plus, la qualité hygiénique générale de ces établissements de la restauration rapide a été inspectée.

*Synthèse
Bibliographique*



I. Généralités sur les corps gras

I.1. Définition

Les corps gras (CG) correspondent à la partie neutre de la fraction lipidique totale ; celle-ci se présente sous forme de microgouttelettes dans certains tissus animaux et végétaux. Elle a surtout un rôle nutritionnel, énergétique et métabolique.

Les CG alimentaires comprennent les huiles et les graisses d'origine végétale ou animale, comme le beurre et la margarine. Les huiles sont différenciées des graisses par leur point de fusion. Les huiles sont des CG liquides à la température de 15°C, tandis que les graisses sont plus ou moins solides à cette température ; elles sont dites «concrètes» (GORNAY, 2006).

I.2. Compositions en acides gras et autres nutriments

Un CG (huile ou graisse) est composé d'une grande variété de constituants que la *figure 2* présente de façon panoramique ; les triglycérides (*figure 1*) sont très largement majoritaires (95-99%) : ils sont composés de glycérol (3-5%) et d'acides gras (90-95%).

D'autres constituants sont naturellement présents en plus faible quantité, cas des lipides à caractère polaire, tels que les phospholipides (0,1-0,2%) et des composés dits insaponifiables appartenant à une fraction non glycéridique (0,1-3%) principalement, représentés par les stérols et les tocophérols-tocotriénols, mais contenant également des caroténoïdes, des alcools terpéniques, du squalène et des composés phénoliques (MORIN ET PAGES-XATART-PARES, 2012).

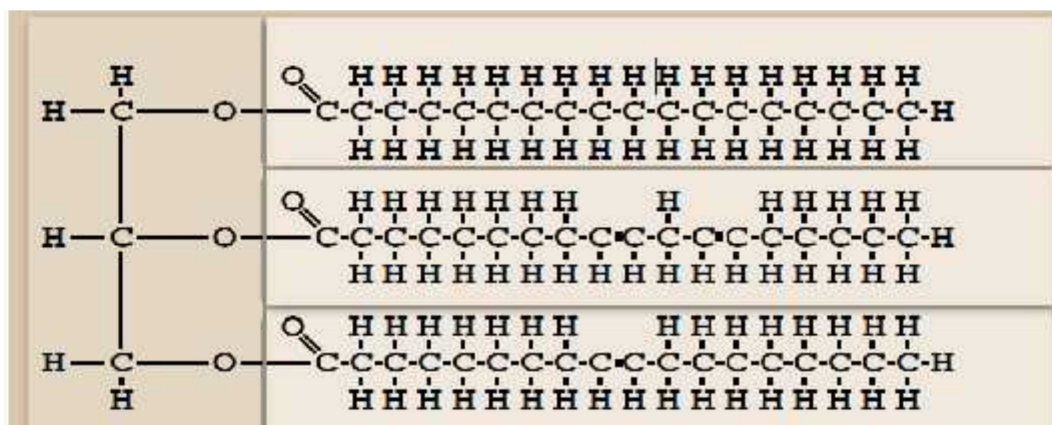


Figure 1 : exemple d'une molécule de triglycéride.

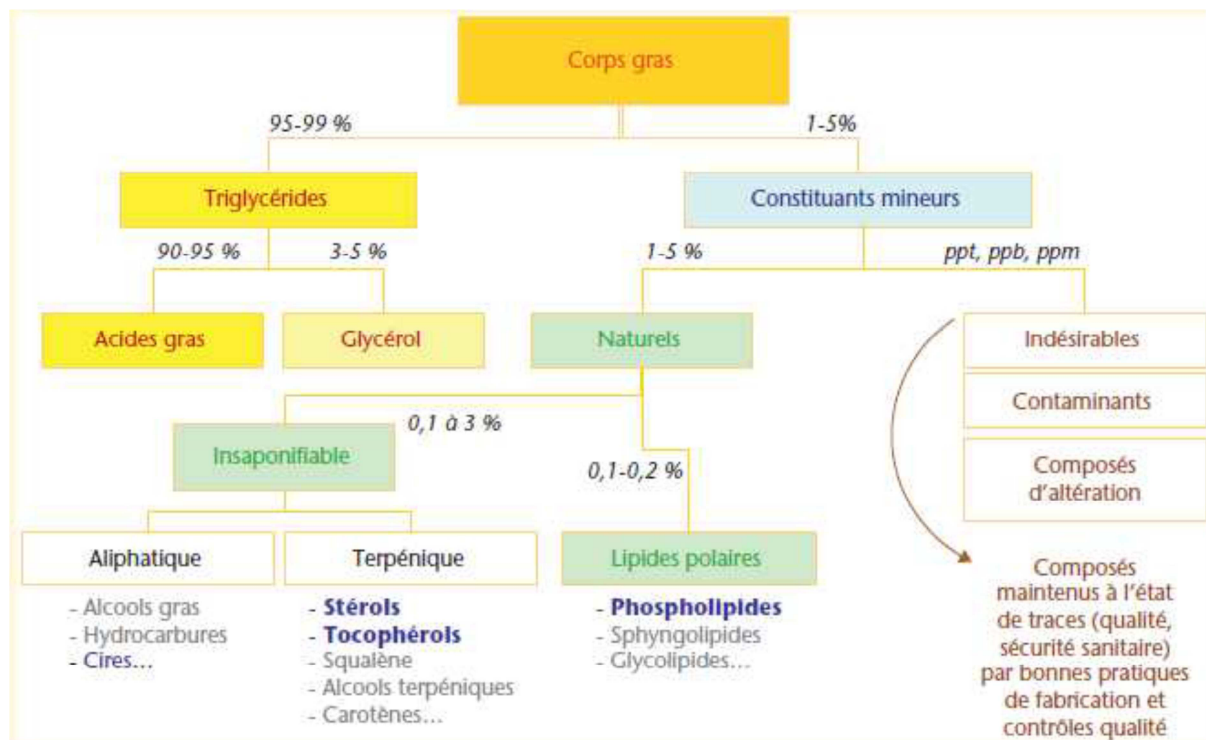


Figure 2 : composition panoramique des CG et importance relative des principales classe de composés .

Selon leurs compositions en acides gras (AG), les CG d'origine végétale (huiles, graisses, beurres végétaux) se répartissent entre différentes familles. Selon les critères de caractérisation de ces familles, elles peuvent être plus ou moins nombreuses (DUBOIS *Et al.*, 2008), mais il en existe quatre principales (figure 3) :

*famille oléique où l'acide oléique est majoritaire: huiles d'olive, d'arachide, de noisette, les variétés de tournesol et de colza riches en acide oléique et l'huile de colza;

*famille linoléique où cet acide gras (C18:2 oméga-6), polyinsaturé (AGPI) est majoritaire : huiles de soja, de tournesol, de germe de maïs et de pépins de raisin ;

*famille α -linoléique ou cet acide gras AG (C18:3 ω 3) est présent en quantité significative : huiles de colza, de soja, de noix et de lin ou cet AGPI est majoritaire ;

*famille des corps gras CG riches en acides gras saturés (AGS) avec leurs principaux représentants (C12:0, C16:0 et 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).

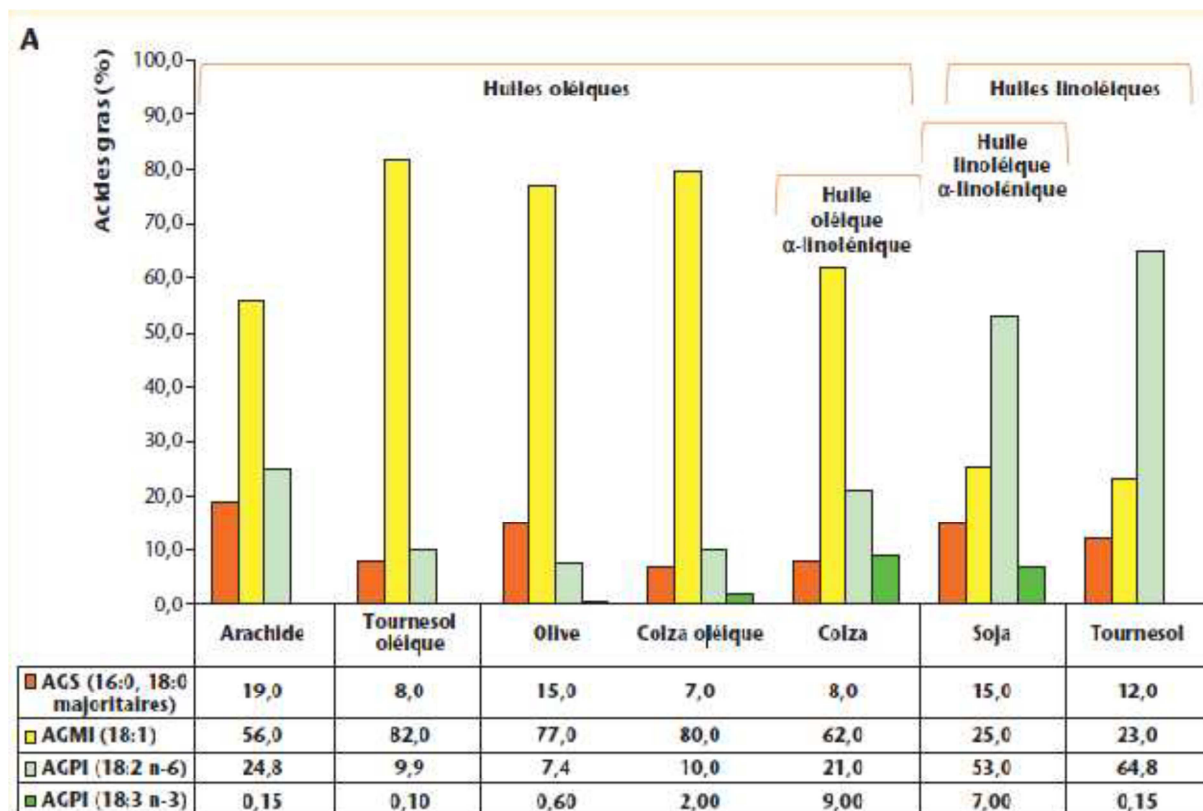


Figure 3 : classement de quelques huiles végétales par catégorie .

I.3. Rôles biologiques et nutritionnels des lipides

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

- **Réserve d'énergie** : stockés sous forme de TG 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.
- **Rôle structural** : les AG 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).
- **Rôle de messager** : 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.
- **Rôle de transport de vitamines** : les corps gras alimentaires véhiculent quatre vitamines liposolubles : A, D, E et K (SEGHIER et BENAHMED, 2014).

II. Les huiles végétales

II.1. Généralités

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

Elles sont indispensables pour la santé car elles apportent les acides gras nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. (DEBRUYNE, 2001).

II.2. Définition de quelques huiles de consommation humaine

Selon le Codex alimentarius de 1992 ;

***les huiles végétales comestibles** : ce 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** : elles sont obtenues exclusivement au moyen des procédés mécaniques, notamment des traitements thermiques. Elles peuvent être 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, sans utilisation de procédés thermiques. Elles peuvent avoir été purifiées uniquement par lavage à l'eau, décantation, filtrage et centrifugation.

II.3. Les 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 fumée) 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.

II.4. Caractéristiques de quelques huiles

Parmi les caractéristiques dépendant des acides gras contenus dans les lipides, on cite:
***Les huiles riches en acides gras saturés et en acide oléique** telles que l'huile d'olive avec respectivement 14% et 81% (CHARLES ET DEN, 1997).

*Les huiles riches en acides gras poly-insaturés telles que l'huile de soja avec 58% dont 50- à 60% d'acide linoléique, 20 à 30% d'acide oléique et 5 à 9% d'acide linoléique (*CHARLES ET DEN, 1997*).

*Les huiles intermédiaires telles que l'huile de colza avec 33% d'acides gras polyinsaturés, 60% d'acide oléique et 7% d'acides gras saturés (*CHARLES ET DEN, 1997*).

Tableau I : Caractéristiques physico-chimiques d'une huile de soja et huile de tournesol selon le *CODEX ALIMENTARIUS, (1999)*

Indices physicochimiques	Huile de soja	Huile de tournesol
Densité	0.919 - 0.925	0,918-0,923
Indice d'iode	124-139	118-141
Indice d'acidité	2.2 – 7.26	/

II.5. Les différentes huiles commercialisées en Algérie et leurs compositions

Il existe sur le marché national différentes marques d'huiles végétales alimentaires (*tableau II*), quelles soient pures (huile de soja et de tournesol) ou mélangées, celles-ci sont utilisées pour l'assaisonnement, la cuisson ou la friture.

Tableau II: Les différentes compositions des huiles alimentaires fabriquées en Algérie (*ANONYME, 2002.*).

Marque	Nature de l'huile
ELIO	80% soja, 20% tournesol
FLEURIAL	100% tournesol
AFIA	95% soja, 5% maïs
HUILOR	100% tournesol
BONAL	100% soja
LYNOR	90% soja, 10% palme
SAFIA	100% soja
LABELLE	100% soja

III. Altérations des huiles végétales

III.1. Mécanismes de l'oxydation des huiles

L'oxydation lipidique des aliments est un problème qui se pose de plus en plus en agroalimentaire. Elle tend notamment à réduire la durée de conservation du produit, affecte sa palatabilité, fonctionnalité et sa qualité nutritionnelle (*HIDALGO et al., 2006*).

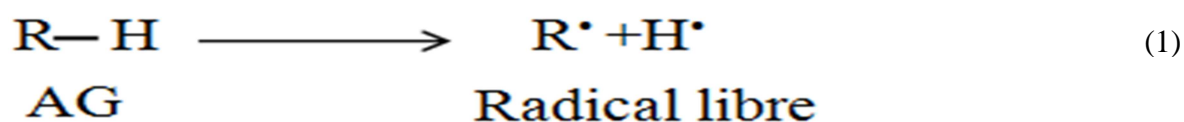
Elle a lieu sous l'action de l'oxygène qui est le principal facteur de détérioration des corps gras. Elle est accélérée par la chaleur et la lumière. L'oxydation atteint facilement les acides gras insaturés (*FREDOT, 2012*).

III.1.1. Auto-oxydation

Les acides gras insaturés (AGI) réagissent avec l'oxygène pour former des hydroperoxydes qui génèrent par dégradation de petites molécules : les hydrocarbures, aldéhydes et des cétones. L'auto-oxydation (*Figure 5*) est une réaction en chaîne de radicaux libres se déroulant en trois étapes (*GRAILLE, 2003*).

*Initiation

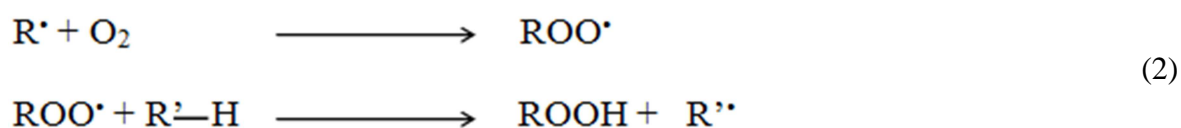
La réaction d'initiation conduit à la formation d'un radical libre par l'arrachement d'un atome d'hydrogène d'une chaîne d' AGI selon la réaction :



La réaction d'initiation augmente avec l'insaturation des lipides, le chauffage, la lumière, des radiations ionisantes, la présence d'ions métalliques polyvalents et des lipoxygénases (*JEANTET et al., 2006*).

*Propagation

La réaction d'un radical libre d'acide gras AG ainsi formé avec une molécule d'oxygène est très rapide lorsque la teneur en oxygène n'est pas limitant. La réaction conduit à la formation d'un radical peroxyde (ROO^\bullet). Ce radical capte un autre atome d'hydrogène sur une autre molécule d'acide gras ($\text{R}'-\text{H}$) pour stabiliser sa structure et former un hydroperoxyde (ROOH) et un autre radical R'^\bullet .

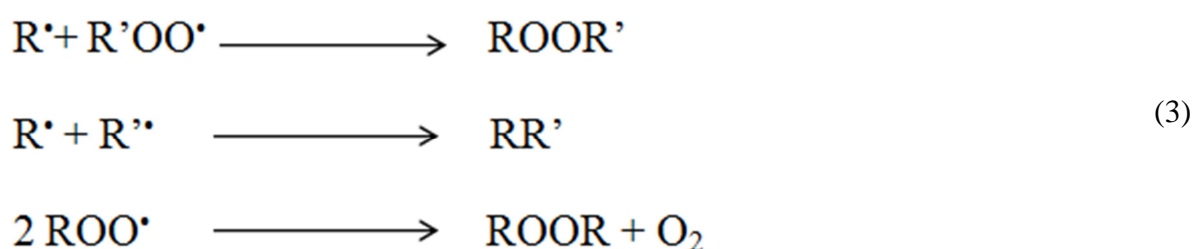


Le radical libre (R^{\bullet}) formé peut continuer la réaction suivant le même principe (JEANTET *et al.*, 2006).

La vitesse de la réaction de propagation est lente lorsque la vitesse d'initiation est basse et la concentration en lipides polyinsaturés est faible. La réaction en chaîne est inhibée en présence d'antioxydants et à haute température tels que les huiles en friture (GRAILLE, 2003).

*Terminaison

La réaction en chaîne peut s'arrêter lorsque la concentration en radicaux libres devient importante ; cette dernière correspond à l'interaction entre deux radicaux libres pour terminer la réaction d'auto-oxydation selon les réactions suivantes :



Les réactions de terminaison sont lentes lorsque la concentration en radicaux libres est basse au début de l'oxydation, mais elle devient très rapide à des concentrations élevées quand l'oxydation est avancée (JEANTET *et al.*, 2006).

Les réactions d'auto-oxydation ainsi que la cinétique de la formation et de la décomposition des hydro-peroxydes sont représentés par la (Figure 4 et 5 ;

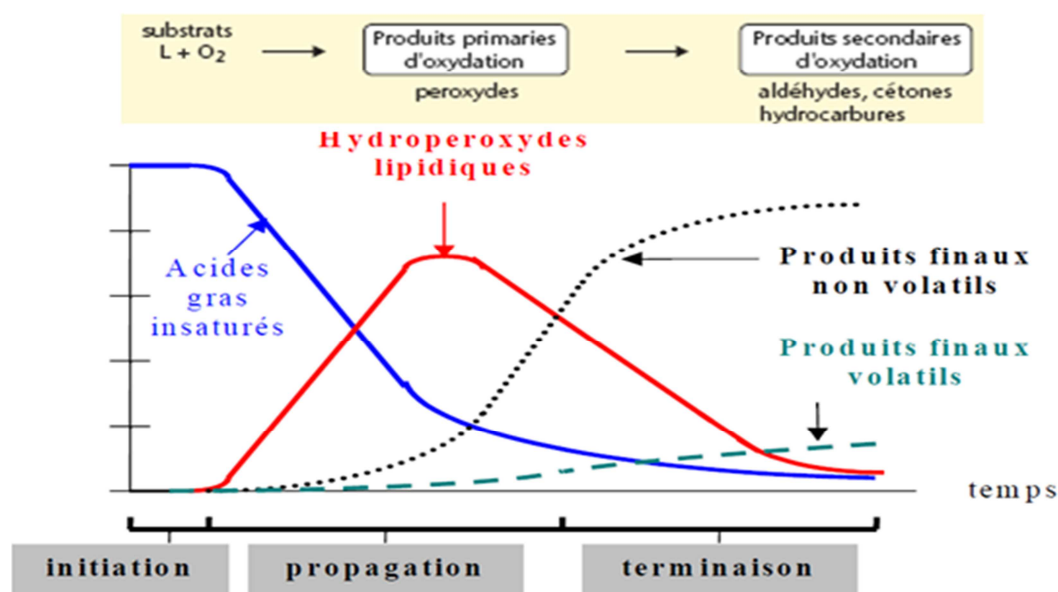


Figure 4: Schématisation de la cinétique d'oxydation des acides gras insaturés (EYMARD, 2003).

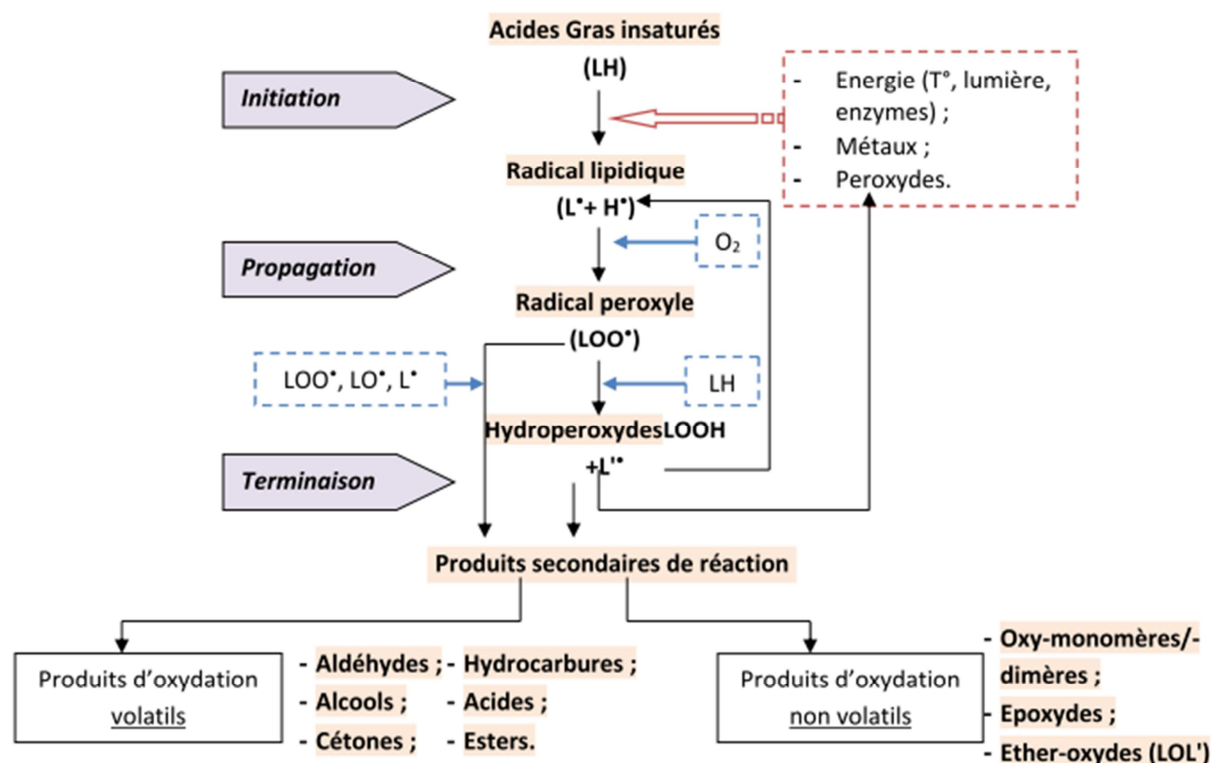


Figure 5 : Schéma générale des réactions d'auto-oxydation des AGI (EYMARD, 2003).

III.1.2. Photo-oxydation

La photo-oxydation est une voie importante de production d'hydroperoxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photo-sensibilisateurs tels que les hémoprotéines, la riboflavine et chlorophylles (RIAHI et MARZOUKI, 2000). Deux situations peuvent se présenter : une photo-oxydation directe où la lumière joue le rôle d'accélérateur des cinétiques des réactions d'oxydation et où les mécanismes chimiques restent les mêmes ; une oxydation photo-sensibilisée se déroulant grâce à la présence nécessaire d'un agent photo-sensibilisateur (chlorophylle, certains colorants et certaines vitamines) qui active l'oxygène de l'air en le faisant passer de son état fondamental dit « triplet » à un état excité dit « singulet » ; cette énergie acquise permet à l'oxygène actif de se fixer directement sur l'AG sans passer par l'étape radicalaire. Les mécanismes réactionnels sont, donc, différents ; les produits formés sont, aussi, différents (JUDDE, 2004).

III.1.3. Oxydation enzymatique

C'est une réaction radicalaire en chaîne qui se déroule de façon similaire à l'auto-oxydation. Elle est catalysée le plus souvent par les lipoxygénases (lipoxydases), qui sont très répandues dans les tissus animaux et végétaux. Ces enzymes exigent des acides gras libres comme substrat et actives même à des concentrations très basses d'humidité et à des températures basses.

Les lipoxygénases catalysent l'addition directe de l'oxygène (*Figure 6*), et les mono-hydroperoxydes produits se décomposent de la même manière que les produits de l'auto-oxydation ou la photo-oxydation (*GRAILLE, 2003*).

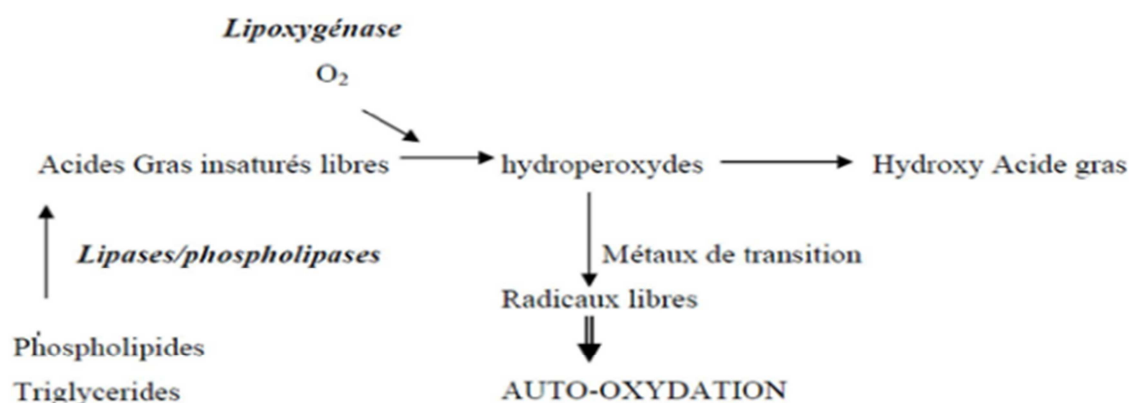


Figure 6 : Mécanisme d'initiation de la peroxydation des lipides par l'activité lipoxygénasique (*GERMAN et KINSELLA, 1985*).

III.1.4. Acidification

L'acidification correspond à la libération d'acides gras libres, diacylglycérols et monoacylglycérols à partir des acides gras contenus dans les corps gras suite à des réactions d'hydrolyse. Elle se produit dans les corps gras renfermant de l'eau, et se réalise sous l'action de micro-organismes lipolytiques. Les acides gras libres formés confèrent aux corps gras un goût et une odeur désagréables caractéristique de rance (*FREDOT, 2012*).

III.1.5. Isomérisation

À des températures élevées (au-dessus de 200°C), les doubles liaisons des acides gras sont susceptibles de subir des réactions d'isomérisation en formant le plus souvent des systèmes conjugués. Les doubles liaisons qui ont migré prennent la configuration géométrique *trans* plus stable que la forme *cis* initiale. Cette réaction intervient généralement au cours de la désodorisation des huiles végétales au cours du raffinage (*GRAILLE, 2003*).

III.1.6. Altérations biologiques

Les huiles végétales sont peu altérées par les micro-organismes ; elles subissent surtout des dommages physico-chimiques. Cependant, les germes lipolytiques peuvent parfois participer aux réactions d'hydrolyse et d'oxydation. Le contrôle microbiologique de ces produits est rarement appliqué (*GUIRAUD, 2003*).

III.2. Facteurs influençant l'oxydation des lipides

III.2.1. Teneur en oxygène

La teneur en oxygène est le facteur prépondérant car la molécule initie les réactions (*FRENOT et VIERLING, 2001*).

III.2.2. Température

Une élévation de la température favorise l'oxydation des lipides. Cette dernière est d'autant plus rapide que la température est importante : l'abstraction des hydrogènes allyliques et la décomposition des hydroperoxydes en produits secondaires sont favorisés. L'effet de la température sur l'oxydation des lipides est complexe et dépend toutefois de la concentration en oxygène dans le milieu (*FRENOT et VIERLING, 2001*).

III.2.3. Présence d'agents antioxydants

Les aliments contiennent naturellement ou sous forme d'additif des molécules plus oxydables que les lipides : ce sont les tocophérols, l'acide ascorbique, etc. Ces molécules permettent de stopper la phase de propagation de l'auto-oxydation et augmentent les cinétiques de réaction de terminaison pour protéger les acides gras de l'oxydation (*GRAILLE, 2003*).

III.2.4. Présence d'agents pro-oxydants

La présence des métaux activateurs des oxydations tels que le fer, cuivre et manganèse, peut accélérer la décomposition des lipides (*GRAILLE, 2003*).

III.2.5. Teneur en acides gras libres

Du fait de leur dispersion, les acides gras libres sont plus sensibles à l'oxydation qui est accélérée par les lipases (*FRENOT et VIERLING, 2001*).

III.2.6. Activité de l'eau (A_w)

On peut suivre la vitesse d'oxydation des acides gras en fonction de l'activité de l'eau (Figure 7) :

* $A_w < 0,1$: l'oxydation est très élevée parce que l'oxygène insoluble dans l'eau est réactif en phase hydrophobe ;

*Entre 0,2 et 0,3 : l' A_w a une faible influence. La monocouche d'eau s'oppose au passage de l'oxygène jusqu'aux lipides et bloque l'oxydation ;

* $0,2 < A_w < 0,5$: les peroxydes actifs réagissent avec l'eau et peu avec les lipides. Les antioxydants solubles ont une action protectrice efficace ;

* $A_w > 0,5$: les catalyseurs métalliques diffusent vers les sites d'oxydation et la catalyse minérale exerce son plein effet ;

* $A_w > 0,9$: l'oxydation ralentit par effet de dilution

(FRENOT et VIERLING, 2001).

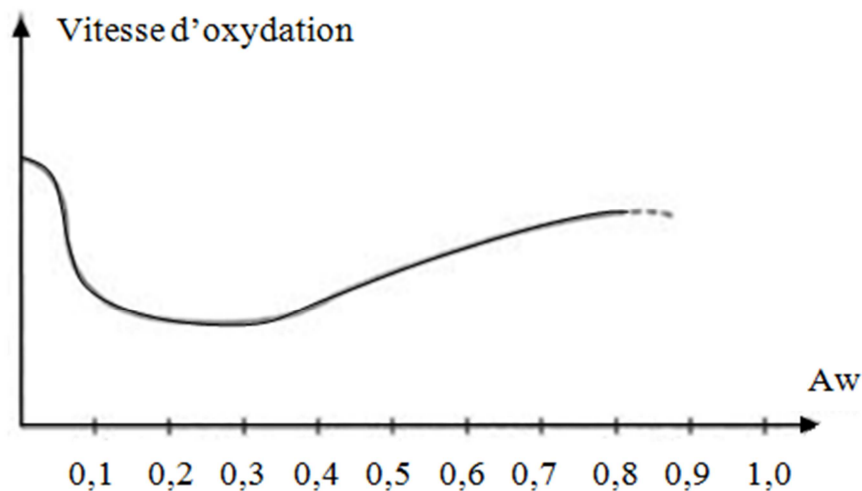


Figure 7 : Vitesse d'oxydation et activité de l'eau (FRENOT et VIERLING, 2001).

IV La friture

IV.1. Généralités

La friture est une méthode de préparation des aliments très ancienne et très appréciée partout à travers le monde. La texture et la saveur unique des aliments frits sont des éléments importants qui expliquent son attrait. Par contre, les tendances des consommateurs vers les produits santé et faibles en gras amènent à se pencher sur la réduction de la teneur en gras des aliments (*BOUCHON, 2009*).

Un des aliments frits les plus couramment consommés sont les frites. La teneur en matières grasses des frites constitue un des soucis santé associés à l'alimentation; au cours de ces travaux on s'est penché sur des variables pouvant avoir un impact sur l'absorption d'huile. Afin de réduire l'absorption d'huile des frites, il est essentiel de comprendre les mécanismes et facteurs d'une telle absorption au cours du procédé. La température de cuisson, la quantité de frites, le format de coupe, le contact de la frite avec l'huile sont tous des facteurs qui peuvent affecter l'absorption d'huile au cours de la friture de pommes de terre.

IV.2 Définition

La friture est un procédé de cuisson des aliments puisqu'il agit à des températures supérieures au point d'ébullition entre 155 et 190°C (*SAGUY ET DANA, 2003*). La friture permet donc une évaporation de l'eau à la surface des aliments qui permet de déshydrater la surface et former une croûte (*BOUCHON, 2009*).

IV.3 L'opération de friture

La friture est une opération intégrée et « multifonctionnelle » qui permet en une seule étape de déshydrater, cuire, texturer, imprégner et développer des saveurs. L'opération s'appuie sur la forte différence entre la température d'ébullition de l'eau dans le produit et la température du bain d'huile. La qualité finale du produit frit résulte du couplage particulier entre les transferts d'énergie, de matière, et des transformations localisées à l'échelle macroscopique (épaisseur de la matrice alimentaire), microscopique (structure et microstructure) ou moléculaire (constituants) (*BOHUON ET AL., 2006*).

IV.4. Points critiques

IV.4.1 L'huile

- **Type d'huile**

Une huile de friture doit être la moins polyinsaturée possible afin de prolonger sa qualité. Les huiles riches en AGS sont les plus stables à la friture, donc ont une durée de utilisation plus longue (VARELA ET AL. 1988 ; BOUCHON, 2009). Par contre, d'un point de vue nutritionnel, les effets néfastes de ces huiles sur la santé ont été confirmés. D'un autre côté, les huiles riches en AGPI (acides gras polyinsaturés), considérées meilleures pour la santé, s'oxydent rapidement et deviennent impropres à la consommation (VARELA ET AL., 1988 ; BOUCHON, 2009).

- **Vieillessement**

Plusieurs facteurs influencent le vieillissement d'une huile, ce qui rend difficile de déterminer le moment précis pour changer l'huile. Une huile usée est d'apparence foncée, épaisse ou visqueuse, elle peut contenir des dépôts et peut avoir une saveur âcre (ROSSELL, 2001). Le mode d'utilisation de friture affecte ainsi la qualité de l'huile. La température critique à ne jamais atteindre ou dépasser est de 200°C dans la mesure où 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 ne s'adsorbe pas à l'aliment frit. Plus l'huile vieillit, moins elle sera fluide et plus elle sera absorbée par les aliments car elle aura moins tendance à s'égoutter (ZIAIFAR, 2008 ; BOUCHON, 2009).

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

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

IV.4.2. La pomme de terre

- **Type de pomme de terre**

Une pomme de terre contenant beaucoup de sucres (glucose, fructose, etc.) présente des conditions idéales pour former de l'acrylamide lors de la friture (à haute température). L'acrylamide provoque le cancer chez les animaux de laboratoire et sa présence dans les aliments est une source de préoccupations selon l'Organisation mondiale de la santé des consommateurs (*SANTE CANADA, 2011. ANONYME, 2011*).

Afin de prévenir la formation d'acrylamide, un entreposage adéquat de la pomme de terre doit être effectué. Le froid et la lumière augmentent la teneur en sucres des pommes de terre, donc les pommes de terre ne doivent pas être conservées au frigo. Les conditions idéales de conservation des pommes de terre se trouvent à des températures entre 8 et 10°C et à l'abri de la lumière (*SWISSPATAT, 2011*).

- **Format de la frite (allumette, coupe régulière, cube)**

Le format de la pomme de terre découpée 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 elle absorbera de l'huile (*ROSSELL , 2001; ZIAIFAR, 2008*). Par exemple, une frite allumette absorbera plus d'huile que tous les autres formats.



Figure 8 : Teneur en matières grasses (en pourcentage) des frites selon leur format de la découpe

La *figure 8* montre que les frites de plus petit format (allumette) absorbent davantage d'huile que les frites de plus gros format.

IV.4.3. Cuisson

- **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 laissé par l'évaporation d'eau (ROSSELL, 2001 ; BOUCHON, 2009).

- **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).

- **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 autres, 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.

- **Ratio frite / huile**

Le ratio frite / huile doit être maintenu inférieur à 1 poids de frite pour 6 poids d'huile (<1/6) (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.

IV.4.4 Traitements post-friture (refroidissement)

L'absorption de la majorité de l'huile se produit au moment du refroidissement, durant les 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 et qu'elle dépend en grande partie de la quantité d'eau enlevée ou de l'humidité perdue en cours de la 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 (ZIAIFAR, 2008 ; BOUCHON, 2009).

Une étude a montré que cette absorption peut être expliquée par deux mécanismes : l'absorption en continu de l'huile comme remplacement de l'eau évaporée en cours de cuisson et d'absorption qui survient principalement après la friture au cours du refroidissement (SAGUY ET DANA, 2003).

De cette façon, les matières grasses des frites peuvent être réduites :

1. en utilisant des pommes de terre crues sans pré-cuisson
2. en utilisant de plus gros formats de coupe
3. en secouant rapidement dès la sortie de la friteuse

De plus, les impacts négatifs de la friture peuvent être réduits :

4. en maintenant des températures de friture inférieures à 200°C
5. en changeant l'huile de friture avant qu'elle ne présente des signes de détérioration
6. en conservant les pommes de terre de façon adéquate, c'est-à-dire au frais (8-10°C) et à l'abri de la lumière.

IV.5. Différents produits formés lors des fritures ;

Les produits formés lors du chauffage des CG et d'une façon générale au cours d'une opération de friture sont d'une grande diversité (plus de 400 espèces). On distingue ainsi des composés à courte chaîne, tels que l'hexanal et le propanal (responsables des mauvaises odeurs). Des AGL, AG *trans*, glycérides partiels, monomères cycliques et polymères cycliques représentent les composés de haut poids moléculaires.

Tableau III: Types d'altérations, agent causal et types de produits formés lors du chauffage des corps gras (DOBARGANES, 1998).

Type d'altération	Agent causal	Produits formés
Oxydative	Air (Oxygène)	Produits non volatils Monomères oxydés Dimères et oligomères Polymères oxydés
		Produits volatils Hydrocarbures Cétones, aldéhydes, alcools, acides, etc.
Thermique	Température	Monomères cycliques Dimères apolaires et oligomères Polymères Acides gras <i>trans</i> (AGT)
Hydrolytique	Humidité	Acides gras libres (AGL) Diglycérides Monoglycérides Glycérol

Selon les résultats d'une étude menée par GHILLAUMIN *et al.*, (1979) cités par PERRIN (1992) portant sur le comportement en friture profonde de différents CG, le taux d'E.C.N formées augmente avec le taux d'AGPI, acide linoléique notamment. L'huile de tournesol est celle qui subit le plus de modifications chimiques pendant le chauffage.

Par ailleurs, la teneur en produits d'altération, qu'ils s'agissent des ECN, des glycérides polaires ou polymères, augmente avec la durée du chauffage et donc, avec le nombre de friture effectuées (PERRIN, 1992).

IV.6. Stabilité des huiles de fritures

La stabilité des huiles et graisses durant la friture est d'importance élevée afin de produire des aliments de haute qualité (WARNER *et al.*, 1997). La résistance d'une huile à l'oxydation dépend en premier lieu de sa composition en AG. Des essais de stabilité en

friture profonde ont, en effet, montré que les huiles à teneurs élevées en acide oléique présentent une meilleure résistance au chauffage et à la friture à hautes températures comparées aux huiles riches en AGPI comme l'acide α -linoléique qui s'oxyde rapidement (WARNER, 2002).

Néanmoins, une évaluation du goût des aliments frits, tel que les croustilles de pommes de terres ou des frites préparées dans des huiles à teneur élevée en C18 :1 étaient moins savoureuse que lorsque ces aliments étaient préparés dans des huiles renfermant des concentrations moyennes ou faibles d'acide oléique (WARNER *et al*, 1997).

La composition en AG n'est pas le seul facteur qui influe sur la qualité et la stabilité des huiles comestibles ou celles de friture (GERTZ *et KOCHHAR*, 2001). Des stabilisants naturels, comme les tocophérols et les stérols peuvent jouer un rôle important dans l'inhibition de la dégradation des huiles (WARNER, 2002).

Tout comme certaines huiles végétales sont de meilleure qualité que d'autres à cause de leur composition en AG, certaines huiles ont également un meilleur profil de ces constituants mineurs que d'autres : à titre d'exemple, l'huile de soja est plus stable que l'huile de tournesol, même si l'huile de soja renferme 8 à 9% du très instable acide α -linoléique et que l'huile de tournesol n'en renferme pas (<0.2%) (WARNER, 2002).

IV.7. Aspect toxicologique des huiles chauffées

Les AG modifiés sont nocifs sous forme de triglycérides (TG). Dès que des dimères et polymères se forment, l'action de la lipase pancréatique devient difficile, de sorte que ces molécules ne peuvent pas être absorbées. Les oxymonomères et les monomères cycliques sont hydrolysés et absorbés en partie ; ils sont métabolisés par l'organisme et partiellement éliminés par les urines. Il ne semble pas que les bains de fritures utilisés normalement soient à l'origine de réactions toxiques pour l'organisme (FRENOT *et VIERLING*, 2001).

Les métaux, présents naturellement dans les corps gras mais éliminés en grande partie lors du raffinage, activent les oxydations, car ce sont des catalyseurs de la fixation d'oxygène. Contrairement aux métaux lourds, les glucides des aliments sont de bons capteurs de radicaux libres ; ils protègent les lipides contre l'oxydation (FRENOT *et VIERLING*, 2001).

GARIBAGAOGLU *et al.* (2007) ; SADOUDI *et ALI AHMED* (2017) ont montré aussi, lors de l'administration d'huile de tournesol chauffée dans le régime alimentaire pour rats, une toxicité hépatique par la dégénération des lipides cellulaires, l'occlusion des veines et une nécrose tissulaire. Cette toxicité se traduit généralement par l'hypertrophie du foie.

Cependant, aucun effet carcinogène ou mutagène n'est induit par des CG chauffés dans des conditions de friture réelles. Seules, des conditions extrêmement sévères de chauffage (220-240°C) ont permis de mettre en évidence une faible activité mutagène (LECERF, 2008).

IV.7. Conseils pratiques lors des fritures

- *Le CG choisi doit être destiné à cet usage,
 - *La friteuse doit être conforme aux normes de sécurité,
 - *Le bain de friture doit être rempli de manière à respecter les proportions indiquées par le constructeur,
 - *Prendre des précautions particulières liées au type d'aliment,
 - *La température ne doit pas dépasser 180°C,
 - *Ne pas laisser l'huile plus de deux ou trois semaines dans la friteuse sans l'utiliser,
 - *Nettoyer régulièrement la friteuse,
 - *Filtrer le bain après chaque usage
- (OLIVIER et MARTINEZ, 2005)

V. caractéristique de quelque huile alimentaire :

V.1 Huile de soja

V.1.1 Définition

L'huile de soja est fluide et d'un jaune plus ou moins foncé suivant la nature des graines et les procédés d'extraction. Fraîche, elle a une saveur assez prononcée d'haricot qui s'atténue peu à peu. Elle est riche en acides gras polyinsaturés et notamment en acide gras essentiel alpha-linolénique. Elle est recommandée pour les assaisonnements. Sa richesse en lécithine la rend précieuse pour la reconstitution des cellules nerveuses et cérébrales, sa bonne digestibilité en fait une bonne remplaçante de l'huile d'olive pour ceux qui ne peuvent la tolérer (COSSUT et al., 2002).

V.1.2 Origine de l'huile de Soja

➤ La plante

Le soja [*Glycine max* (L.) Merrill] appartient à la famille des Fabacées, sous-famille des Faboideae, tribu des Phaseoleae, sous tribu des Glycininae, genre *Glycine*. La plante (figure 9) est annuelle, herbacée, dressée, et peut atteindre une hauteur de 1,5 m (RASOLOHERY, 2007).

La gousse est droite ou légèrement courbée, d'une longueur de deux à sept cm. Elle est formée par les deux moitiés du carpelle, soudées le long de leurs bords dorsal et ventral (RASOLOHERY, 2007).



Figure 9 : Plante du soja et Gousse verte du soja

➤ **La graine**

A l'issue de la floraison et de la nouaison, se développe une gousse contenant, selon les cas, entre 1 et 4 graines (POUZET, 1992)

Comme chez les autres légumineuses, la graine (figure 10) se compose essentiellement d'une enveloppe lisse (la coque) et d'un embryon. Sa taille varie généralement entre 5 et 10 mm de diamètre et son poids (selon les variétés) oscille entre 50 et 400 mg. La forme de la graine varie selon les cultivars (POUZET, 1992).

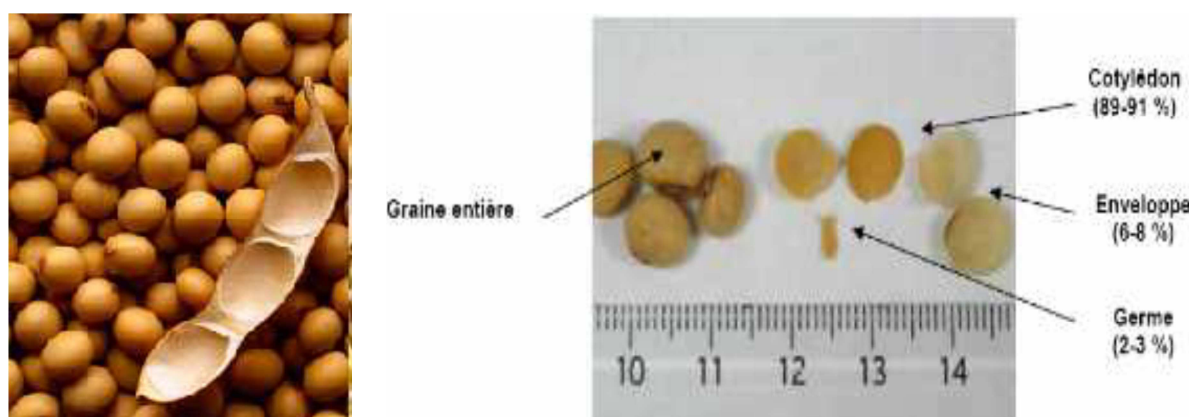


Figure 10 : Description macroscopique de graine de soja (HUBERT, 2006).

La qualité des protéines est idéale en termes de profil d'acides aminés et de digestibilité (HUBERT, 2006). Elles sont constituées principalement de globuline (90 % des protéines et 36 % du poids de la graine).

La graine de soja contient aussi des glucides non structurels, pour environ 10 % du poids de la graine, avec principalement des sucres solubles (sucrose, stachyose et raffinose) et peu d'amidon (moins de 3 % du poids des graines) (POUZET, 1992).

V.1.3 Composition de l'huile de soja

La principale différence de l'huile de soja par rapport aux autres huiles végétales, c'est qu'elle se situe au niveau de la forme d'insaturation et de la présence d'acide linoléique (C18:3) en quantité appréciable (tableau IV). Cet acide gras étant très sensible à l'oxydation, il conviendrait d'éviter au maximum le contact de l'huile avec l'oxygène de l'air.

L'huile brute de soja est définie en termes d'humidité, impuretés, teneur en phosphatides, en acides gras libres et aussi en termes de couleur, caractéristiques d'oxydation et de traces métalliques (PLATON, 1988).

Tableau IV : Composition en acide gras de l'huile de soja (PLATON, 1988).

Types d'acides gras	Pourcentage %
Acide palmitique (C16:0)	11,5
Acide stéarique (C18:0)	4
Acide oléique (C18:1)	25
Acide linoléique (C18:2)	51,5
Acide linoléique(C 18:3)	7,5
Acide arachidique (C20:0)	0,5

V.1.4 Propriétés

L'huile de soja contient aussi de la lécithine qui a une action hypocholestérolémiant. Sa richesse en lécithine lui permet de supporter une chaleur jusqu'à 177 – 200 °C (COSSUT et al.,2002).

V.2 Huile de tournesol

V.2.1 Définition

Le tournesol est une plante oléagineuse annuelle (figure 10) dont le nom scientifique est *Helianthus annuus L.* L'appellation tournesol provient de sa tendance à se tourner vers le soleil pendant la journée, alors que son nom scientifique fait référence à la forme

caractéristique de son inflorescence composée, ou capitule : en grec *Helios* signifie soleil et *anthos* signifie fleur. L'appellation anglaise et allemande est quant à elle la traduction littérale du nom scientifique avec sunflower et sonnenblume, alors que l'appellation espagnole girasol est la même que l'appellation française (KARTIKA, 2005).



Figure 11 :Le tournesol

Les variétés classiques de tournesol produisent des huiles riches en acide linoléique (C18:2, $\approx 60\%$), à faible teneur en acide oléique (C18:1, $\approx 20\%$) et pratiquement sans acide linoléique (C18:3, $< 1\%$).

V.2.2 Caractéristiques des graines de tournesol

L'akène de tournesol, communément nommé "graine" (figure 12), est généralement constitué d'une amande et d'une coque ou d'un péricarpe (KARLESKIND, 1996). La dimension de cette graine varie selon la variété, de 7 à 25 mm de longueur et de 4 à 13 mm de largeur. Leur poids est compris entre 30 et 80 g pour 1000 graines. Un akène entier contient : Une coque qui constitue 18 à 35% du poids total de la graine (KARLESKIND, 1996). CAMPBELL (1983), rapporte que la proportion de coque dans la graine de tournesol riche en huile ($\pm 23\%$) est plus faible que dans la graine pauvre en huile ($\pm 43\%$). D'après CANIBE ET AL. (1999), la proportion est d'environ 230 g de coque par kilogramme de graine.



Figure 12 : Graines de tournesol

V.2.3 Composition des huiles de tournesol classique

L'huile extraite du tournesol classique est principalement composée par des triglycérides (98 - 99%), dont les teneurs en acides gras sont présentées dans le tableau 6 et la figure V et VI.

Tableau V : Composition en acides gras des huiles de tournesol classique

Composition	Pourcentage
Huile	40
Eau	9
Protéine	18
Cellulose	15
Autres matières	14

Tableau VI : Composition en acide gras de l'huile de tournesol (*PLATON, 1988*).

Types d'acides gras	Pourcentage %
Acide palmitique (C16:0)	3
Acide stéarique (C18:0)	2
Acide oléique (C18:1)	9
Acide linoléique (C18:2)	29
Aurtes	1

VI La filière des oléoprotéagineux en Algérie

VI.1 Caractérisation de la filière

L'analyse de la filière se fera d'aval en amont : consommation, puis segments de production (agriculture et transformation), commerce extérieur et enfin régulation (*RASTOIN et GHERSI, 2010*).

La filière des oléoprotéagineux comprend uniquement les graines oléagineuses, à l'exclusion de l'olive et de l'huile d'olive.

VI.2 Consommation et bilan alimentaire

En 2009, la consommation d'huiles végétales s'établissait à un peu plus de 12 kg/personne en Algérie (contre 17 kg en Tunisie et 12 au Maroc). L'huile d'olive, produit traditionnel ne représente que 13% de cette consommation. Elle est largement supplantée aujourd'hui par l'huile de soja (49%), de tournesol (13%), de colza (7%) et d'arachide (5%). A l'exception de l'huile d'olive, les autres huiles sont importées. Au total, le marché intérieur représenterait environ 430 000 t (*RASTOIN et BENABDERRAZIK, 2014*).

VI.3 Production agricole

La culture de graines oléagineuses étant très limitée (moins de 20 000 ha, pour une production de 50 000 t en 2012, principalement de colza), 90% des besoins algériens en huiles alimentaires (hors huile d'olive) sont couverts par l'importation d'huiles brutes (essentiellement de soja) qui sont raffinées sur place. En conséquence, la production locale de tourteaux pour l'alimentation animale est très faible et entraîne également des importations massives (*RASTOIN et BENABDERRAZIK, 2014*).

VI.4 L'industrie des oléagineux

L'Algérie ne dispose pas à ce jour d'unités industrielles de trituration de graines oléagineuses. On note une petite production, à caractère artisanal d'huile d'olive, d'arachide, de colza et de tournesol, pour un total de 70 000 t d'huiles végétales brutes en moyenne 2008

L'industrie du raffinage et du conditionnement des huiles végétales est aujourd'hui largement privatisée. Elle comporte 5 opérateurs : Cevital, leader du marché avec 50%, suivi de Afia (filiale du groupe saoudien Savola, 20% de part de marché), La Belle (15%), Prolipos (groupe Bareche, 6%) et Safia (*RASTOIN ET BENABDERRAZIK, 2014*)

VI.5 Importations

Comme dans les autres pays du Maghreb, la stratégie d'importation est pénalisante pour le développement d'une filière territorialisée. En Algérie, la dépendance externe et le déficit de création de valeur locale sont aggravés du fait que les importations se situent non pas au stade de la matière première (graines oléagineuses), mais du produit industriel intermédiaire (huiles brutes).

Étude expérimentale



I. Objectif de l'étude

L'objectif de la présente étude est de déterminer la qualité des huiles de bains de fritures et l'aspect hygiénique général des locaux de la restauration rapide (fastfoods) de la ville touristique d'Azeffoune, située au nord-est de la wilaya de Tizi-Ouzou.

II.1. Présentation de la région d'étude et échantillonnage

Azeffoun est une commune algérienne, ville côtière de la daïra d'Azeffoun wilaya de Tizi-Ouzou, située à 70 Km, Nord-est de cette wilaya et à 95 km à l'ouest de Bejaia. Elle est délimitée par la mer méditerranéenne au Nord, Aït chafâa à l'est, Aghribs et Akerrou au Sud, Iflessen à l'ouest. Elle a une superficie de 126,7Km², elle comprend 53 localités.

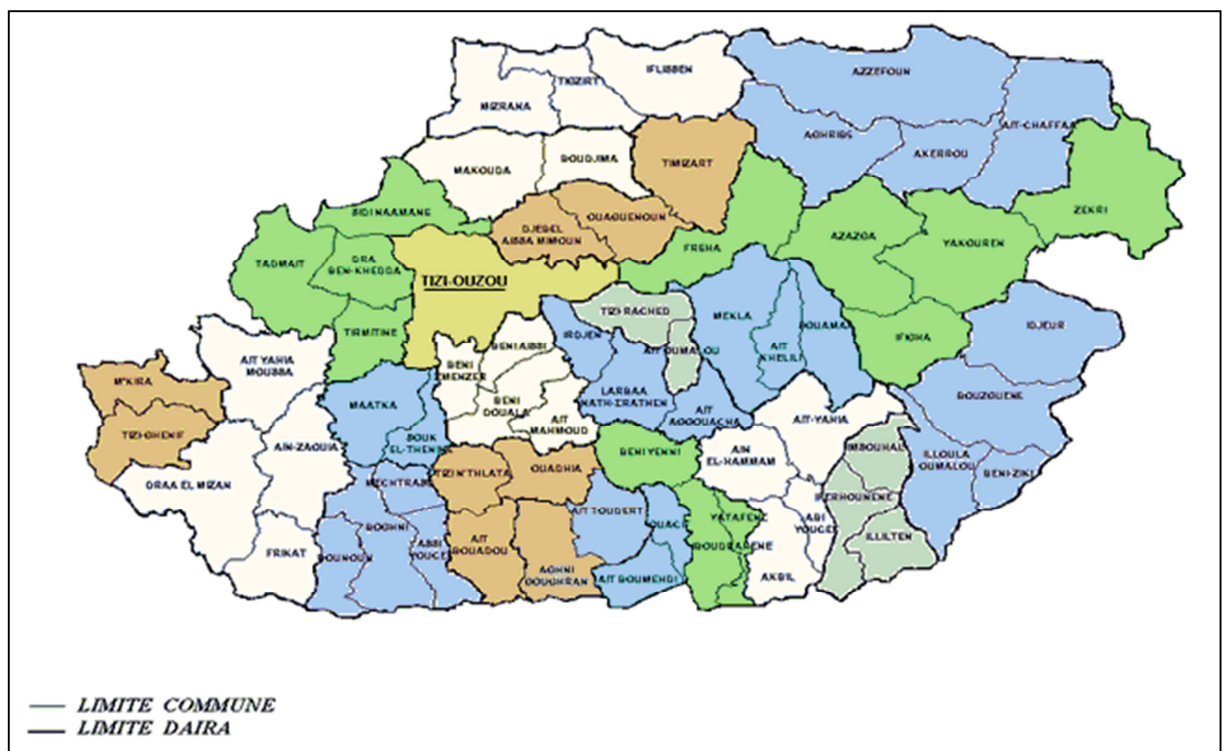


Figure 13 ; carte géographique représente de la commune d'Azeffoune

II.2. Prélèvement de l'échantillon d'huile :

Le nombre de fastfoods et restaurants inspecté est de 34 soit la totalité que compte cette ville touristique. Les échantillons d'huiles de friture ont été prélevés durant la période de l'été de 01/08/2017 au 30/08/2017, 15 échantillons d'huiles à un volume d'huile (200 ml) ont été prélevés (par moi-même et aléatoirement) après homogénéisation du bain de friture soit un échantillon par restaurant, Ces huiles des bains de fritures ont été introduites dans des bocaux en verre transparent bien fermés recouverts d'un papier aluminium à l'abri de la

lumière et de l'air, refroidies à une température ambiante. Ensuite, entreposées au réfrigérateur à 4°C ; afin d'éviter les phénomènes d'oxydation autres que ceux induits par la chaleur. Ces échantillons ont été ensuite transportés au laboratoire et feront l'objet d'une série d'analyse physico-chimiques : La densité, composée polaire indice d'acidité, indice d'iode,

En plus de ces prélèvements, une inspection générale liée à l'hygiène de ces structures a été effectuée en contrôlant Hygiène de personnel, Hygiène des lieux, Hygiène de matériel Respect de la chaîne froid, Lutte contre les nuisibles.

III. Analyses physico-chimiques ;

III.1. Analyses physiques

III.1.1. Taux des composés polaires

Le pourcentage de composés polaires totaux (CPT) est défini comme étant le pourcentage en poids de composés d'altération néoformés au cours du chauffage des huiles de friture (GUILLÈN et URIARTE, 2011).

Dans notre étude, la mesure des CPT des échantillons d'huiles prélevés a été réalisée à l'aide d'un appareil dénommé « Testo 270 » de marque testo représenté par la figure 14.

Au cours de chaque contrôle par le service d'hygiène en introduit l'appareil dans le bain de friture et le taux de composé polaire s'affiche avec la température d'huile sur l'écran, les valeurs enregistrées sont une moyenne de trois répétitions



Figure 14 : Appareil « Testo 270 »

Cet appareil permet une mesure précise des CPT formés dans l'huile ; la valeur donnée révèle une approche des polymères responsables de la dégradation des huiles de friture.

III.1.2. Densité à 20°C (AFNOR NF T606-21, 1984)

La densité relative d'une huile ou d'une graisse est le quotient de la masse dans l'atmosphère d'un certain volume de ce corps gras à une température de 20°C (D_{20}) par la masse du même volume d'eau distillée.

La densité est déterminée en pesant dans une éprouvette de 5 ml le même volume d'eau et d'huile prises à la même température. La densité est exprimée par la relation suivante :

$$D = \frac{m_1 - m}{m_0 - m}$$

Soit :

m : poids de l'éprouvette vide ;

m_1 : poids de l'éprouvette pleine d'eau ;

m_0 : poids de l'éprouvette pleine d'huile.

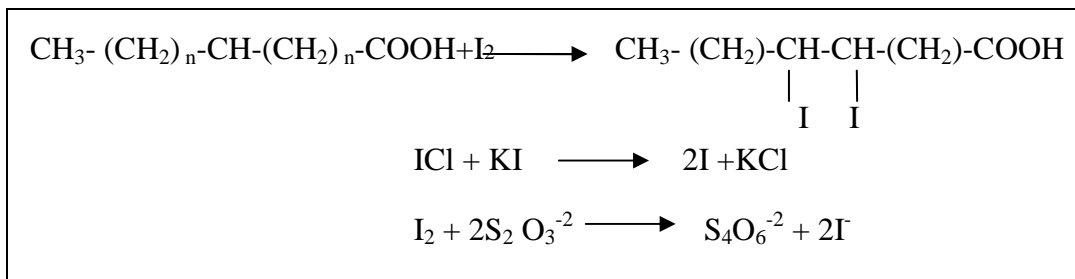
III.2. Analyse chimique

III.2.1. Indice d'iode (AFNOR NF T 60-203, 1988)

L'indice d'iode (I_i) est la quantité de l'iode en gramme fixée par 100g de corps gras. Le principe consiste à ajouter une solution de monochlorure d'iode dans un mélange d'acide acétique et de tétrachlorure de carbone.

Après un temps de réaction donné (30min), on détermine l'excès d'halogène par addition d'une solution d'iodure de potassium et d'eau distillée, puis par titrage de l'iode libéré par une solution titré de thiosulfate de sodium.

Les réactions qui se passent sont les suivantes :



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

$$Ii(gI_2|100g) = N(V_0 - V) \times 12.69/p$$

Soit:

Ii : indice d'iode ;

V₀ : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc en ml ;

V : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour titrer l'excès d'iode en ml ;

N : normalité de thiosulfate de sodium ;

12.69 : masse d'iode correspondant à 1ml de thiosulfate de sodium pour 100g de corps gras.

III.2.2. Indice d'acide

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides libres contenus dans un gramme de corps gras (LION, 1955). Le principe de cette méthode consiste à neutraliser les acides libres par une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium

Mode opératoire

- Peser 2g d'huile dans un erlenmeyer.
- Ajouter 75 ml d'éthanol à 95°.
- Neutraliser en présence de quelques gouttes de phénophtaléine à 1%.
- Agiter énergiquement et titrer avec la solution d'hydroxyde potassium (la solution éthanolique titrée est à 0,1 N) jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante.
- On note le volume de la solution éthanolique de KOH ajoutée.

Méthode de calcul

L'indice d'acide est calculé selon la formule suivant (WOLFF, 1968)

$$IA = \frac{56,11 \cdot v \cdot n}{p} \text{ (mg de KOH/g d'huile)}$$

Où :

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

56,11: Masse molaire, exprimée en g/mole, d'hydroxyde de potassium.

V : Volume en ml de KOH (0,1 N) nécessaire au titrage.

N : Normalité de la solution de potasse (0,1 N).

Le pourcentage en acide oléique est calculé selon la formule ci-dessous (WOLFF, 1968)

$$\% \text{ acide oléique} = \frac{282 * n * v * 100}{p * 1000}$$

282 : Poids moléculaire de l'acide oléique.

V : Volume en ml de KOH (0,1 N) nécessaire au titrage.

N : Normalité de la solution de potasse (0,1 N).

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

IV. Analyse statistique des résultats ;

Les données obtenues à l'issue des différentes analyses physico-chimiques ont été traitées statistiquement par test de conformité d'une moyenne obtenue à la norme fixée au seuil de 5%.

Le teste de conformité d'une moyenne à pour but de vérifier si la moyenne m d'une population est égale à une valeur donne m_0 d'une population de référence (norme) donne par cette formule : $t \text{ observe} = |x^- - m_0| / s / \sqrt{n}$ d'où $H_0 ; m = m_0$

x^- : moyenne de la population

m_0 : la norme fixé (valeur de référence)

n : nombre d'échantillons

s : la variance de la population

Le t observe est comparé au t théorique retiré dans la table de student ;

* Si $t \text{ obs} < t \text{ th}$ H_0 est retenue au seul de $\alpha = 5 \%$: l'échantillon est conforme et représentatif. y a pas de différence.

*Si $t \text{ obs} > t \text{ th}$ H_0 est rejetée au seul de $\alpha = 5\%$.

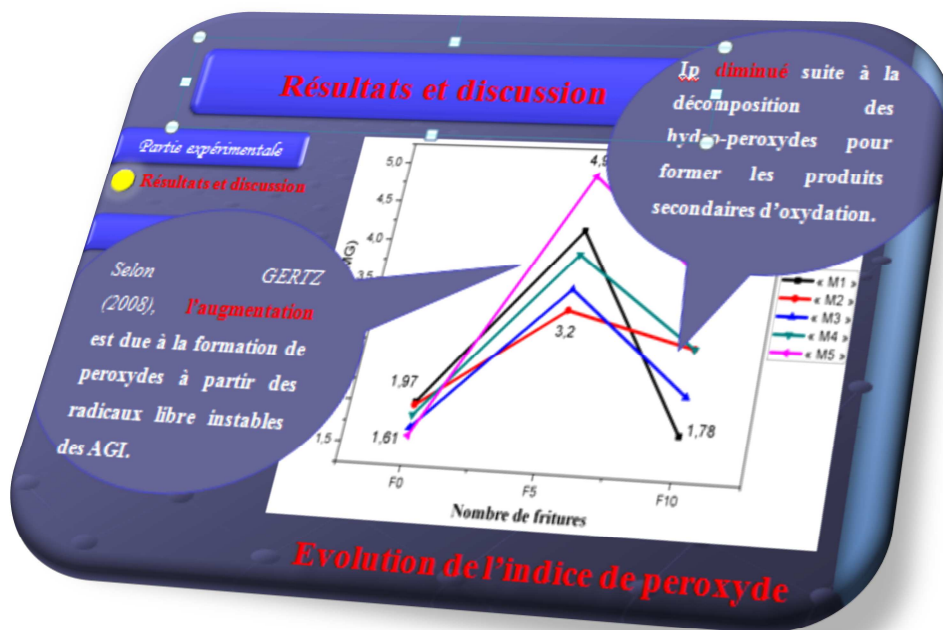
La lecture de $t \text{ th}$ sur la table de student s'effectue comme suite ;

-sur la ligne de la table le degré de liberté (ddl) = 1-n = 14

-sur la colonne le niveau de probabilité (p) qu'est $1 - \alpha/2 = 0,975$

Donc $t \text{ th} = 2,145$.

Résultats et discussion



I. Analyses physico-chimiques

L'objectif de cette étude est de déterminer le niveau d'altération des huiles de bains de friture dans les fastfoods (restauration rapide) du chef lieu de la Daira d'Azzeffoun. Les échantillons d'huiles prélevées ont été soumis à des analyses physico-chimiques ; les résultats obtenus sur chaque paramètre ont, ensuite, été comparés à la norme officielle du *Codex Alimentarius (1999)*, pour vérifier leur conformité. Les résultats obtenus sont intégrés dans le tableau de l'annexe 5.

Il importe de signaler que la quasi-totalité des restaurants utilise l'huile de marque « elio » fabriquée par l'unité « Cévital » 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) ;
- ◆ Sans cholestérol ;
- ◆ 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 par rapport aux autres huiles ; *SADOUDI et ALI AHMED (2017)* l'ont estimé à 5,15.

I.1. Evolution des indices physiques

Les paramètres physicochimiques le plus souvent contrôlés pour mesurer le degré de dégradation des huiles au cours de la friture sont l'acidité oléique, les composés polaires et les polymères de 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*).

Le dosage de ces paramètres s'effectue sans l'utilisation des produits chimiques, elle est en corrélation avec des méthodes officielles comme la détermination des composés polaires (*GERTZ, 2000*).

I.1.1. Dosage du taux des composés polaires totaux (CPT)

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 .

Tableau VII : Limites inférieure 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 (Total Polar Materials)
Verte	Bonne qualité	Valeur TPM < Limite inférieure (20%)
Jaune	Limite d'utilisation d'huile	Valeur TPM entre les limites supérieure et inférieure
Rouge	Changement d'huile	Valeur TPM > Limite supérieure (25%)

Ainsi, le dosage des composés polaires est un indicateur de la qualité des huiles 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 de l'huile de friture. Des coefficients de corrélation élevés 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 fritures sont maîtrisées, les produits frits sont de bonne qualité gustative et les composés polaires totaux ne se forment qu'en très petites quantités tolérées par le 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 acides gras libres, les mono et diglycérides, les dimères et trimères de triglycérides (appelés polymères de triglycérides), ainsi que d'autres substances polaires oxydées (acides gras oxydés, triglycérides oxydés, etc.) (*ANONYME, 2007*).

Selon *SANTOS (2017)*, les fractions principales des CPT sont les triglycérides oxydés (TGO) ; ces derniers sont les principaux produits de dégradation, suivis par les dimère et

polymères de triglycérides (DPTG) ; ils suivent la même tendance que celle des TPC: quantités 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 de friture ; le maximum toléré est d'environ 25% (ANONYME, 1995) et seulement 12% de DPTG (BRIÜHL, 2014). Les valeurs des composés polaires obtenues dans notre étude sont illustrées dans la figure 15.

La limite de la valeur de TPM (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, la Suisse et l'Autriche l'ont fixé à 27%.

Plusieurs pays ont suggéré qu'une huile de bain de friture avec une teneur en CPT de 25-27% devrait être rejetée (TAKEOKA et al., 1997 ; FIRESTONE, 1993). La limite maximale tolérée est de 25%.

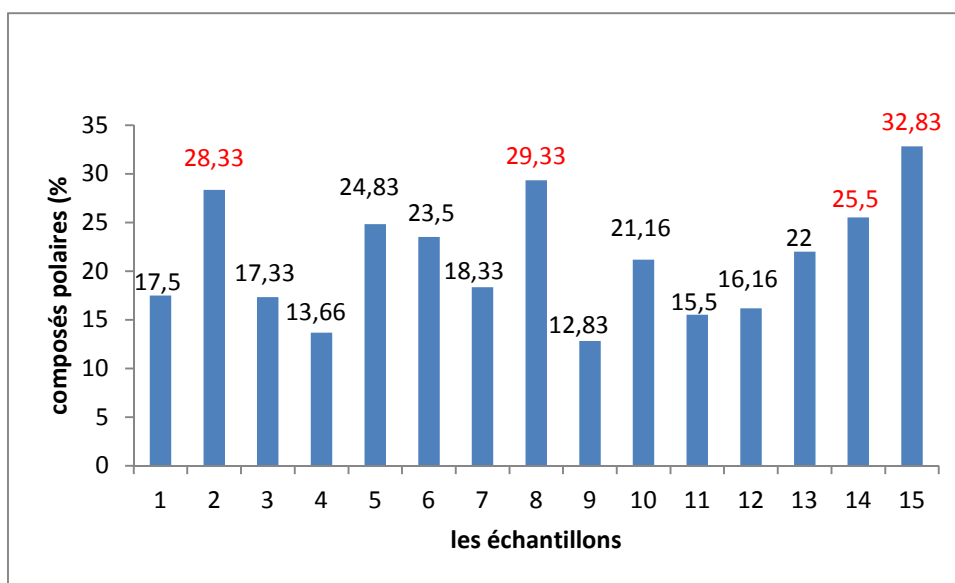


Figure 15 : Taux de CPT des huiles de baigns de fritures prélevées

D'après les résultats illustrés par le diagramme de la figure 15, la grande majorité des échantillons collectés (73%) ont un taux de CPT inférieur à la limite maximale fixée par l'AFSSA en 2005. Ainsi, 11 restaurants des 15 répertoriés dans cette ville touristique respectent les conditions de friture et par conséquent offrent des aliments frits sains. Mieux encore, plus de 46% des fastfoods totaux, soit plus de 63% des restaurants conformes, utilisent une huile de baigns de friture de bonne qualité (inférieur à 20%). Pour la qualité des huiles intermédiaires autorisées, le nombre de restaurants est de 4, soit un pourcentage de

27%. Enfin, quatre restaurants (26%) ont utilisé une huile de baign dépassant le seuil des 25% fixé ; l'utilisation de ces huiles est jugée dangereuse d'après *GUILLÈNE et URIARTE (2011)*.

Selon *IGHIL FARIDA ET AL 2016* les résultats obtenus de taux des CPT varie en fonction du cycle de friture ; une augmentation continue dans le taux, à été remarquée en allant de 6% à la 1^{ère} friture jusqu'à la valeur de 10% à la 20^{ème} friture. Cette augmentation est similaire à celle trouvée par *LOUNI (2016)* en utilisant l'huile « elio » ; les valeurs augmentent de 8% à la 1^{ère} friture jusqu'à 11% pour la 20^{ème} friture. Ces valeurs sont nettement inférieures à la norme (moins de 25%), ce qui permettrait d'utiliser cette huile dans d'autres cycles de fritures ; les conditions expérimentales fixées, à savoir un temps de friture court (4 min) et l'utilisation d'une friteuse neuve pourraient expliquer la stabilité de l'huile « elio » durant les vingt fritures, alors que les recommandations portées sur l'emballage de cette huile se limitent uniquement à 10 fritures.

Néanmoins, l'analyse statistique n'a pas révélé de différences significatives entre ces quinze restaurants.

Il importe de souligner que les valeurs de ce dosage dépendent de la méthode utilisée. Dans notre étude, on a utilisé la méthode *Testo (270)* pour évaluer la qualité des huiles de baign de fritures prélevés. *CHEN, et al., (2013)* ont comparé l'efficacité de deux méthodes dans la détermination des CPT dans une huile de soja : la méthode Standard (méthode chromatographique, colonne remplie de gel) et la méthode rapide à l'aide d'un appareil, appelé *Testo 270*. Ils ont noté un grand écart entre les deux valeurs obtenues : une valeur de 2.3 ± 0.3 dans le cas de la méthode standard et une valeur de 12.8 ± 0.4 grâce à l'appareil *Testo 270*.

Une surutilisation de l'huile pendant la friture induit la formation de l'acroléine. Cette dernière est un aldéhyde ($H_2C=CH-CHO$) extrêmement toxique par inhalation et ingestion, Elle a pour origine l'incendie de matières plastiques, les fruits pourrissants, la décomposition de graisses. Elle se forme lorsque les acides gras présents dans les viandes se dégradent sous l'action de la chaleur (barbecues). Les acides gras à longues chaînes brisent les liens qui les liaient au glycérol, puis la molécule de glycérol perd deux molécules d'eau pour former l'acroléine.

Lors des fritures, 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 composés volatils oxydés 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.

Ainsi, les hydroperoxydes formés à partir des AGPI sont rapidement, soit scindés en molécules volatiles (aldéhydes, hydrocarbures), soit remaniés sous forme d'acides oxydés porteurs 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 et pour former des acides gras conjugués ou *trans* (COMBE, 2010).

En plus des composés cités en haut, des acides gras *trans* se forment pendant le chauffage des huiles. Néanmoins, leur formation nécessite des conditions de chauffage drastiques. En effet, il a été rapporté qu'après 20 cycles de friture de chips de pomme de terre, réalisés dans des conditions ménagères à 180°C, les huiles testées ne présentaient qu'une légère dégradation sans pour autant dépasser les normes établies. En effet, la formation de benzopyrène n'a pas été détectée et aucune augmentation significative des acides gras *trans* n'a été signalée dans ces conditions (ANONYME, 2012).

I.1.2. 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 (KARLESKIND, 1992).

Dans notre étude, les densités des échantillons des huiles des baigns de fritures collectés dans les différents restaurants ont été déterminées à une température de 20°C. Selon les normes établies dans le *Codex Alimentarius de 1999*, les valeurs de la densité des huiles doivent être comprises entre 0,919 et 0,925, les valeurs de cet indice oscillent entre 0,919 pour le restaurant 9 et 1,021 correspondant au restaurant 15. Les résultats obtenus sur les huiles des baigns de fritures collectés sont illustrés par la *figure 16*.

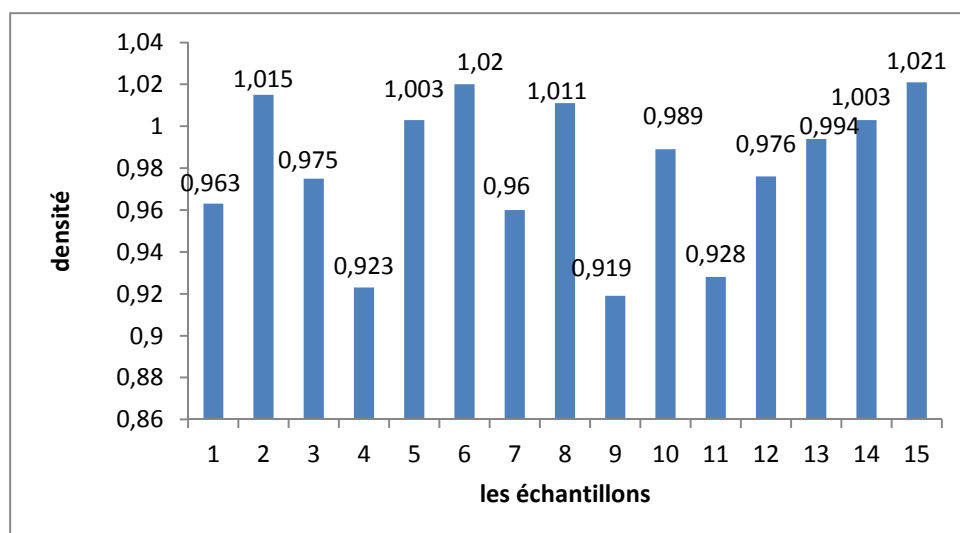


Figure 16 : Valeurs des densités des huiles de bains de fritures analysées

D'après ces résultats, les valeurs oscillent entre 0,919 et 1,021 observées dans les restaurants 9 et 15 respectivement. Ainsi, un grand écart entre les différents restaurants en matière de densité des échantillons prélevés a été enregistré. Le nombre d'huiles de bains de fritures ayant une densité supérieure à la limite maximale ($> 0,925$) fixé le *Codex alimentarius de 1999* est de 12, ce qui correspond à 80% du total des restaurants (au nombre de 15), tandis qu'une seule huile de bains de friture (celle prélevée du restaurant numéro 9) a une valeur inférieure à la limite minimale de la norme (0,919), correspondant à un pourcentage de 7% des restaurants totaux. Le nombre d'huiles de bains de fritures dont la densité est incluse dans l'intervalle de la norme est de 2, soit un pourcentage de 13%.

Selon *GUETTAR et HAMOUNI (2015)*, qui ont travaillé sur la même marque d'huile (elio) les valeurs enregistrées de la densité sont de 0.933 et 0.944 respectivement pour la 1^{ère} et la 20^{ème} friture, par contre *TASSADIT TAOUS et al (2015)* ont noté une diminution de la densité des huiles de bains de fritures; la densité de l'huile du premier bain de friture est de 0.889, alors que celle du 20^{ème} bain de friture est de 0.877.

Il a été admis que les huiles de faible densité sont des huiles à un haut taux d'acide gras libres de bas poids moléculaire, tandis que les huiles « lourdes » contiennent plus d'acides gras de haut poids moléculaire.

Ainsi, l'augmentation de la densité des huiles de bains de fritures analysées semble en être logique du fait du déroulement de nombreuses réactions de détérioration catalysées par la

température appliquée, l'humidité de la pomme de terre et de la diffusion de l'oxygène de l'air ambiant.

A haute température, la réaction majeure consiste en une polymérisation par combinaison des radicaux formés d'où une augmentation de l'indice de la densité

Pour chaque huile, il existe une température critique appelée point de fumée ou point de craquage au-dessus de laquelle l'huile ne doit être chauffée. Quand l'huile atteint sa température critique, ses constituants se dégradent, forment des composés toxiques et l'huile fume tout en dégageant une odeur âcre. C'est la raison pour laquelle une huile qui fume ou qui mousse doit être jetée.

En effet, durant le chauffage, les AGPI des CG, très sensibles, se dénaturent en se transformant partiellement en substances indigestes et cancérigènes. En effet, lors de la cuisson à une température trop élevée, il se produit un « thermocraquage » 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

I.2 Evolution des indices chimiques

I.2.1. indice d'acide

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 présent dans une huile (*KPOVISSI et al., 2004*).

Dans le processus d'hydrolyse, la molécule de TG réagit avec une molécule d'eau pour donner un AGL et un diacylglycérol (*GUPTA, 2005*). Les AGL sont formés pendant l'hydrolyse suite à la scission de la liaison ester liant un AG à la molécule de glycérol formant un TAG (*PERKINIS, 1996*). Elle est due à la grande quantité d'eau libérée par l'aliment à frire, mais également conséquente aux hautes températures appliquées (180-220°C) (*WASSEF et NAWAR, 1996*). Les résultats du test de l'acidité appliqué sur tous les échantillons d'huiles de bains de fritures prélevés des différents restaurants sont indiqués portés par la *figure 17*.

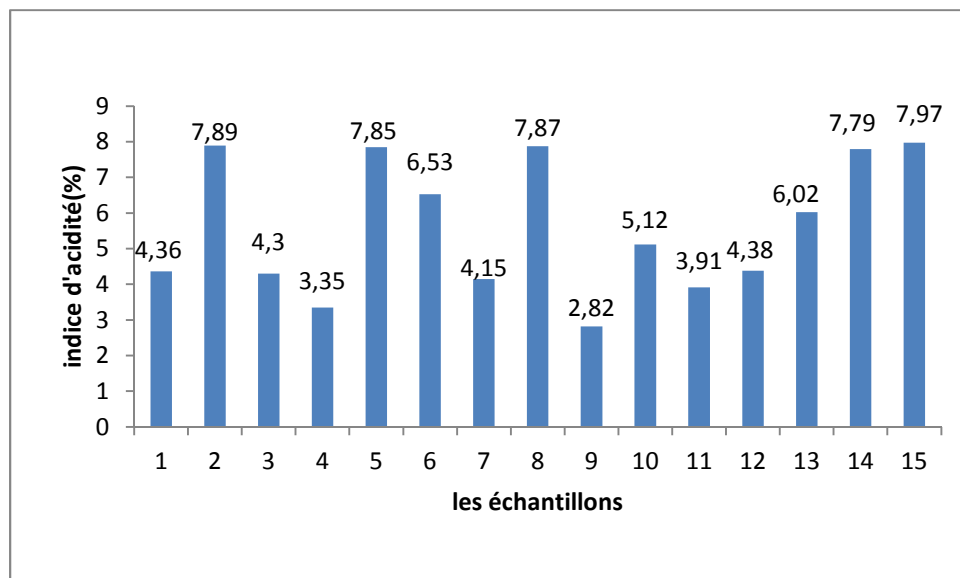


Figure 17 : Valeurs moyennes de l'indice d'acidité des huiles des bains de friture

Selon *BARKA AMEL(2016)* qui a travaillé sur la même marque d'huile (elio) les valeurs enregistrées pour l'indice d'acide sont de 2,8 et 4,48 respectivement pour la 1^{ère} et la 10^{ème} friture, Selon les normes établies dans le *Codex Alimentarius de 1999*, les valeurs de la de l'indice d'acide des huiles doivent être comprises entre 2,2 et 7,26.

Les résultats obtenus pour l'indice d'acide des huiles de fritures prélevées dans les quinze restaurants oscillent entre 2,82 pour le restaurant 9 à une valeur maximale de 7,97 pour restaurant 15, le nombre d'huiles de bains de fritures ayant une densité supérieure à la limite maximale ($> 7,26$) fixé le *Codex alimentarius de 1999* est de 05, ce qui correspond à 33,33% du total des restaurants (au nombre de 15), tandis que les autres huiles de bains de fritures qu'est de 10 sont incluses dans l'intervalle fixée par le *codex alimentarius de 1999* soit un pourcentage de 66,66 % .

L'augmentation de l'indice d'acide des huiles provient certainement des réactions chimiques s'opérant dans l'huile au contact de l'eau sous l'effet de la chaleur. L'indice d'acide doit rester inférieur à la limite maximale établie par la norme, celle du *Codex alimentarius* notamment.

D'après les résultats obtenus par *HIDEUR et CHIBANE (2015)* dans des conditions idéales de fritures, l'acidité augmente au fur et à mesure que le nombre de fritures augmente. Néanmoins, l'intensité de l'acidification diffère selon la température de friture. Les pourcentages d'augmentation de l'acidité par rapport à l'huile fraîche à la 1^{ère} friture menée à 170°C et 190°C sont respectivement de : 33,92% ; 100,89%. Donc, cet indice a augmenté de double quand la température de friture est élevée, ceci traduit et confirme l'effet délétère des

températures élevées appliqués dans les fastfoods sur la sensibilité et la stabilité des huiles végétales raffinées, confirmant ainsi les résultats obtenus dans notre étude.

L'augmentation de l'acidité de l'huile des bains de fritures 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 (BOUREGHD *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).

Selon GUPTA (2005), dans le processus d'hydrolyse, la molécule de triacylglycérol réagit avec une molécule d'eau pour donner un AGL et un diacylglycérol. De plus, d'après WOLFF (1991), l'acidification des huiles est accrue en présence d'eau dans des conditions favorables, en particulier à chaud et sous pression (chauffage électrique).

L'acidification d'une huile alimentaire dépend de nombreux paramètres, on en cite le type de raffinage adopté, la qualité des graines oléagineuses triturées, les conditions de stockage de ces graines, leur conditionnement, mode d'extraction, transport de l'huile brute, etc.

I.2.2. indice d'iode

L'indice d'iode permet de mesurer le degré d'insaturation globale d'une matière grasse. Il renseigne, donc, sur le degré d'oxydation des huiles (ADRIAN *et al.*, 1998). Selon KPOVISSI *et al.*, (2004), les valeurs élevées de cet indice indiquent la richesse de l'huile en AGI.

Selon les travaux antérieurs menés dans notre laboratoire, l'huile « elio » a un indice d'iode élevé, de l'ordre de 134.302gI₂/100g huile. Durant les essais de fritures, cet indice chute jusqu'à un niveau de 96.021gI₂/100g au cours de 20^{ème} friture. La norme établie dans le *Codex Alimentarius de 1999* pour les huiles végétales raffinées est comprise entre 123 et 139 gI₂/100g d'huile.

Sur les échantillons d'huiles de bains de fritures récupérés des différents restaurants, les valeurs de l'indice d'iode obtenues sont intégrées dans la *figure 18*.

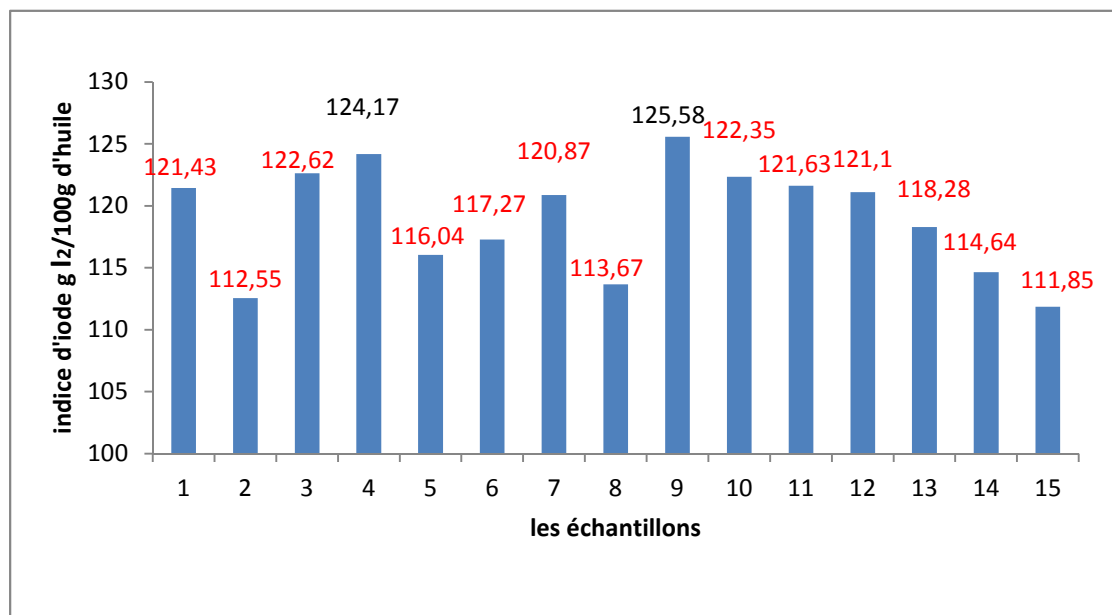


Figure 18: Valeurs moyennes d'indice d'iode des huiles de bains prélevées des restaurants

Il ressort de ces résultats que les valeurs de cet indice oscillent entre 111,85 pour le restaurant 15 à 125,28 gI₂/100g huile correspondant au restaurant 9. Ces valeurs sont, logiquement, inférieures à celle de l'huile à l'état frais, qui est 134,302g d'I₂/100g d'huile donnée par *HIDEUR et CHIBANE (2015)* ayant travaillé sur l'huile « Elio » ce qui indique une altération des acides gras insaturés, notamment l'acide linoléique, principal AG de cette huile.

Ainsi, le pourcentage de diminution de l'indice d'iode le plus élevé est enregistré sur les huiles de bains de fritures prélevées dans le restaurant 15 qui est de 16,71%. Et le pourcentage de diminution de l'indice d'iode le moins élevé est enregistré sur les huiles de bains de fritures prélevées dans le restaurant 9 qui est de 6,72%.

Le nombre d'huiles de bains de fritures ayant un indice d'iode inclus dans une intervalle comprise entre 123 à 139 gI₂/100g d'huile, fixé par le *Codex alimentarius de 1999* est de 02, ce qui correspond à 13,33% du total des restaurants (au nombre de 15), tandis que les autres huiles de bains de fritures qu'est de 13 sont inférieures à la limite minimale

fixée par le *codex alimentarius de 1999* soit un pourcentage de 86,66 % .

L'indice d'iode d'une huile diminue logiquement lors de son traitement thermique, utilisation en friture notamment. Cette chute est due à la formation des produits d'oxydation lipidiques, comme rapporté par *GERTZ (2008)* ; *SANCHEZ-GIMENO et al.,(2008)*.

La diminution de l'indice d'iode dans les huiles de friture se traduit par l'action de l'oxygène de l'air ambiant catalysée par la chaleur ; le substrat de cette réaction est l'AGPI. Il s'agit d'une perte nutritionnelle de l'huile dans la mesure où ces nutriments ne sont pas synthétisés par l'Homme. De plus, les produits chimiques issus des réactions de la polymérisation et de la cyclisation des AGPI restent dans l'huile de bain de friture ; ils sont jugés toxiques pour le consommateur (*Le FLOCH et al., 1968*).

Selon *SANCHEZ-GIMENO et al., (2008)*, l'indice d'iode est inversement proportionnel au nombre de fritures ; ceci est due à la formation de produits oxydés suite aux réactions se produisant au niveau des insaturations, diminuant ainsi leur nombre dans les chaînes hydrocarbonées. Cette diminution serait la conséquence des réactions d'oxydation et de polymérisation qui se produisent au cours des fritures. C'est la raison pour laquelle, l'indice d'iode est considéré comme un bon indicateur du degré d'altération des huiles (*MILLER et WHITE, 1988*).

D'après *FRENOT et VIERLING (1997)*, les liaisons éthyléniques des acides gras sont susceptible de fixer les halogènes (iode, brome, chlore). Dans notre étude, l'halogène utilisé est l'iode ; cette réaction d'addition peut être utilisée pour déterminer quantitativement l'insaturation globale des chaînes hydrocarbonées.

La diminution, même progressive, de l'indice d'iode est liée à la perte des liaisons éthyléniques des AGI suite à l'oxydation. Par ailleurs, *MILLER et WHITE (1988)* attribuent cette diminution à des réactions de polymérisation se produisant au cours du chauffage de l'huile. Par conséquent, il est possible de dire que l'indice d'iode est fonction du nombre de fritures et du degré d'insaturation d'une huile.

II. Qualité hygiénique générale des restaurants :

L'hygiène se définit à de nombreuses règles qui doivent être respectées par les restaurants afin de limiter les risques sanitaires , Parmi ces règles, les règles d'hygiène relatives aux locaux où les murs, sols et plafonds des zones où sont manipulées les denrées doivent être facilement nettoyables et désinfectables.

Il faut également veiller à séparer les zones d'épluchage, de plonge (secteurs sales) et les autres zones de manipulation des denrées (secteurs propres). Utilisez en particulier des

poubelles fermées, avec élimination fréquente. et enfin de veiller à respecter les règles d'hygiène relatives au personnel ANONYME, (2017).

Tableau VIII : Résultats de la qualité hygiénique générale des restaurants inspectés.

Types d'hygiène N° du restaurant	Hygiène du personnel	Hygiène des lieux	Hygiène du matériel	Respect de la chaîne de froid	Lutte contre les nuisible
1	Pr	Pr	Pr	Abs	Pr
2	Pr	Pr	Pr	Pr	Abs
3	Pr	pr	pr	Abs	pr
4	Abs	abs	pr	Pr	abs
5	Pr	pr	pr	Abs	pr
6	Pr	pr	pr	Pr	pr
7	Abs	abs	pr	Pr	abs
8	Pr	pr	pr	Pr	pr
9	Pr	pr	pr	Pr	pr
10	Abs	pr	pr	Pr	pr
11	Pr	pr	pr	Pr	pr
12	Pr	abs	pr	Abs	abs
13	Pr	pr	Pr	Pr	pr
14	Abs	abs	pr	Pr	abs
15	Pr	pr	pr	Pr	pr

NB :

Abs : absence.

Pr : présence.

Il ressort des résultats portés dans ce tableau que l'état hygiénique des quinze restaurants est satisfaisant. Il n'en demeure pas moins que des efforts doivent encore être fournis pour une bonne maîtrise des conditions de préparation des aliments destinés aux consommateurs.

Des efforts doivent, en effet, réalisés en matière d'information du personnel de cuisine et la sensibilisation des responsables de ces établissements en matière de gestion des déchets, de l'hygiène du personnel notamment dans les restaurants 4, 7, 10 et 14.

Par ailleurs, l'hygiène des lieux est inquiétant dans les restaurants 4, 7, 12 et 14. De plus, le respect de la chaîne de froid a été totalement absent dans les restaurants 1, 3, 5 et 12. Enfin, pour la lutte contre les nuisible, son absence a été signalée dans les restaurants 2, 4, 7, 12 et 14.

Aussi paradoxal que cela puisse paraître, les restaurant qui respectent la norme d'utilisation d'huile de friture (taux de composés polaires le plus bas) ne maîtrise pas l'hygiène général, c'est le cas des restaurants 4 et 7. En revanche, les restaurants maîtrisant l'hygiène générale ne respectent pas la norme d'utilisation d'huile de friture, c'est le cas du restaurant 15 pour lequel le taux de composés polaires est le plus élevé, soit 33%.

A cet effet, il est indispensable de sensibiliser le personnel dans la perspective d'implanter le système HACCP dans ces établissements pour une bonne gestion des risques liés à la préparation des aliments de bonne qualité et par conséquent protéger la santé des consommateurs surtout durant la période estivale dans cette régions touristique.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif central de cette étude a été d'évaluer la qualité des huiles de bains de fritures des fastfoods de la ville d'Azeffoune. A cet effet, certains paramètres physico-chimiques ont été déterminés. De plus, l'état d'hygiène générale des quinze établissements de la restauration rapide inspectés a, également, été contrôlé.

Le premier résultat de l'enquête auprès des restaurateurs est l'utilisation de l'huile de marque « elio » dans la préparation des aliments. Le choix de cette huile est lié à son prix abordable en comparaison aux autres huiles.

Il ressort de cette étude que 73% des huiles de bains de fritures ont un taux de composés polaires totaux (CPT) inférieur à la limite maximale fixée par l'AFSSA en 2005. Ainsi, 11 restaurants des 15 de cette ville touristique respectent les conditions de friture et par conséquent offrent des aliments frits sains. Mieux encore, plus de 46% utilisent une huile de bains de friture de bonne qualité (CPT < 20%). La détermination du taux de CPT est considérée comme une méthode fiable pour juger la qualité de l'huile usagée.

Par ailleurs, l'analyse statistique du test de conformité de la moyenne des quinze restaurants a, également, confirmé le niveau de qualité appréciable des échantillons d'huiles de bains prélevés et par conséquent le degré de salubrité des aliments frits préparés.

Cependant, la détermination de l'acidité des huiles de bains de fritures n'offre qu'une seule information, celle liée à la dégradation hydrolytique de l'huile. Les valeurs enregistrées ont dépassé largement les limites maximales suggérées par de nombreux auteurs. Les grands écarts enregistrés pourraient être expliqués par la forte imbibition des tranches de pomme de terre introduites dans la friteuse.

Concernant l'état hygiénique général, on a constaté une certaine conformité avec toutefois quelques perfections à accomplir pour une meilleure efficacité, comme le cas de la gestion des déchets.

En s'appuyant sur les constatations faites durant l'inspection de ces fastfood, il serait judicieux de sensibiliser et d'informer le personnel sur les risques liés à la consommation des aliments frits de mauvaise qualité.

Références

Bibliographiques

➤ **A**

- ❖ **ADRIAN J., DAN VILLIER P. et POTUS J. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaire. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. pp : 47 – 171.
- ❖ **AFNOR- NFT60-21.**
- ❖ **ANONYME, 6 (1996).** La biologie du Glycine *max* (L.) Mer. (soja). Cahier parallèle à la Directive 94-08. Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux: 4-5.

➤ **B**

- ❖ **BAUMANN B., ESCHER F., (1995).** mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices. i. rate of drying and oil uptake. *lebensmittel-wissenschaft und-technologie*, 28: 395 - 403.
- ❖ **BOUREGHDA A., BENAYACHE S., ET BENAYACHE F. (2013).** change of physic-chemical proprieties of some local oils. *during frying. nat sci*; 11(11), p.88- 91
- ❖ **BOUCHON P., BROYART B., TRYSTRAM G., (2006).** mise en oeuvre des matières agroalimentaires, chapitre 4: création et transformation de solides alimentaires, eds. lavoisier, paris, 240 p.
- ❖ **BOUCHON P., (2009).** understanding oil absorption during deep-fat frying. *advances in food and nutrition research*, 37(5): 209-234.

➤ **C**

- ❖ **CAMPBELL E. J., (1983).** sunflower oil, j. am. *oil chem. soc.*, **60** : 387-392.
- ❖ **CANIBE N., PEDROSA, M.M., ROBREDO L.M., KNUDSEN K.E.B., (1999).** chemical composition, digestibility and protein quality of 12 sunflower (*helianthus annuus* l) cultivars. *journal of the science of food and agriculture*, 79: 1775-1782.
- ❖ **CHARLES A., DEN G., (1997).** abrégé de biochimie alimentaire. 4ème edition masson, paris, pp 225-232.
- ❖ **GHILLAUMIN(1979).**composés non volatiles formés lors des fritures.r.f.c.g.vol16n4, p189-204.
- ❖ **CODEX ALIMENTARIUS, (1993).** annexe v, avant-projet de norme pour les huiles végétales portant un nom scientifique. compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *actualité en chimie* n° 270: 108-115

- ❖ **CODEX ALIMENTARIUS. (1999).** norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique. fao/oms, rome, p.41.
- ❖ **COSSUT J., DEFRENNE B., DESMEDT C., FERROUL S., GARNET S., ROELSTRAETE L., VANUXEEM M., VIDAL D., (2002).** les corps gras : entre tradition et modernité. dess qualimapa (gestion de la qualité nutritionnelle et marketing des produits alimentaires), institut agro- alimentaire de lille université des sciences et technologies de lille, institut d'administration des entreprises de lille, pp 21-64.

➤ **D**

- ❖ **DEBRUYNE I., (2001).** soja : transformation et aspects industriels. *techniques de l'ingenieur*, f6030: 1-12.
- ❖ **DELAGOUTTE C.,(2007).** huiles de friture et dangers, *la cuisine collective*, n° 205.
- ❖ **D. G. F., 2000** recommendations for frying oils. 3rd international symposium on deep-fat frying, optimal operations., march 20-21, hagen/westphalia. germany.
- ❖ **DOBARGANES C., (1998).** formation and analysis of high molecular-weight compounds in frying fats and oils. *ocl*, 5(1): 41-47.
- ❖ **DUBOIS V., BRETON S., LINDER M., (2008).** proposition de classement des sources vegetales d'acides gras en fonction de leur profil nutritionnel. *oleagineux corps gras lipides*, 15: 56-75.

➤ **E**

- ❖ **EYMARD S. (2003).** Mise en évidence et suivie de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de doctorat spécialité biochimie. Ecole polytechnique de l'université de Nantes

➤ **F**

- ❖ **FRIEDMAN B., (2000).** adsorbent antioxidant provides optimum frying in restaurant and fast food fryers, *eupean journal of lipid science and technology*, 102(8-9): 560-565.
- ❖ **FREDOT E. (2012).** connaissance des aliments: base alimentaire et nutritionnelle de la diététique. edition: tec & doc, lavoisier, paris. pp : 417–488.
- ❖ **FRENOT M. ET VIERLING E. (2001).** biochimie des aliments : diététique du sujet bien portant. 2^{ème} édition : doin éditeur. pp : 79-94.

➤ J

- ❖ **JEANTET R ; BRULE G ; CROGUNENEC T.ET SCHUCK P. (2006).** science des aliments : biochimie-microbiologie-procede-produits.tom1. edition : tec& doc, lavoisier, paris.pp :95–120.
- ❖ **JUDE A. (2004).** prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants, pour quelles applications. ocl, n° 6, vol.11, pp : 414 – 418

➤ G

- ❖ **GERMAN J.B. ET KINSELLA J.E. (1985).** lipid oxidation in fish tissue, enzymatic initiation via lipoxygenase. journal of agricultural and food chemistry, vol.33, pp : 680 – 683.
- ❖ **GERTZ C. ET KOCHAAR P. (2001).** a new method to determine oxidative stability of vegetable fat and oil at simulated frying temperature. ocl. vol 8. n° 1, pp: 82-91.
- ❖ **GORNAY J., (2006).** transformation par voie thermique de triglycerides et d'acides gras. application a la valorisation chimique des déchets lipidiques. thèse de doctorat spécialité: génie des procédés, département de chimie physique des réactions, institut national polytechnique de lorraine, ecole doctorale rp2e e.n.s.i.c.nancy, p 9.
- ❖ **GRAILLE J., (1998).** réactions chimiques induites par la friture. *ocl*, 5(1):36-40.
- ❖ **GUILLAUMIN R., GENTE-JAUNIAUX M., BARBATI C., (1977).** etude sur les huiles chauffées : préparation et caractéristiques chimiques des huiles d'arachides, palme, soja et tournesol chauffées à 220 °c. *corps gras*, 10(24): 477-481.
- ❖ **GARIBAGAOGLU M., ZLYBEK U., ERDAMAR S., CEVIK A. ET ELMACIOGLU F. (2007).** the hepatotoxic effects of deep fried sunflower oil on ratlivers. advances in molecular medicine. international journal of molecular biology, biochemistry and gene technology. pp: 35-40.
- ❖ **GUIRAUD J.P. (2003).** microbiologie alimentaire. edition: dunod, paris. pp: 143.
- ❖ **GUILLEN M.D. ET URIARTE P.S. (2011).** a very simple, fast, and non-destructive approach to predict the time at which edible submitted to high temperature reach the established limits of safety. food chemistry, vol. 127, pp: 802-806
- ❖ **GUPTA M.K. (2005).** frying oils. bailey's industrial oil and fat products. 6^{ème} édition. john wiley & sons, inc. pp : 1 – 23.

➤ I

- ❖ **IGHIL FARIDA ET AL (2016)** evolution de la fraction saponifiable et insaponifiable d'une huile végétale raffinée « afia » au cours des fritures répétées

➤ K

- ❖ **KARLESKIND A., (1996)**. oils and fats manual vol. 1, ed. lavoisier tec. doc, paris.
- ❖ **KARTIKA, (2005)**. nouveau procédé de fractionnement des graines de tournesol : expression et extraction en extrudeur bi-vis, purification par ultrafiltration de l'huile de tournesol. thèse de docteur sciences des agroressources de l'institut national polytechnique de toulouse
- ❖ **KPOVIESSI D.S., GEORGE C., ACCROMBESSI., KOCHOOH C., MOHAMED M., SOUMANAU ET MOUDACHIROU M. (2004)**. propriétés physicochimiques et compositions de l'huile non conventionnelle de pourghère (*jatropha-curca*) de différentes régions du benin, (7). pp : 1007 – 1012.

➤ L

- ❖ **LECERF J.M. (2008)**. quel est l'impact connu et possible des modes de cuissons sur le survenue des cancers ? institut pasteur de lille.
- ❖ **LION PH., 1955**. travaux pratiques de chimie organique. ed. dunod, paris.
- ❖ **LE FLOCH E., ACKER P., RAMEL P., LANTEAUME M. T., LE CLERC A. M., (1968)**. les effets d'un chauffage de type culinaire sur les principaux corps gras alimentaires. ses incidences physiologiques et nutritionnelles. *ann.nut. alim.*, 22: 249-265.

➤ M

- ❖ **MILLER L.A. ET WHITE P.J. (1988)**. high temperature stabilities of low linolenate, high stearate and common soybean oils. *j.a.o.c.s.* vol 8, p.1324-1326.
- ❖ **MORIN O., PAGES-XATART-PARES X., (2012)**. huiles et corps gras végétaux: ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel. *ocl*, 19(2): 63-75.

➤ P

- ❖ **PERRIN J.L. (1992).** analyse des corps gras, détermination de l'altération. in : manuel des corps gras. tome 2. édition : tec & doc, lavoisier, paris. pp : 1198-1216.
- ❖ **PLATON J. F., (1988).** raffinage de l'huile de soja. *american soybean association*, 19: 3-30.
- ❖ **POKORNY J., (1999).** changes of nutrients at frying temperatures. in: frying of food. oxidation, nutrient and non-nutrient antioxydants, biologically active compounds and high temperatures , eds. technomic publishing company, inc., lancaster, pp 69-96. étude des variations de la teneur en isoflavones et de leur composition dans le germe et le cotylédon de la graine de soja [glycine max (L.)Merrill]. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, pp13-43.

➤ R

- ❖ **RASTOIN J. L., GHERSI M., (2010).** le système alimentaire mondial, concept et méthodes, analyses et dynamiques, ed. quae, france, p584.
- ❖ **RASTOIN J. L., BENABDERRAZIK E. H., (2014).** céréales et oléoprotéagineux au maghreb. pour un co-développement de filières territorialisées, construire la méditerranée. division de la statistique 2013/21 août 2013 algérie. paris : ipemed-institut de prospective économique du monde méditerranéen, pp 23-33
- ❖ **RIahi J. and MARZOUKI B ,(2000)** effets of light on some vegetal oils quality and stability. preliminary note. rivista italiana delle sostanze grasse.77 .
- ❖ **ROSSELL J.B., (2001).** frying, improving quality. boca raton, fl : *crc press*, p 369.

➤ S

- ❖ **SADOUDI R., AMMOUCHE A. ET ALI AHMED D. (2014).** thermal oxidative alteration of sunflower oil. édition: international journal of food and nutrition sciences vol. 1(1). pp : 02 – 07.
- ❖ **SANCHEZ-GIMENO A.C., NEGUERUELA A.I., BENITO M. ET VECET R.O. (2008).** some physical changes in aragon extra virgin olive oil during frying process. *food chemistry*, (110), p.654-658.

- ❖ **SAGUY I. S., PINTHUS E. J., (1995).** oil uptake during deep-fat frying : factors and mechanism. *food technology*, 49: 142-145.
- ❖ **SAGUY I.S., DANA D., (2003).** integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects, *journal of food engineering*, 56:143-152.
- ❖ **SEGHIER Y. ET BENAHMED L., (2014).** raffinage de l'huile de soja et élimination des acides gras libres au niveau de l'usine de afia master en génie des procédés, ingénierie biomoléculaire, département de chimie organique industrielle, faculté de chimie, université des sciences et de la technologie d'oran mohamed boudiaf, pp 37-40.

➤ **U**

- ❖ **UFHEIL G., ESCHER F., (1996).** dynamics of oil uptake during deep-fat frying of potato slices. *lebensmittel wissenschaft und technologie*, 29: 640-644.

➤ **V**

- ❖ **VARELA G., BENDER A.E., MORTON I.D., (1988).** frying of principales, changes, new approches. new york : vch. (morton, i. d., ed.).ellis horwood. chichester, p 202.

➤ **W**

- ❖ **WASSEF W. ET NAWAR N. (1996).** lipids. in: food chemistry. 3^{ème} édition: owen r. fennema. pp: 225 – 304.

➤ **Z**

- ❖ **ZIAIFAR A. M., (2008).** oil absorption during deep-fat frying : mechanisms and important factors, insdustries des sciences et industries du vivant et de l'environnement (agro paris tech), thèse doctorale.

Annexes

ANNEXES

Annexe 01: Détermination de l'indice d'iode(AFNOR NFT 60-203)

Matériel

- Erlenmeyers (ou ballons à fond plat)
- Béchers
- Balance analytique
- Pipettes
- Agitateur magnétique
- Burette

Réactifs

- Thiosulfate de sodium (0.1N)
- Empois d'amidon
- Iode alcoolique (0.2N)
- Éthanol à 96%

Mode opératoire

- Peser 0,2g d'huile ;
- Ajouter 10 ml d'éthanol, puis 10 ml d'iode alcoolique (0.2N), après 30 ml d'eau distillée ;
- Agiter vigoureusement pendant 5 min et placer à l'abri de lumière pendant 30 min (environ) ;
- Titrer avec le thiosulfate de sodium (0.1N) jusqu'à l'apparition de coloration jaune ;
- Ajouter à la solution 1 ml de la solution d'amidon à 1% pour avoir une coloration bleu foncée ;
- Continue à titrer la solution par le thiosulfate de sodium jusqu'à la disparition de la couleur bleue ;
- Effectuer de la même façon un essai à blanc.

Annexe 02 : Détermination de l'acidité

Matériel

- Erlenmeyers
- Burette
- Pipette graduée

ANNEXES

- Balance analytique
- Agitateur magnétique

Réactifs

- Éthanol à 96%
- Solution d'hydroxyde de potassium dans l'éthanol (0.1N)
- Phénolphtaléine : solution 10g/l dans l'éthanol à 96%

Mode opératoire

- Dissoudre une prise d'essai (10g) dans 50ml d'éthanol ;
- Ajouter quelques gouttes de la solution de phénolphtaléine ;
- Titrer en agitant avec la solution d'hydroxyde de potassium jusqu'à l'apparition de la couleur rose persistante pendant 10 secondes ;
- Déterminer le volume (V) de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée.

Annexe 03 : Détermination de la densité

Matériel

- Balance de précision.
- Pipette graduée de 10 ml.
- Bécher de 50ml.

Mode opératoire

- Prélever à l'aide d'une pipette graduée 10ml d'huile ;
- Les verser dans un bécher de 50ml de poids connu (m) ;
- Mettre le bécher sur la balance de précision et noter le poids de l'échantillon d'huile (m_0) ;
- Refaire la même expérience avec de l'eau distillée et noter le poids (m_1).

ANNEXES

Annexe 04 :

compose polaire			densite			indice d'acidite			indice d'iode		
rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep2	rep3	rep1	rep 2	rep3	rep1	rep2	rep3
17,5	17,5	17,5	0,974	0,971	0,963	4,39	4,33	4,37	121,77	120,89	121,64
29	28	28	1,018	1,015	1,012	7,91	7,88	7,89	112,12	114,9	110,63
17,5	18	18	0,972	0,979	0,975	4,35	4,27	4,3	121,87	124,52	121,49
14,5	13	13,5	0,925	0,924	0,921	3,36	3,36	3,33	123,24	121,09	122,18
24,5	26	24	1,003	1,005	1,002	7,83	7,89	7,85	116,31	115,84	115,99
23,5	23	24	0,998	0,989	1,08	6,57	6,51	6,52	118,61	117,59	115,63
18,5	18,5	18	0,963	0,96	0,959	4,16	4,16	4,15	122,5	120,57	119,55
28	29	31	1,014	1,009	1,012	7,87	7,85	7,89	113,63	113,62	113,77
12,5	13	13	0,921	0,92	0,918	2,82	2,81	2,83	123,19	121,31	123,26
21,5	21	21	0,989	0,985	0,994	5,12	5,1	0,15	120,36	120,31	120,39
15,5	15,5	15,5	0,929	0,929	0,928	3,9	3,91	3,94	121,77	120,6	122,52
19	19	19,5	0,979	0,975	0,976	4,48	4,31	4,36	121,14	121,01	121,16
22	22	22	0,993	0,996	0,995	6,01	6,09	5,98	128,28	127,22	129,36
25	26	25,5	1,004	1,003	1,003	7,78	7,78	7,81	115,55	113,48	114,9
32	34	32,5	1,022	1,021	1,022	7,92	7,99	8,02	110,76	111,83	112,96

Résumé

Les habitudes alimentaires de l'Algérien ont changé en faveur de la consommation des aliments frits au détriment de l'alimentation traditionnelle, ceci à cause de l'influence des médias lourds et de l'Internet.

A cet effet, de nombreux fastfoods (restauration rapide) ont apparu ces dernières années dans toutes les régions du pays. Compte tenu de l'indisponibilité large de l'huile d'olive, stable à la chaleur, les huiles raffinées polyinsaturées, extrêmement sensibles à la chaleur, sont utilisées dans la préparation de ces aliments frits, la pomme de terre notamment.

C'est dans cette optique que s'inscrit cette étude dont l'objectif est d'évaluer le niveau d'altération des huiles de bains de friture dans une ville touristique de la wilaya de Tizi-Ouzou, Azeffoune.

Les résultats obtenus ont montré, heureusement, une conformité des échantillons analysés prélevés de la majorité des restaurants inspectés, soit 73%, à la norme du taux de composés polaires, fixée dans de nombreux pays à un maximum de 25%. De plus, l'état général de l'hygiène de ces établissements est satisfaisant.

Mots clés : fastfoods, Azeffoune, huiles de bains de friture, composés polaires