

**RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTÈRE D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

*Université Abderrahmane Mira-BEJAIA
Faculté de Technologie
Département de Génie des Procédés*

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de
Master

En : Génie des Procédés
Option : Génie des procédés de l'environnement

Thème

**Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et
valorisation des huiles de fritures usagées .**

Présenté par :

**Kerrouche Aissa
Bouda Walid**

Encadré par :

Mme. Anissa Senhadji.

Devant le jury composé de :

Mr Azzoug . M

MCA

Mme Aliouane . N

MCA

Mme Senhadji .A

professeur

Encadreur

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre enseignant et promoteur , Mme Senhadji.A .pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous encadrant ,pour ses précieux conseils , orientations et la confiance placée en nous , dont nous garderons les souvenirs de ses qualités profondément humaines .

Nous remercions sincèrement aussi :

Mme Aliouane Nabila pour l'honneur qu'elle nous a fait d'avoir acceptée d'examiner ce modeste travail.

Mr Azzoug Moufek pour l'honneur qu'il nous a accordé en examinant ce modeste travail.

Mme Senhadji.A. qui a rendu ce mémoire une expérience motivante et enrichissante. Ne nous saurions jamais oublier sa disponibilité , sa compétence et sa recommandation continue pour nous .

Nous remercions également tout le personnel du bloc 11 pour leurs aides précieuses et leurs disponibilité : Mme Bradai ,Mme Amrani, Mme Mokhtari , Kahina ,Magda , Ouahiba.....

Enfin nous remercions également à travers ce travail tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet , nous les remercions du fond du cœur.

Dédicaces

Cet événement de ma carrière universitaire me donne la grande opportunité de dédier ce modeste travail :

A Celle qui a attendue avec impatience les fruits de sa bonne éducation : Maman.

A Celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes : Mon Père.

A mes frères : kouceila et yahya .

A tous mes oncles paternels et maternels .

A toutes mes tantes paternels et maternels .

A toute la promo génie des procédés de l'environnement.

A celle qui ma toujours soutenue :thinhinane benamsili.

A mon chère camarade Aissa Kerrouche ainsi que toute sa famille.

A tous mes amis , en particulier :pipi , azouaou ,yaya , ghiles , allaoua ,mouhou , larbi et son épouse, jonas , mehrez ,Doudine.

Bouda walid.

Dédicaces

Cet événement de ma carrière universitaire me donne la grande opportunité de dédier ce modeste travail :

A Celle qui a attendue avec impatience les fruits de sa bonne éducation : Maman.

A Celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes : Mon Père.

A mon frère : Massi .

A ma sœur : Siham.

A tous mes oncles paternels et maternels .

A toutes mes tantes paternels et maternels .

A toute la promo génie des procédés de l'environnement .

A celle qui ma toujours soutenue : Lilia Ahaddad .

A mon chère camarade Walid Bouda ainsi que toute sa famille.

A tous mes amis , en particulier : Zidahna.R , Aziri.T , Touati.DJ , Krimat.Md ,Jonas, Ait Atmane.A et mes chères copins de chambre E13 :Ravah , Yacine , Hamid.

Kerrouche . Aissa

Sommaire.

Listes des abreviations

Listes des figures

Listes des tableaux

Introduction général.....1-2

Partie théorique

Chapitres I : Généralités sur les corps gras.

I.1. Corps gras alimentaires.3

I.1.1. Composition des lipides.....3

a. Triglycéride (ou triesters d'acides gras)3

b. Acides gras libres3

C. Constituants mineurs.....4

I.1.2. Nomenclature des acides gras.....4

I.1.3. Production mondiale des huiles végétales (Proléa).....7

I.1.4. Consommation mondiale d'huiles végétales de 2013/14 à 2016/17, par type d'huile
(en millions de tonnes métriques).....8

I.1.5. Exemple de compositions d'huiles alimentaires.....9

Huile de Soja.....9

1- Huile de Tournesol.....11

2- Huile de maïs.....12

I.1.6. Economie des huiles alimentaires.....13

I.1.7. Domaines d'application des corps gras.....14

1- Applications alimentaires des corps gras.....14

2- Applications non alimentaires des corps gras.....14

I.2. Les huiles alimentaires15

I.2.1. Utilisation des huiles alimentaires comme huiles de friture.....15

I.2.2. Composition chimique des huiles de friture.....	16
a. Réactions d'oxydation.....	16
b. Réactions de polymérisation.....	17
c. Réactions d'hydrolyse.....	17
I.2.3. Aspects réglementaires.....	18
I.3. Les huiles et Les graisses usagées : un déchet recyclable.....	19
I.3. 1. Valorisation des huiles alimentaires.....	19
a. Les biocarburant.....	19
b. Les biodiesel.....	19
I.3.2. Recyclage / élimination dans le respect de l'environnement.....	20
a. Les huiles de fritures sont un danger pour l'environnement.....	20
b. Une seconde vie pour les huiles et graisses de friture usagées.....	20
c. La production de biodiesel : une somme d'avantages pour la planète.....	21
I.4. Observation de pollutions par huiles végétales.....	23
I.4.1 comportement des huiles végétales.....	23
I.4.2 conséquences des versements sur l'environnement	23
I.4.3 techniques de lutte mises en œuvre.....	24

Chapitre II : Etude expérimentale.

II.1 Introduction.....	25
II.2. Etude sur terrain.....	25
II.3. Matériels et Produits.....	25
II.3.1. Produits.....	25
a. Huile de friture.....	25
b. Les produits utilisés.....	26
II.3.2. Méthodes.....	26
II.3.2.1. Détermination des caractéristiques physico-chimiques des huiles étudiées.....	26
a. La densité relative.....	26
b. Indice de réfraction.....	27
c. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles.....	29
d. Indice d'acidité (ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996).....	30
e. Indice de saponification. (BARKA , 2016).....	31
f. Indice de peroxyde (ISO 3960 Quatrième édition 2007).....	33

g. Indice d'iode (ISO 3961 Troisième édition 01-06-1996).....	34
h. Détermination de la teneur en chlorure de sodium.....	36
II.4. Procédé de décoloration des huiles végétales.....	37
II.4.1. Protocole de décoloration avec la bentonite et le kaolin.....	37

Chapitre III : Résultats et discussions.

III.1. Résultat de l'enquête menée sur terrain.....	38
III.1.1. Diagnostic du problème du rejet des huiles végétales usagées.....	38
III.1.2. Les résultats de l'enquête menée auprès de la population	39
a. Quelle(s) est (sont) la (les) marque(s) d'huile végétale commerciale que vous consommez le plus ?.....	39
b. Quels sont vos critères d'achats d'une huile ?.....	39
c. Quels sont les aliments qui sont habituellement frits ?.....	40
d. Quels sont les conditions que vous utilisez pour la friture ?.....	40
e. Contrôlez-vous la température de la friture ?.....	41
f. Combien de fois réutilisez-vous l'huile de friture ?.....	42
g. Quel est le paramètre qui vous permet de réutiliser l'huile ?.....	43
h. Où est ce que l'huile est déversée en fin de vie ?.....	43
III.2. Caractérisation physicochimique des huiles de fritures étudiées.....	44
III.2.1. La densité relative.....	44
III.2.2. Indice de réfraction.....	45
III.2.3. Teneur en eau et en matières volatiles.....	46
III.2.4. Indice d'acidité.....	47
III.2.5. Indice de saponification.....	48
III.2.6. Indice de peroxyde (IP).....	49
III.2.7. Indice d'iode.....	50
III.2.8. Détermination de la teneur en chlorure de sodium.....	51

Sommaire

III.3. Etude de la purification des huiles usagées par adsorption sur argile.....	52
III.3.1. La densité relative.....	52
III.3.2. Indice de réfraction.....	53
III.3.3. Teneur en eau et en matières volatiles.....	54
III.3.4. Indice d'acidité.....	54
III.5. Indice de saponification.....	55
III.6. Indice de peroxyde.....	56
III.7. Indice d'iode.....	56
III.8. Teneur en chlorure de sodium.....	57
Conclusion.....	58
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

Liste des abréviations.

- **Kcal** : kilocalories
- **°C** : degré de Celsius
- **g** : gramme.
- **N** : normalité
- **meq** : milliéquivalent
- **Kg** : kilogramme
- **ml** : millilitre
- **mg** : milligramme
- **%** : pourcentage
- **T₀** : température
- **C** : le nombre d'atomes de carbone de l'acide
- **D** : le nombre de doubles liaisons
- **n** : symbolise le nombre d'atomes de carbone
- **x** : la position de la première double liaison comptée depuis l'extrémité
- **trans** : atomes de carbone adjacents à la double liaison sont situés de part et d'autre de cette dernière
- **cis** : les atomes de carbone adjacents à la double liaison sont situés du même côté de cette dernière
- **IUPAC** : **International Union of Pure and Applied Chemistry**
- **Mt** : millions de tonnes
- **ECN** : espèces chimiques nouvelles
- **DGF** : la Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft
- **AGE** : acide gras essentielle.
- **AGL** : acide gras libre.
- **FDA** : « Food and Drug Administration »
- **FSIS** : « Food Safety and Inspection Service's »
- **USDA** : « United States Departement of Agriculture »
- **HGFU** : huiles et graisses de friture usagées
- **MPS** : Matière Première Secondaire.
- **IP** : indice de peroxyde.
- **IA** : indice d'acidité.
- **IS** : indice de saponification

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Production mondiale d'huiles et de graisses végétales en 2003 (Proléa).....	7
Figure I.2 : la production mondiale d'oléagineux pour l'année 2018/19 en MnT.....	8
Figure I.3 :Histogramme de consommation mondiale d'huile en millions de tonnes métriques (Statista Research Department , 2019).....	8
Figure I.4 :photo correspondante au plante et grain de soja.....	9
Figure I.5 :photo de plante et grain de Tournesol.....	11
Figure I.6 : photo de plante et grain de maïs.....	12
Figure I.7 : schéma de transformation des huiles vierges lors de la friture (Graille, 1998).....	15
Figure I.8 : Transformation des huiles végétales en EMHV (Rapport d'activité IFP, 2004).....	20
Figure I.9 : Procédé de récupération et de traitement des huiles alimentaires usagées (Rapport de communication SudRecup, 2004).....	21
Figure I.10 : Transformation des huiles usagées en biocarburants (Rapport d'activité IFP, 2004).....	22

Chapitre II.

Figure II.1 : Réfractomètre.....	28
Figure II.2 : un chauffe ballon surmonté d'un réfrigérant à reflux.....	32

Chapitre III.

Figure III.1 : Diagramme des huiles consommées par la population.....	39
Figure III.2 : Représentation des principaux critères qui orientent la préférence des consommateurs dans l'achat des huiles végétales.....	40
Figure III.3 : Représentation de la distribution des aliments frits chez les consommateurs.....	40
Figure III.4 : Les conditions adoptés par les consommateurs dans la friture des aliments.....	41
Figure III.5 : Représentation de l'indice de contrôle de la température de friture.....	42
Figure III.6 : Représentation de la fréquence de réutilisation des huiles de friture chez les consommateurs.....	42
Figure III.7 : Représentation des critères adoptés par le consommateur pour la réutilisation de l'huile de friture.....	43
Figure III.8 : Représentation de la répartition des endroits de déversement des huiles de friture usagée.....	44
Figure III.9 : Evolution de la densité de l'huile en fonction du cycle de friture.....	45
Figure III.10 : Evolution de la teneur en humidité en fonction du cycle de friture.....	47
Figure III.11 : Évolution de l'indice d'acidité de l'huile en fonction du cycle de friture.....	48
Figure III.12 : Évolution d'indice de saponification de l'huile de friture en fonction du cycle d'utilisation	49
Figure III.13. : Évolution de l'indice de peroxyde de l'huile de friture en fonction du nombre de cycle d'utilisation.....	50
Figure III.14 : Évolution de l'indice d'iode en fonction du temps d'utilisation de l'huile de friture.....	51

Figure III.15: Évolution de la teneur en chlorure de sodium des échantillons d'huile de friture en fonction du cycle d'utilisation.....	51
Figure III.16 : Valeurs de la densité des huiles purifiées par les deux argiles : Kaolin et bentonite.....	53
Figure III.17. Indices de réfraction des échantillons d'huile purifiée avec le kaolin et la bentonite	53
Figure III.18 : Teneur en matières volatiles des huiles purifiées par la Bentonite et le Kaolin.....	54
Figure III.19: Evolution de l'indice d'acidité en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée pour la purification.....	55
Figure III.20 : Evolution de l'indice de saponification en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée pour la purification.....	55
Figure III.21 : Evolution de l'indice de peroxyde en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée.....	56
Figure III.22: Evolution de l'indice d'iode en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée.....	57
Figure III.23 : Evolution de la teneur en chlorure de sodium en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée.....	57

Listes des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Liste non exhaustive des acides gras usuels (Naudet).....	4
Tableau I.2 : Acides gras saturés. (Naudet).....	5
Tableau I.3 :Exemples d'acides gras insaturés (Karleskind, 1992).....	6
Tableau I.4 : Les compositions des différentes huiles alimentaires fabriquées en Algérie.....	9
Tableau I.5 : Composition en acide gras de l'huile de Soja (Debruyne ,2001).....	10
Tableau I.6 : Composition de l'huile de Tournesol en acides gras (J. EVRARD,1986).....	12
Tableau I.7 : Composition en acides gras l'huile de maïs (N. CHEKROUN,2013).....	13
Tableau I.8 : Principales voies de formation d'espèces chimiques nouvelles (Dobarganes, 1998).....	17

Chapitre II

Tableau II.1 : les produits utilisés pour l'étude expérimental.....	26
Tableau II.2 : La prise d'essai en fonction de l'Indice d'Acidité.....	30
Tableau II.3 : Masse de la prise d'essai.....	32
Tableau II.4 : La masse de la prise d'essai varie selon l'indice d'iode présumé.....	35

Chapitre III

Tableau III.1 : Résultats de l'enquête sur l'utilisation et le devenir de l'huile de friture.....	38
Tableau III.2 : Les valeurs moyennes de l'indice de réfraction (n^T) pour différentes températures (T) des dix échantillons étudiés.....	46

Introduction

Introduction générale

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. Elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle : elles contribuent à l'apport d'énergie, elles sont source d'acides gras indispensables, en particulier d'acide linoléique, et d'acide alphalinoléique.

Elles contribuent à la qualité organoleptique des produits, 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).

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 (Gornay, 2006).

En revanche, selon la législation, les huiles et graisses usagées sont considérées comme des déchets non dangereux nuisibles à l'environnement (Valofrit, 2007). Cependant, elles ne doivent être ni abandonnées ni brûlées à l'air libre et ne doivent pas être déversés dans les réseaux d'évacuation d'eau usées. En effet, une destination correcte de ces huiles alimentaires après utilisation est nécessaire. Ainsi, ces déchets peuvent faire l'objet d'une valorisation en de nouvelles sources d'énergie qui vont remplacer les ressources pétrochimiques (pétrole) comme combustibles, par exemple en cimenterie, ou comme carburant pour moteur DIESEL ; et qui peuvent respecter les normes d'émissions qui sont de plus en plus strictes (Castellanelli et de Mello, 2007 ; Awad, 2009).

Au cours de la friture, non seulement la vapeur d'eau, mais aussi d'autres composés déplacés de la nourriture dans la matière grasse, qui ont été mélangés à haute température de cuisson conduisent à une dégradation de l'huile de friture (Mellema, 2003). La dégradation de l'huile de friture produit des composés volatils et non volatils. La plupart des composés volatils s'évaporent dans l'atmosphère, la vapeur d'eau et les composés non volatils qui restent dans l'huile subissent d'autres réactions chimiques. 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 dont on peut craindre la toxicité pour l'organisme humain (Le Floch *et al.*, 1968).

En Algérie, ces dernières décennies, l'évolution de nos modes de vie (éloignement du lieu de travail, restauration hors du foyer...) a contribué à l'augmentation de la consommation des produits frits, en particulier les pomme de terre, tant dans la restauration collective que dans les fastfood. Ce fait a engendré une grande consommation d'huiles alimentaires pour friture est aussi une grande production d'huiles alimentaires usagées que sont les huiles de fritures. Ces dernières se retrouvent déversées directement dans les canalisations d'évacuation des eaux usées domestiques ou déposées dans les décharges sans aucun contrôle, ce induit impact direct sur notre environnement

Pour nous pencher sur la question du problème des huiles de fritures usagées, nous avons entamé le travail avec ce projet de fin de cycle Master qui concerne trois étapes d'étude. Un diagnostic du problème (enquête sur terrain), une investigation de la qualité de ces huiles sur le plan des caractéristiques physico-chimiques et enfin une tentative de purification de ces huiles en vue de leur valorisation.

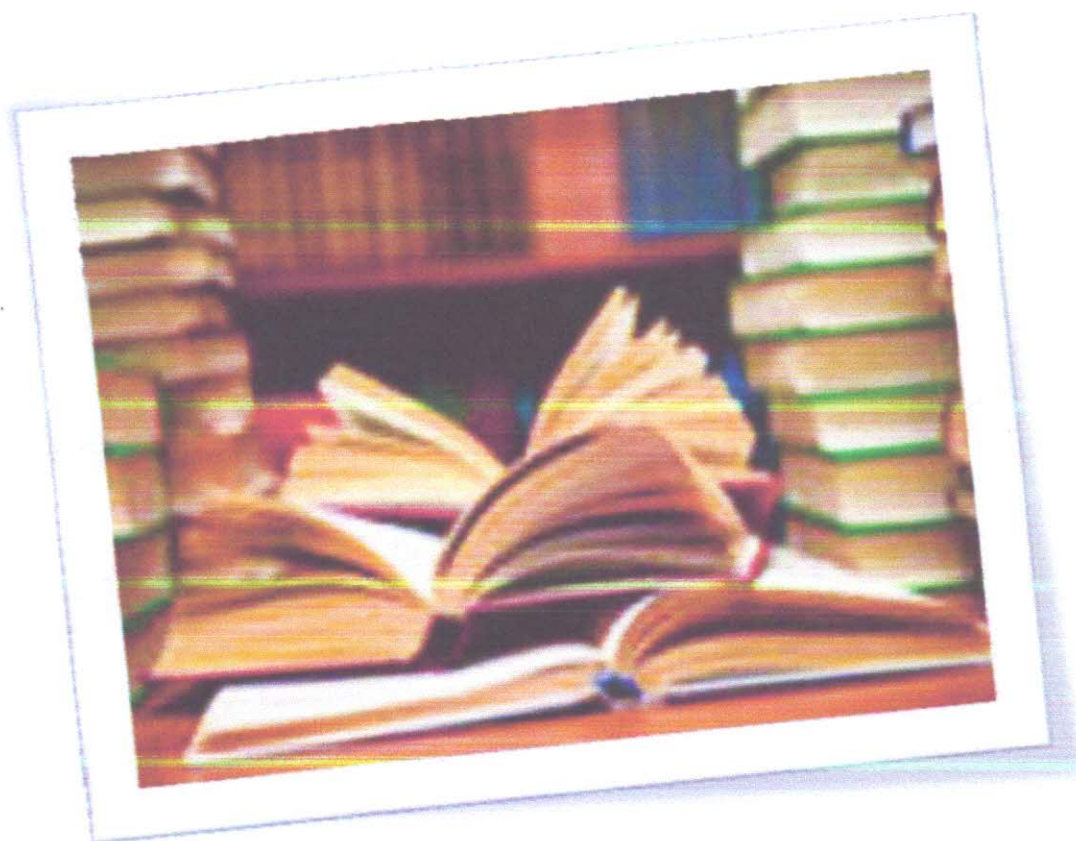
Le manuscrit qui englobe cette étude est structuré en trois chapitres, en plus de cette introduction et d'une conclusion générale:

Le premier chapitre concerne la synthèse bibliographique dans laquelle nous rapportons des généralités sur les corps gras, les huiles végétales, la friture, ainsi que les réactions de dégradation et d'altération des huiles.

Dans le deuxième chapitre, nous décrivons les modes opératoires retenus pour la détermination des caractéristiques physico-chimiques des huiles et les différentes étapes suivi dans ce travail.

Dans le troisième chapitre sont regroupés tous les résultats obtenus de cette étude, ainsi que leurs discussions.

Chapitre I
Généralités sur les corps gras.



I.1. Corps gras alimentaires.

Les corps gras désignés aussi sous le nom des lipides font parti d'un ensemble complexe de composés organiques. Ils sont présents dans les tissus animaux tels que les graisses animales qui sont mises en réserve dans les cellules des tissus adipeux (les adipocytes), les animaux terrestres et marins (poissons et saindoux) et dans les végétaux ou ils constituent des réserves accumulées dans les graines oléagineuses telles que le tournesol, le soja, et le colza ou dans les pulpes de certains fruits oléagineuses comme l'olive et le palme (COSSUT, 2002).

Les corps gras sont caractérisés par leurs insolubilités dans l'eau et leurs solubilités dans les solvants organiques tels que l'hexane, l'éther éthylique, chloroforme, ... Les graisses (solides) et les huiles (liquides) sont les principales formes de stockage énergétique de nombreux organismes. Ces lipides ont un intérêt alimentaire certain en raison de leurs différents rôles (François, 1974).

I.1.1. Composition des lipides

Les lipides sont constitués principalement de triglycérides (ou triacylglycérols), c'est-à-dire de triesters du glycérol et d'acides gras, ainsi que de cholestérol, d'alcools gras libres ou estérifiés par des acides gras, et de quelques composés mineurs. (Karleskind, 1992). Ces éléments peuvent être classés, par ordre décroissant en termes compositionnels, de la façon suivante :

a. Triglycéride (ou triesters d'acides gras)

Les triglycérides sont des triesters résultant de la combinaison de trois molécules d'acide gras par leur fonction carboxyle avec les fonctions alcools du glycérol. (BOUHADJRA, 2011).

b. Acides gras libres

Les acides gras libres sont des acides carboxyliques portant des chaînes carbonées. Ils sont rarement à l'état libre dans la nature et ils se trouvent essentiellement sous forme estérifiée. Ce sont des composants pondéralement majoritaires des triglycérides. Ils représentent 90% à 96% de la masse molaire des lipides totaux. En règle générale, ces acides gras sont mono carboxylique à chaîne linéaire non ramifiée comprenant un nombre paire d'atomes de carbone compris entre 4 et 24. Ils peuvent être saturés ou insaturés. (DJADOUN, 2012).

Tableau I.1 : Liste non exhaustive des acides gras usuels (Naudet).

	Nom systématique	Nom usuel	Symbole
Acides saturés	Acide octanoïque	Acide caprylique	C8:0
	Acide décanoïque	Acide caprique	C10:0
	Acide dodécanoïque	Acide laurique	C12:0
	Acide tétradécanoïque	Acide myristique	C14:0
	Acide hexadécanoïque	Acide palmitique	C16:0
	Acide octadécanoïque	Acide stéarique	C18:0
	Acide eicosanoïque	Acide arachidique	C20:0
Acides insaturés	Acide docosanoïque	Acide behénique	C22:0
	Acide 9-héxadécénoïque	Acide palmitique	C16:1, Δ9
	Acide 9-octadécénoïque	Acide oléique	C18:1, Δ9
	Acide 9, 12 - octadécadiénoïque	Acide linoléique	C18:2, Δ9,12
	Acide 9, 12, 15 - octadécatriénoïque	Acide linoléique	C18:3, Δ9, 12, 15

C. Constituants mineurs

Les constituants mineurs représentent 0,5 à 2 % de la masse d'huile. Ils renferment principalement des phospholipides, des stérols, des alcools gras et tri terpéniques, des tocophérols, des pigments et des hydrocarbures. Ces insaponifiables ou leurs constituants peuvent être responsables de la couleur, de l'odeur de l'huile, avoir une activité vitaminique ou intervenir dans la conservation des corps gras ; ils peuvent aussi être de précieux critères pour le contrôle de la pureté de l'huile. Ils trouvent des applications en cosmétique, en pharmacie et dans les industries alimentaires. (GORNAY, 2006)

I.1.2. Nomenclature des acides gras

Il existe plusieurs nomenclatures parallèles pour désigner les acides gras.

- Nom d'usage : les plus communs des acides gras ont des noms d'usage non systématiques sous lesquels ils sont désignés dans la littérature. Ces noms ne suivent généralement aucune règle mais sont concis et non ambigus, désignant un diastéréoisomère précis d'un acide gras donné.

Exemples : acide palmitique, acide palmitoléique, acide arachidique, acide arachidonique, etc.

- Nom IUPAC : tous les acides gras s'inscrivent également dans la nomenclature des composés organiques publiée en 1979 par l'IUPAC en complément de recommandations destinées spécifiquement à la nomenclature des lipides publiée en 1977. Les atomes de carbone sont comptés à partir de l'extrémité carboxylique – COOH et la diastéréoisomérisation des doubles liaisons est indiquée par la notation *cis* / *trans* ou par la notation (Z) / (E).

Exemples : acide *cis*-9-hexadécénoïque ou acide (Z)-hexadéc-9-énoïque pour l'acide palmitoléique.

- Nomenclature Δ^x : la nomenclature « delta-x » concerne les acides gras insaturés, pour lesquels chaque double liaison est indiquée par le signe Δ précédé de sa configuration *cis* ou *trans* et suivi en exposant par la position de la double liaison le long de la chaîne aliphatique de l'acide gras depuis l'extrémité carboxylique $-\text{COOH}$ de la molécule.

Exemples : acide *cis*- Δ^9 -hexadécénoïque pour l'acide palmitoléique ; acide *cis*- Δ^9 ,*cis*- Δ^{12} -octadécadiénoïque, acide *cis,cis*- $\Delta^9\Delta^{12}$ -octadécadiénoïque, acide *cis,cis*- $\Delta^{9,12}$ -octadécadiénoïque, ou encore acide tout-*cis*- $\Delta^{9,12}$ -octadécadiénoïque pour l'acide linoléique.

Tableau I.2 : Acides gras saturés (Naudet).

Nom d'usage	Structure	C:D
Acide caprylique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	8:0
Acide caprique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_8-\text{COOH}$	10:0
Acide laurique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$	12:0
Acide myristique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	14:0
Acide palmitique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	16:0
Acide stéarique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	18:0
Acide arachidique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{18}-\text{COOH}$	20:0
Acide béhénique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{20}-\text{COOH}$	22:0
Acide lignocérique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{22}-\text{COOH}$	24:0
Acide cérotique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_{24}-\text{COOH}$	26:0

Tableau I.3 : Exemples d'acides gras insaturés (Karleskind, 1992).

Nom d'usage	Formule semi-développée	Δ^x	C:D
Acide myristoléique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_3-\text{CH}=\text{CH}(-\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^9	14:1
Acide palmitoléique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}(-\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^9	16:1
Acide sapiénique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_8-\text{CH}=\text{CH}(-\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^6	16:1
Acide oléique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}(-\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^9	18:1
Acide élaïdique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}(-\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	<i>trans</i> - Δ^9	18:1
Acide <i>trans</i> -vaccénique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}(-\text{CH}_2)_9-\text{COOH}$	<i>trans</i> - Δ^{11}	18:1
Acide linoléique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_2(-\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{9,12}$	18:2
Acide linolélaïdique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_2(-\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	tout- <i>trans</i> - $\Delta^{9,12}$	18:2
Acide α -linoléique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_3(-\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{9,12,15}$	18:3
Acide γ -linoléique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_3(-\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{6,9,12}$	18:3
Acide dihomo- γ -linoléique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_3(-\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{8,11,14}$	20:3
Acide arachidonique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_4(-\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{5,8,11,14}$	20:4
Acide eicosapentaénoïque	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_5(-\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{5,8,11,14,17}$	20:5
Acide clupanodonique	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_5(-\text{CH}_2)_5-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{7,10,13,16,19}$	22:5
Acide docosahexaénoïque	$\text{CH}_3(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_6(-\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	tout- <i>cis</i> - $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$	22:6

I.1.3. Production mondiale des huiles végétales (Proléa).

Depuis 1981, la production mondiale d'huiles végétales progresse régulièrement. En 2003, elle atteint 102 Mt. Comme le montre la figure .

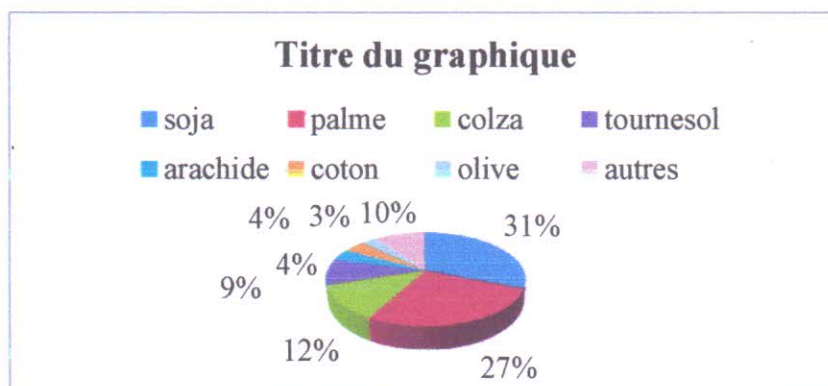


Figure I.1 : Production mondiale d'huiles et de graisses végétales en 2003 (Proléa).

La Production mondiale 2017/18 d'oléagineux décevante, atteinte d'un rebond pour 18/19.

Le Soja : forte baisse en Argentine au printemps 2018, nouveau record attendu aux USA.

Le Colza : production mondiale attendue stable à 63 MnT, nouveau record au Canada, hausse en Russie Ukraine, baisse dans l'UE à 21 MnT dont 4,9 MnT en France.

Tournesol : vers une nouvelle production mondiale record (51 MnT). Russie Ukraine et Argentine progressent. Légère baisse dans l'UE à 9,2 MnT.

Huile de palme : 72 MnT, la croissance ralentit.

Bilans mondiaux : tendus en soja début de campagne, lourds en colza et équilibrés en tournesol . En 2017/2018 les surfaces oléagineux ont progressé de 10 MnHa (+3.5%) à 289 MnHa. La sole mondiale a atteint 128 MnHa en soja ,34 MnHa en coton et en colza ,28 MnHa en tournesol et 27 MnHa en arachide. Mais les conditions climatiques ont été défavorables au soja en Argentine et la production mondiale d'oléagineux s'est à peine maintenue , à 561 MnT. Pour la campagne 2018/19 , jusqu'à présent ,les conditions climatiques sont correctes et l'on prévoit une nouvelle hausse de la production mondiale d'oléagineux qui pourrait atteindre 584 MnT (+4%) , dont 358 Mnt de soja (+6%) , 67 MnT de colza (+1%) et 51 MnT de tournesol (+4%). (marché mondial des oléagineux - juin 2018).

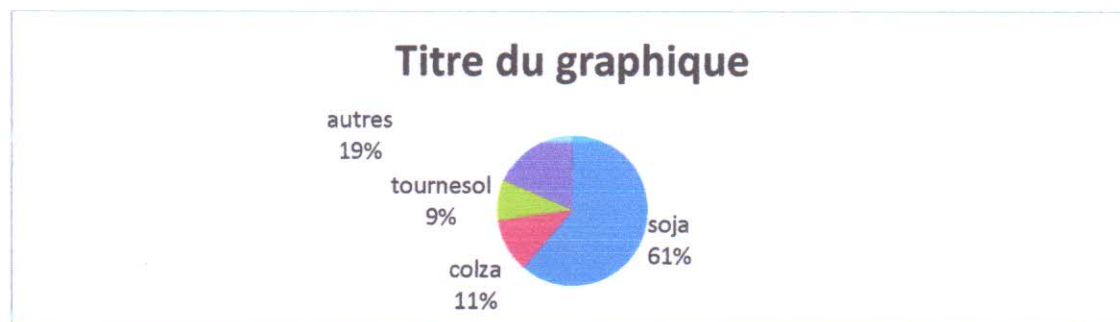


Figure I.2 : la production mondiale d'oléagineux pour l'année 2018/19 en Mnt.

I.1.4. Consommation mondiale d'huiles végétales de 2013/14 à 2016/17, par type d'huile (en millions de tonnes métriques)

Cette statistique montre la consommation mondiale d'huiles végétales de 2013 à 2018, par type d'huile. En 2013/2014, la consommation d'huile de graines de tournesol a atteint 6,5 millions de tonnes métriques, tandis que la consommation du même huile en 2016/2017 a atteint environ 7,2 millions de tonnes métriques. (Statista Research Department , 2019).

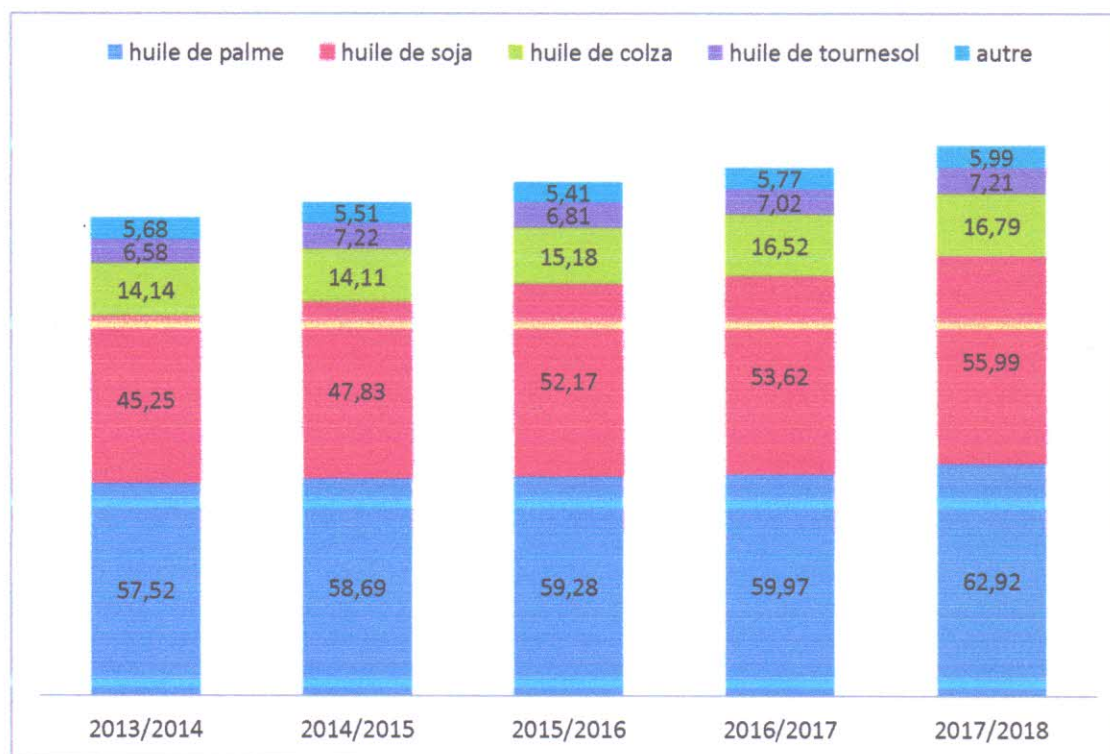


Figure I.3 : Histogramme de consommation mondiale d'huile en millions de tonnes métriques (Statista Research Department , 2019).

I.1.5. Exemple de compositions d'huiles alimentaires .

Les différentes compositions des huiles alimentaires fabriquées en Algérie sont représentées dans le tableau suivant : (DGCERF , 2012)

Tableau I.4 : Les compositions des différentes huiles alimentaires fabriquées en Algérie (DGCERF , 2012).

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

1- Huile de Soja

1-1- Définition

- Le Soja, *Glycine max* (L), est une plante de la famille des légumineuses, sous famille des "papilionoideae". Le Soja est originaire de la Chine, et son utilisation par l'Homme remonte probablement aux alentours du XVème siècle avant Jésus Christ. Ce n'est cependant qu'au cours du dernier siècle que le Soja s'est développé comme culture à l'échelle mondiale, avec l'utilisation de cette graine en trituration industrielle aux USA d'abord, puis en Europe et en Amérique du sud. (Debruyne ,2001).



Figure I.4 : photo correspondante au plante et grain de soja

1-2- Composition de l'huile de Soja

Les triglycérides constituent plus de 95% des composés lipidiques de la graine de Soja. Les autres composés étant les phospholipides et les diacylglycérols . (Debruyne ,2001)

1-2-1- Composition en acides gras

L'huile de Soja est une huile très polyinsaturée. Comme toute huile végétale, elle est exempte de cholestérol et très pauvre en acides gras saturés . (Debruyne ,2001).

Tableau I.5 : Composition en acide gras de l'huile de Soja (Debruyne ,2001).

Acide gras			Teneur(% massique)	Teneur moyenne(%massique)
Saturés	Laurique	C 12	Trace	0,1
	Myristique	C 14	<0,5	0,2
	Palmitique	C 16	7 à 12	10,7
	Stéarique	C 18	2 à 5,5	3,9
	Arachidique	C 20	1,0	0,2
	Béhénique	C 22	0,5	Trace
	Total		10 à 19	15,0
Insaturés	Palmitoléique	C16 :1	<0,5	0,3
	Oléique	C18 :1	20 à 50	22,8
	Linoléique	C18 :2	35 à 60	50,8
	Linoléénique	C18 :3	2 à 13	6,8
	Eicosénoïque	C20 :1	1,0	Trace
	Total		81 à 90	85,0

1-2-2- Composition en phospholipides

Les phospholipides sont présents dans l'huile sous deux formes :

➤ Hydratables

Ces formes contiennent un groupe fortement polaire, ce sont en particulier la phosphatidyl-choline et la phosphatidyl-éthanolamine qui sont aisément éliminées (POUZET , 1992) .

➤ Non hydratables

Ce sont les sels de calcium et de magnésium des acides phosphatidiques et desphosphatidyl-inositol. Dans chaque type d'huile, les phosphatides ont des proportions différentes, pour l'huile de Soja : 30% de lécithine (PC), 30% de céphaline (PE, PS) et 40% d'inositol (PI) (POUZET , 1992) .

2- Huile de Tournesol

2-1- Définition

Le Tournesol est une plante oléagineuse annuelle dont le nom scientifique est *Helianthus annuus* L. L'appellation Tournesol provient de sa tendance à se tourner vers le soleil pendant la journée. En grec *Helios* signifie soleil et *anthos* signifie fleur.

Le Tournesol est l'une des plus anciennes espèces endémique dans le sud de l'Amérique du Nord, dont les plus anciennes traces de culture, trouvées en Arizona, ont été datées à 3000 ans avant notre ère. Cultivé par les amérindiens à des fins alimentaires (graine crue ou pâte), mais aussi à d'autres fins (médicinale, colorante, ...), le Tournesol avait aussi une fonction ornementale et symbolique, lié à sa forme de soleil, comme en atteste les décorations de temples du soleil aztèques, au Pérou. C'est pour cette fonction ornementale que le Tournesol a été introduit en Espagne au retour des explorateurs espagnols, au début du 16^{ème} siècle (CAMPBELL, 1983).



Figure I.5 : photo de plante et grain de Tournesol.

2-2- Composition de l'huile de Tournesol

Comme pour toutes les huiles végétales, l'huile de Tournesol se compose essentiellement de triglycérides (98 à 99%) et d'une faible proportion, de substances diverses regroupées sous le terme de « fraction insaponifiable » (CAMPBELL, 1983).

2-2-1- Composition en acides gras

Tableau I.6. : Composition de l'huile de Tournesol en acides gras (EVRARD , 1986) .

Nature	Teneur totale (%)
C16:0	5-7
C16:1	≤0,4
C17:0	≤0,1
C18:0	4-6
C18:1	15-25
C18:2	62-70
C18:3	≤0,2
C20:0	<1
C20:1	<0,5
C22:0	<1

2-2-2- Composition en phospholipides

On rapporte que la teneur en phospholipides de l'huile de Tournesol est comprise entre 500 et 1000 mg par 100g d'huile.

Ces phospholipides se composent essentiellement de phosphatidyl-cholines (52%), phosphatidyl-éthanolamines (19,7%), phosphatidyl-inositols (26%) et d'acides phosphatiques (2,2%) (EVRARD , 1986).

3- Huile de maïs

3-1- Définition

L'huile de maïs, de la famille des graminées, originaire d'Amérique est de couleur ambrée et de saveur douce. Elle ne devrait pas s'appeler ainsi mais l'huile de germe de maïs. C'est le germe du grain de maïs, riche en lipides, qui fournit en fait l'huile. Mais comme il se trouve bien caché à l'intérieur du grain, c'est celui-ci entier qui est traité. Le germe de maïs utilisé pour la fabrication de l'huile représente environ 6% du poids de la graine entière. Les germes contiennent 45 à 50% d'huile . Cette huile est particulièrement recommandée pour les assaisonnements. Elle peut être utilisée à chaud, mais elle est déconseillée en friture (CHEKROUN , 2013).



Figure I.6 : photo de plante et grain de maïs.

3-2- Origine et composition

L'huile de maïs est obtenue à partir des germes du grain de maïs qui est composé de 5 Éléments: Amidon 66%, Fibre 19%, Germe de maïs 6%, Protéine 5% et Grain de maïs broyé 4%.

L'huile de maïs est assez bien équilibrée en acides gras mono et polyinsaturés. C'est une des plus riches en vitamine E. Elle ne prend pas de mauvais goût quand on la chauffe car elle renferme moins de 2 % d'acide alpha-linolénique. L'huile de maïs supporte une chaleur Jusqu'à 170 - 180°C mais elle ne convient pas pour les fritures qui exigent une température Plus élevée (CHEKROUN , 2013).

3-2-1- Composition en acides gras

Tableau I.7 : Composition en acides gras l'huile de maïs(CHEKROUN , 2013).

Types d'acides gras	pourcentages (%)
acide linoléique (c18:2)	53,51
acide oléique (c18:1)	27,33
acide palmitique (c16:0)	10,75
acide stéarique (c18:0)	1,84
acide linoléique (c18:3)	1,16
acide arachidique (c20:0)	0,5

3-3- Propriétés

L'huile de germe de maïs, protectrice du système nerveux, elle est très riche en graisses polyinsaturées et contient des acides gras qui permettent de lutter contre le cholestérol. Anti cholestérol, anti dermatoses, anti-oxydante. Sa valeur énergétique est de 899.10 calories au 100 grammes soit 99.90 g de lipides (CHEKROUN , 2013) .

1.1.6. Economie des huiles alimentaires.

Dans de nombreux pays, la culture des oléagineux est un secteur important de L'économie agricole. Sur le marché mondial, l'huile de soja représente la majorité de la Production, tandis qu'en France, les huiles de colza et de tournesol ont pris un essor Important.

L'huile est généralement produite par concassage des graines. Ce broyage est suivi par plusieurs étapes qui constituent le processus de raffinage. Ces procédés comprennent, en particulier, une désodorisation de l'huile par un traitement à la vapeur, une décoloration du produit et l'élimination des divers déchets en suspension. Pour certains oléagineux, comme l'olive, le procédé est plus simple : il s'agit d'une

extraction par pressage. Ainsi une huile d'olive de très haute qualité est obtenue en laissant les fruits mûrs se tasser. Une très bonne huile est obtenue par pressage à froid (huile d'olive vierge). Une seconde pression et une extraction fournissent un produit de qualité inférieure. Les résidus de l'extraction des huiles, appelés tourteaux, riches en protéines, sont une source importante de nourriture pour le bétail.

I.1.7. Domaines d'application des corps gras .

Pour toutes les applications dans des domaines alimentaire et non alimentaire, la maîtrise de procédés éprouvés et efficaces est nécessaire.

De la graine à l'huile raffinée et transformée, les technologies d'obtention et de transformation des huiles se doivent de garantir parfaitement la qualité du produit et de fournir en final un produit répondant à des spécifications très complètes ; ces technologies ont su évoluer pour répondre à cette problématique et intégrer les contraintes actuelles de l'industrie de rentabilité et de respect de l'environnement.

1- Applications alimentaires des corps gras.

Les huiles et graisses végétales jouent un rôle majeur dans notre alimentation ; nous les consommons directement sous forme d'huile raffinée ou vierge, ou bien indirectement via de nombreux produits de l'industrie agroalimentaire. Le consommateur que nous sommes se montre de plus en plus exigeant en terme de qualité : la sécurité alimentaire et les aspects nutritionnels sont au centre des préoccupations sociétales actuelles. (Cuvelier M.E et Maillard M.N ,2012)

2- Applications non alimentaires des corps gras

L'utilisation des huiles végétales se développe dans le secteur non alimentaire ; cela résulte de leurs caractéristiques, de leur origine renouvelable et de leur caractère biodégradable

L'emploi des corps gras dans le domaine alimentaire est connu de tous et très répandu. Toute fois, les corps gras présentent également des propriétés qui les rendent très intéressants pour des applications dans des secteurs tels que la cosmétique, la détergence ou la lipochimie. Les crèmes de soin et divers produits de maquillage pour le domaine cosmétique, dans les mousses, savons et shampoings pour la détergence ou dans les peintures, biolubrifiants pour la lipochimie. (Cuvelier M.E et Maillard M.N ,2012)

I.2. Les huiles alimentaires .

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

Les huiles et les graisses alimentaires en plusieurs classes :

- Huiles végétales fluides : huile d'arachide, de colza, de germes de maïs, de tournesol, de soja et d'olive.
- Huiles végétales concrètes (graisses) : coprah (provenant de la noix de coco), huile de palme.
- Huiles et graisses d'origine animale : (animaux terrestres) : saindoux (graisse de porc), suif (graisse de bœuf ou de mouton), huile de cheval et graisse d'oie (Uzzan, 1992).

I.2.1. Utilisation des huiles alimentaires comme huiles de friture.

La plupart des huiles végétales contiennent des concentrations importantes en acides gras mono insaturés et polyinsaturés et sont habituellement liquides à température ambiante. Lorsque les huiles sont chauffées, celles-ci subissent des dégradations plus ou moins importantes . Les huiles riches en acides gras mono insaturés, comme l'huile d'arachide, est plus stable et peut être réutilisée plusieurs fois après avoir été chauffées, à l'inverse des huiles riches en acides gras poly insaturés telles que l'huile de maïs et l'huile de soja. Pour les fritures, il est important de ne pas surchauffer l'huile (ne pas dépasser 180°C) et de la remplacer fréquemment (toutes les 10 utilisations environ) (Graille, 1998).

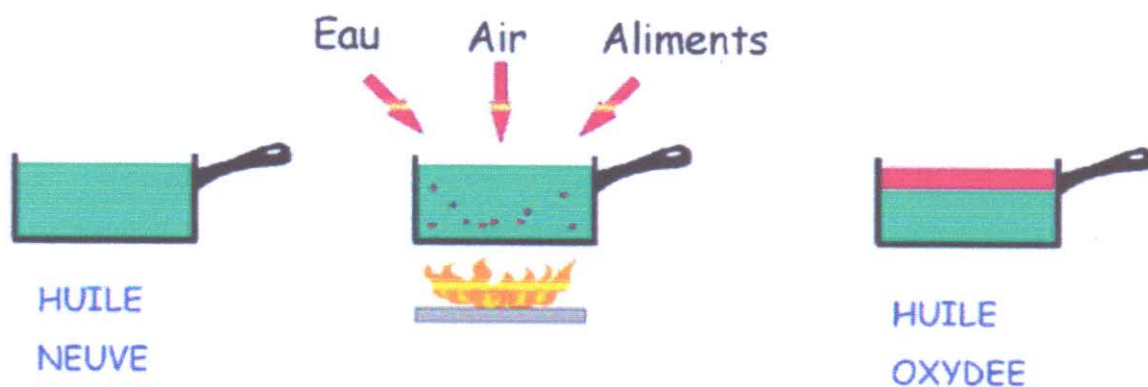


Figure I.7 : Un schéma de transformation des huiles vierges lors de la friture (Graille, 1998).

Sous l'effet de l'eau contenue dans les aliments, de l'air et des aliments eux mêmes, l'huile chaude subit des transformations chimiques conduisant à la formation de composés polaires, la diminution de certains composés d'intérêt nutritionnel, l'apparition de composés volatils responsables d'odeurs désagréables et l'apparition de composés non volatils qui s'avèrent toxiques à fortes doses. Les huiles alimentaires usagées contiennent encore, malgré tout, une partie non dégradée importante.

Comme il a été vu précédemment, les huiles alimentaires sont principalement constituées de triglycérides .

Mais lors de la friture des huiles, un certain nombre de composés chimiques nouveaux se forment (**Graille, 1998**).

La friture est le siège de réactions chimiques innombrables sollicitant l'oxygène de l'air, les chaînes grasses des triglycérides et les aliments présents dans les huiles . Une température élevée et une présence d'air favorisent des réactions de polymérisations créant des composés complexes. D'autres paramètres, tels le mode de friture (continu ou discontinu), le temps de friture, la réutilisation de l'huile ou encore le type d'aliments frits (riches en sucres et en protéines), induisent la formation de polymères, dimères, triglycérides oxydés et aussi des di-glycérides et acides gras libres. Tous ces composés sont hautement polaires et peuvent être mesurés par chromatographie. Ainsi on peut facilement évaluer la dégradation des huiles par sa quantité de composés polaires.

I.2.2. Composition chimique des huiles de friture.

A des températures élevées (entre 160 °C et 180 °C), en présence d'eau et d'oxygène, les triglycérides subissent un grand nombre de réactions complexes qui peuvent être classées en trois grandes familles : oxydation, polymérisation et hydrolyse (**C.Dobarganes, 1998**).

a. Réactions d'oxydation.

Au contact de l'oxygène de l'air, elles provoquent l'apparition d'arômes et de changement de couleurs, souvent indésirables, dans les huiles de friture ou dans les produits frits. Ces composés d'oxydation indésirables dérivent des hydro peroxydes, composés primaires de l'oxydation. Les réactions en chaînes responsables de leur formation sont autocatalyses, car initiées par l'apparition de composés radicalaires, issus eux-mêmes de l'oxydation des triglycérides du bain. Les cations métalliques comme le fer ou le cuivre peuvent aussi initier et accélérer les réactions d'oxydation ((**Melton et al. (1994), Perkins (1988), Stevenson et al. (1984)**)).

b. Réactions de polymérisation.

Les réactions de polymérisation sont responsables de réarrangements inter et intramoléculaires qui sensibilisent l'huile de friture à l'oxydation et conduisent à l'augmentation de la viscosité apparente des huiles. Des composés semblables à des résines peuvent alors mousser à la surface du bain de friture et sur les parois.

c. Réactions d'hydrolyse.

Elles sont de loin les plus nombreuses dans les conditions normales de friture. Elles conduisent, au contact de la vapeur d'eau, à la formation d'acides gras libres, de mono glycérides, de di glycérides, voire de glycérol. Ces composés sont alors très sensibles aux réactions précédemment citées (réactions d'oxydation et de polymérisation) et les produits qui en dérivent sont responsables des principaux défauts de goût ou d'odeur. La présence de résidus de produits de nettoyage caustique favorise les réactions d'hydrolyse (**Blumenthal, 1997**).

Etant donné le nombre de facteurs importants jouant sur la transformation des huiles (nature de l'huile, procédé de friture, température du bain...), il est impossible de donner une analyse chimique précise d'une huile de friture usagée d'autant plus qu'à ce jour, toutes les espèces chimiques n'ont pas été entièrement identifiées. En effet, on estime à plus d'un millier environ le nombre d'espèces chimiques nouvelles (ECN) formées dans les huiles de fritures usagées (**Graille, 1998**). Malgré tout, on peut recenser qualitativement la nature des espèces chimiques formées en fonction du type d'altération envisagé.

Tableau I.8 : Principales voies de formation d'espèces chimiques nouvelles (Dobarganes, 1998).

Type d'altération	Origine	Composés formés
Oxydation	Oxygène de l'air	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monomères oxydés ▪ Dimères ▪ Composés volatiles
Thermique	Température du bain	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monomères cycliques ▪ Dimères non polaires
Hydrolyse	Eau des aliments	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acides gras libre ▪ Diglycérides

I.2.3. Aspects réglementaires.

Peu de pays ont définis aujourd'hui une réglementation régissant l'utilisation des graisses et des huiles pour l'industrie de la friture. Suite à deux congrès internationaux sur l'utilisation des matières grasses pour la friture (1973 et 1979), la Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (DGF (2000)) a proposé de compléter l'évaluation sensorielle de la qualité des matières grasses utilisées pour la friture par une mesure du taux de composés polaires (TCP). Dans le monde, seules la France et la Belgique ont établi une réglementation formelle du bon usage des matières grasses pour la friture.

En France, le décret n° 86-857 du 18 juillet 1986 fixe un TCP maximal acceptable pour l'élaboration d'aliments à 25 %. Le décret n° 73-139 du 12 février 1973 spécifie en outre que les huiles et matières grasses utilisées en friture doivent contenir moins de 2 % d'acide linoléique (C18 :3), dont l'oxydation est 10 fois plus rapide que celle de l'acide linoléique (C18 :2). Les antioxydants de synthèse, les butyls hydroxyanisols (BHA) et les butyls hydroxytoluènes (BHT) sont autorisés, mais les additifs à base de silicone (méthylsilicone) sont interdits.

Outre un TCP maximal de 25 %, le décret belge du 22 janvier 1988 fixe les limites des conditions opératoires pour l'élaboration d'aliments frits : température de friture inférieure à 180 °C, point de fumée de l'huile supérieur à 170 °C, teneur en acides gras libres inférieure à 2,5 %, teneur en triglycérides dimérisés ou polymérisés inférieures à 10 %, viscosité à 50 °C inférieure à 37 mPa.s pour les huiles de friture et à 27 mPa.s pour les matières grasses utilisées en friture.

La « Food and Drug Administration » (FDA) n'a pas établi de règles strictes pour le contrôle de la qualité des huiles de friture, et le « Food Safety and Inspection Service's » (FSIS) « Meat and Poultry inspection Manual » (1985) de l' « United States Department of Agriculture » (USDA) se contente de donner quelques recommandations générales pour l'utilisation des huiles de friture : l'huile ou les matières grasses ne peuvent être utilisées pour la friture si elles moussent de manière excessive, si elles sont de couleur foncée, si elles présentent des défauts d'odeur ou de saveur, si leur teneur en acides gras libres est supérieure à 2 % et si une quantité importante de sédiments est présente.

Aujourd'hui, les dernières recommandations de la DGF confirment que les principaux critères de qualité des huiles de friture restent essentiellement sensoriels, mais que l'utilisation de méthodes rapides et corrélées aux méthodes de référence est conseillée. L'appréciation du

caractère usagé des huiles de friture doit être confirmé par deux mesures de références : taux de composés polaires (24 % massiques) et taux de polymères (12 % massiques).

I.3. Les huiles et Les graisses usagées : un déchet recyclable

Depuis plus de 30 ans, de nombreuses personnes (scientifiques et autres) réfléchissent au développement de nouvelles techniques afin de recycler (réutiliser) un maximum de déchets. Le tri effectué par les citoyens permet à certains déchets de rester relativement propres (en évitant toute contamination par d'autres déchets) et de pouvoir soit être réutilisés sous leur forme d'origine, soit transformés en un tout autre produit. Amener ses déchets dans un parc à conteneurs constitue un beau geste pour la planète. Cette démarche permet de limiter le recours à des matières premières pour créer de nouveaux produits. En recyclant, nous pouvons produire du nouveau à partir de l'ancien, ce qui est beaucoup mieux ! Les huiles et graisses de friture usagées (déjà utilisées, en fin de vie) font partie de la grande famille des déchets auxquels il est possible d'offrir une seconde vie. Fait très étonnant, ces produits qui ont servi à cuire des frites ou d'autres aliments peuvent être transformés en... biodiesel ! Ils peuvent, en effet, après quelques opérations techniques de transformation, servir de carburant pour les véhicules. Par exemple une ASBL belge, Valorfrit, se charge d'organiser et de promouvoir la collecte et le recyclage des huiles et graisses de friture usagées (HGFU) en Belgique, en collaboration avec les inter communales de gestion des déchets et les collecteurs professionnels. Grâce à ce travail, une grande quantité de ces déchets est transformée en biodiesel. (Dandik And all, 1998).

I.3. 1. Valorisation des huiles alimentaires.

a. Les biocarburant .

Les biocarburants en cours de développement sont dédiés aussi bien aux moteurs à essence qu'aux moteurs diesel.

Le biocarburant le plus utilisé dans le monde est l'éthanol, mélangé à l'essence à hauteur de 10 % à 25 %, voir utilisé pur dans certains moteurs. Cet alcool est produit à partir de la fermentation de sucres (de betteraves, cannes à sucre...) ou d'amidon (de blé, maïs...). En Europe, on utilise son dérivé l'ETBE (Ethyltertiobutyléther) mélangé jusqu'à hauteur de 15 % dans l'essence (Rapport d'activité IFP, 2004)..

b. Les biodiesel .

Les biodiesel, actuellement, la seule filière industrielle sont les EMHV (Esters Méthyliques d'Huiles Végétales) plus connus sous le nom de Diester® (contraction de Diesel et Ester). Les EMHV sont produits par transesterification d'huiles végétales (de colza en

France, de soja aux Etats-Unis), en utilisant du méthanol d'origine pétrochimique. Les EMHV sont de façon banalisée, additionnés au gazole jusqu'à hauteur de 2 % (en volume) en 2005. Le Diester est le seul carburant liquide d'origine végétale, et donc renouvelable, utilisé à grande échelle pour les moteurs Diesel et acheté par les sociétés pétrolières qui l'incorporent elles-mêmes au gazole.



Figure I.8 : Transformation des huiles végétales en EMHV (Rapport d'activité IFP, 2004).

I.3.2. Recyclage / élimination dans le respect de l'environnement .

Aujourd'hui, les humains font déjà l'effort de ramener les huiles et graisses de friture usagées dans les parcs à conteneurs, mais ils sont encore trop peu nombreux. En effet, la moitié n'a pas encore pris cette habitude. Une grande quantité de ces produits est donc tout simplement perdue, alors qu'elle aurait pu faire rouler des véhicules... En tant qu'enfant. Il est important de recycler les huiles et graisses de friture usagées, car les rejetés dans la nature cause beaucoup de dégâts pour la planète (DEBRUYNE,2001).

a. Les huiles de fritures sont un danger pour l'environnement.

Le principal problème lié à ces matières est qu'elles peuvent former de petites boulettes qui vont s'agglutiner (se rassembler pour former une masse) dans les ruisseaux et entraver l'écoulement de l'eau. Elles peuvent également empêcher la lumière de passer et capter tout l'oxygène nécessaire aux organismes vivant dans le cours d'eau. Elles peuvent asphyxier ainsi les cours d'eau. Malheureusement, il est encore courant que des gens se débarrassent des huiles et graisses dans les canalisations. (Valofrit , 2007).

b. Une seconde vie pour les huiles et graisses de friture usagées .

Mais que deviennent les huiles et graisses de friture usagées lorsqu'elles se retrouvent dans le cycle de collecte ? Elles peuvent être recyclées de trois façons différentes. La première consiste à les utiliser pour produire de l'énergie. En incinérant ces huiles ou ces graisses, il est possible de faire tourner des moteurs pour récupérer de l'énergie, qui sera transformée en

chaleur ou en électricité. Le second type de transformation utilisé en Belgique s'appelle la production oléo-chimique. Dans ce cas, les huiles et graisses, après avoir été épurées (on en retire d'abord les composants inutiles), serviront à la production de produits cosmétiques comme des savons. Elles peuvent également servir à la fabrication de bougies. Enfin, et c'est de loin le cas le plus fréquent, les huiles et graisses de friture usagées peuvent être transformées en biodiesel, qui sera utilisé dans les moteurs de véhicules (DEBRUYNE,2001).

c. La production de biodiesel : une somme d'avantages pour la planète.

Une idée très intéressante a été développée dans le cadre du développement durable : la valorisation des huiles alimentaires usagées.

Les huiles usagées sont collectées dans de nombreux pays par des organismes indépendants afin de protéger l'environnement. Après collecte, les huiles usagées issues de diverses sources sont mélangées entre elles et présentent suivant les approvisionnements, une composition chimique ainsi que des qualités nutritionnelles et sanitaires extrêmement variables. Elles comprennent souvent des fractions solides et liquides aux températures d'entreposage courantes, elles contiennent fréquemment de l'eau et sont parfois contaminées par d'autres produits. Après collecte, ces matières grasses sont débarrassées de l'eau et des éléments solides. Le produit ainsi obtenu est appelé Matière Première Secondaire (MPS). Elles peuvent ensuite être fractionnées selon leur point de fusion et éventuellement désodorisées. Lorsque la législation le permet, les matières grasses sont incorporées dans l'alimentation animale. Dans le cas contraire, cette Matière Première Secondaire sert de combustible, par exemple en cimenterie, voire de biocarburant pour les moteurs diesel (après transestérification). (Rapport ADEME sur les huiles usagées (2002)).

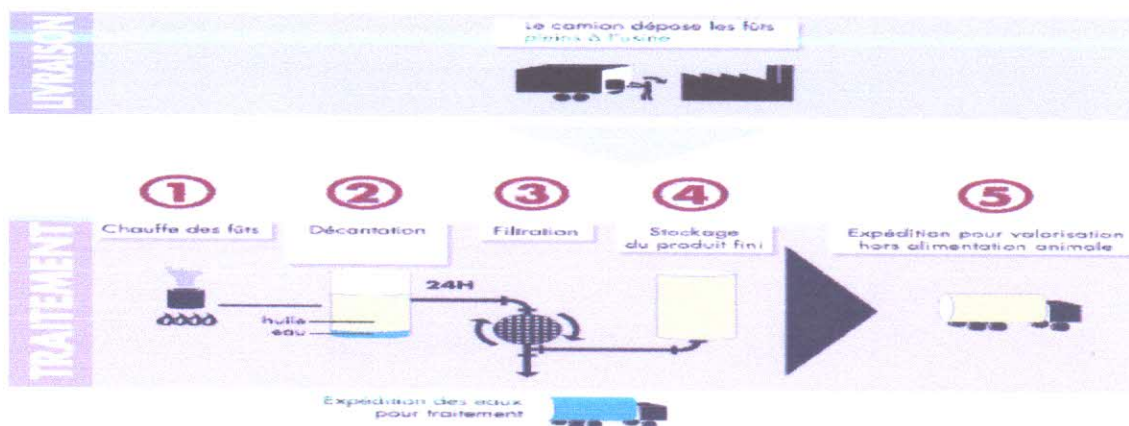


Figure I.9 : Procédé de récupération et de traitement des huiles alimentaires usagées (Rapport de communication SudRecup, 2004).

En France, de nombreuses sociétés ont été créées, s'occupant de la récupération des huiles alimentaires usagées dans tout le pays (**Rapport ADEME 2002 sur les huiles usagées, Février 2005**).

Les collecteurs s'engagent à :

- Assurer un service fiable et régulier.
- Déposer des conteneurs consignés, propres, prêts à recevoir les huiles et graisses de cuisine.
- Enlever ces conteneurs et les acheminer vers un centre de traitement où les produits seront soit incinérés, soit transformés en Matière Première Secondaire (MPS) pour suivre ensuite des filières de valorisation hors alimentation animale.

Depuis 2002, les MPS sont valorisées selon deux grandes voies. La première est la voie énergétique, où les MPS sont utilisées directement en tant que bio-combustible (encore appelé bio-fuel).

La seconde est la voie chimique où les MPS sont transformées :

- Soit en biocarburants, hydrocarbure via le gaz de synthèse, ou en diester (pareillement aux huiles alimentaires).
- Soit en intermédiaires oléochimique (entrant dans la fabrication des savons, des détergents, des cosmétiques, des produits pharmaceutiques...).

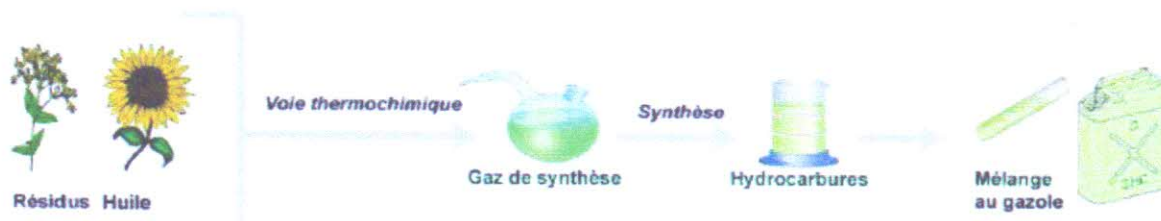


Figure I.10 : Transformation des huiles usagées en biocarburants (Rapport d'activité IFP, 2004).

Ainsi la valorisation des MPS permet une traçabilité complète des huiles alimentaires usagées qui n'étant plus considérées comme des déchets, sont ensuite transformées en biodiesel ou en autres ressources utiles à grandes valeurs ajoutées. Un litre de Matière Première Secondaire permet de produire un litre de biodiesel.

I.4. Observation de pollutions par huiles végétales.

Le transport important d'huiles végétales dans de nombreuses zones du globe entraîne régulièrement des déversements, malgré les règles de sécurité en vigueur. Les collisions, parfois dues au brouillard, les erreurs de navigation de marins mal équipés et peu motivés, les avaries souvent liées à un manque d'entretien des navires, entraînent des déversements qui viennent s'ajouter aux pollutions de ports ou de rivières causées par la rupture de canalisations ou par des fuites sur des dépôts (**Marchand et Kantin, 1995**). Les catastrophes résultent en général de l'accumulation de facteurs, parmi lesquels les tentatives de gain de temps et d'économie de frais d'entretien sont les plus courants (**Girin, 2000**).

I.4.1 comportement des huiles végétales.

Les huiles végétales sont des produits de densité inférieure à celle de l'eau douce et l'eau de mer, avec des valeurs comprises entre 0,90 et 0,97 à 20 °C (**Karleskind, 1992**), qui n'ont tendance ni à s'évaporer, ni à se dissoudre. Lors d'un déversement dans l'eau de mer, elles restent donc en surface et forment une nappe, solide ou liquide selon leur température de fusion. Si toutes les huiles présentent un comportement similaire durant les quelques minutes ou quelques heures qui suivent un accident, en revanche, leur devenir à plus long terme diffère selon la nature de l'huile, les quantités déversées, la configuration de la zone de déversement, la température ambiante, la présence ou non de déchets, etc.

I.4.2 conséquences des déversements sur l'environnement .

La mort d'oiseaux et d'organismes marins n'est pas la seule conséquence des pollutions par huiles végétales. En effet, d'un point de vue biologique, une dernière observation fut faite après l'accident du M. V. Lindenbank. Un suivi chimique et biologique, mis en place sur cinq sites touchés et trois sites épargnés, servant de témoins, montra des changements dans la communauté algale. Des algues vertes se développèrent sur les rochers, comme à la suite d'une pollution par hydrocarbures. La réduction du broutage pourrait en être la cause, ainsi que la dégradation du copra et des graines de cacao, qui contiennent de l'azote et du phosphore. Des éléments nutritifs limitants ont pu être ainsi libérés et, associés au fer disponible sur la coque du navire, servir de fertilisants. Les auteurs estiment que la recolonisation algale devrait être complète en l'espace de deux ans (**Russel et Carlson, 1978**).

D'autres désagréments peuvent nuire à la beauté des sites et gêner les activités touristiques. En effet, même si l'odeur des huiles végétales est plus faible que celle des pétroles, elle peut incommoder les riverains. Ce fut le cas lors de la pollution du Lac Lanier (**Rigger, 1997**) et de celle d'Afrique du Sud, en 1973, où, en outre, la couleur de l'eau

dénaturait le paysage et une côte de baignade était polluée (Newman et Pollock, 1973). De plus, on peut penser que si l'ensoleillement avait été plus grand après l'accident de l'Allegra, l'huile aurait fondu sur les côtes. La faune en aurait certainement souffert, de même que certaines activités économiques telles que l'ostréiculture et le tourisme.

D'autre part, les plaisanciers se plaignent souvent de l'engluement de la coque de leurs bateaux après de tels déversements (Crump-Wiesner et Jennings, 1975 ; Rigger, 1997).

Enfin, lors de la pollution des eaux intérieures de l'Etat de New-York, des dysfonctionnements furent observés dans les stations d'épuration (Crump-Wiesner et Jennings, 1975).

I.4.3 Techniques de lutte mises en œuvre.

La lutte contre les pollutions par huiles végétales s'organise à plusieurs niveaux. La prévention, tout d'abord est essentielle. Ce volet, qui implique une réglementation sévère. Une fois qu'un déversement d'huile végétale s'est produit, il convient d'agir très rapidement pour confiner la nappe. Une réaction rapide permet en effet de limiter l'engluement d'oiseaux (Smith et Herunter, 1989 ; Rigger, 1997).

Ensuite, le nettoyage peut se faire par pompage. Rigger a noté que dans les pays ensoleillés, le pompage est plus efficace le matin, lorsque la température est plus basse et donc la viscosité de l'huile plus élevée. De plus, si l'on ne dispose pas de barrage pour confiner la pollution et concentrer la nappe, il est possible, sur une surface calme telle qu'un lac, d'utiliser des appareils de nettoyage des feuilles mortes par soufflerie. (Percy FitzPatrick Institute of African Ornithology, 1974). Par contre, l'usage de dispersants s'est révélé inefficace à Vancouver en 1989 (Smith et Herunter, 1989), comme celui de tapis absorbants et de filets pour récupérer l'huile végétale déversée à Monterey Bay en 1997 (OSIR, 1997b).

Le cas des pollutions par huiles végétales solides à température ambiante est très différent. D'une part, les oiseaux ne risquant pas d'être englués, l'urgence est moindre. Après l'accident de l'Allegra, lorsque les boules d'huiles sont apparues sur les rivages, les réactions des autorités ont varié selon les densités de pollution et les pays concernés. A Guernesey et Aurigny, où la densité de pollution était incommode, les blocs furent ramassés, à la main, dès leur arrivée. Ailleurs, l'huile fut laissée à l'action de la mer. Le résultat fut le même : on ne trouvait pratiquement plus aucune trace d'huile un mois et demi après l'accident (Le Goff et Marchand, 1998).

Chapitre II.
Etude expérimentale.



II.1 Introduction.

Au cours de ce travail, nous avons déterminé les caractéristiques physico-chimiques: l'indice d'acide, l'indice de saponification, indice de peroxyde, indice d'iode, indice de réfraction, densité relative, le taux d'impureté de l'huile commerciale "Elio", utilisée en friture, dans la quasi-totalité des restaurants et fast-food, en Algérie. Nous nous sommes intéressés au suivi de l'évolution de ces propriétés durant les différents cycles d'utilisation cette huile, en friture. Nous avons examiné par la suite, l'effet du traitement de ces huiles usagées, par le procédé d'adsorption en utilisant deux types d'argile Algériennes: la bentonite et le kaolin. L'objectif étant de prospecter la possibilité de prolongation du temps de vie de ces huiles usagées afin d'éviter leur rejet dans l'environnement avec toutes les nuisances qui s'en suivent.

II.2. Etude sur terrain.

L'étude concerne quelques restaurants. Ces restaurants sont répartis dans différents sites ou quartiers et dans l'université et la ville de Bejaia.

Les enquêtes sont choisies selon leur revenu qui va du modeste au moyennement modeste. Les consommateurs sont interrogés sur des aspects précis concernant leur perception et leur attitude qu'ils présentent vis-à-vis de cette huile végétale.

Après avoir collecté les échantillons, ils ont été par la suite analysés au laboratoire par les méthodes appropriées.

II.3. Matériels et Produits

II.3.1. Produits

a. Huile de friture

L'huile végétale utilisée dans cette étude est l'huile ELIO (mélange huile de soja à 80% et huile de tournesol à 20%) .

Ce travail a porté sur cette huile végétale à cinq stades différents de friture.

1. Vierge: C'est l'huile commercialisée.
2. Une seule fois d'utilisation : Elle est utilisée qu'une seule fois pour la friture.
3. Trois fois d'utilisation : Le processus de friture est passé par trois d'utilisations.
4. Cinq fois d'utilisation : Cette huile est utilisée 5 fois.
5. Dix fois d'utilisation : Cette huile est utilisée pour une 10^{ème} fois.

b. Les produits utilisés.

Les produits chimiques utilisés dans cette étude sont consignés dans le tableau II.1.

Tableau II.1. Propriétés des produits utilisés dans cette étude

Produit	Formule brute	Masse molaire (g/mol)	Densité	Pureté (%)
Ethanol	C ₂ H ₂ O	46,07	0,789	96
Hydroxyde de Potassium	KOH	56,1	/	95
Acide chlorédrique	HCl	36,46	1,18	36
Phénolphaléine	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	318,32	/	/
Chloroforme	CHCl ₃	119,38	119,4	99
Acide acétique	CH ₃ COOH	60,04	1,0480	99,5
Iodure de potassium	KI	166,01	/	99
Empois D'amidon	C ₆ H ₁₀ O ₅	162,141	/	/
Thiosulfate de sodium	Na ₂ S ₂ O ₃ . 5H ₂ O	248,18	/	99
Tétra chlorure de carbone	CCl ₄	153,82	153,82	99,9
Réactif wijs	ICl	162,357	1,06	98,3

II.3.2. Méthodes.

II.3.2.1. Détermination des caractéristiques physico-chimiques des huiles étudiées.

a. La densité relative.

➤ Définition

La densité est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à 20°C, et la masse d'un volume égal d'eau distillée à la même température. (Lion, 1955)

➤ Principe

À l'aide d'une balance analytique, effectuer de pesées successives de volume égal d'huile et d'eau à la température de 20°C.

➤ Mode opératoire

- Nettoyer soigneusement le pycnomètre et le sécher.
- Déterminer la masse m_0 du pycnomètre vide.
- Remplir le pycnomètre avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et laisser 30 mn dans un bain marie à 20°C.
- Déterminer la masse m_1 de pycnomètre rempli d'eau distillée.
- Nettoyer et sécher le pycnomètre.
- Remplir le pycnomètre avec de l'huile jusqu'au trait de jauge.
- Déterminer la masse m_2 de pycnomètre contenant l'huile.

➤ **Méthode de calcul.**

La densité relative est donnée par la formule donnée ci-dessous (Laisney, 1992).

$$d_{20} = (m_2 - m_0)/(m_1 - m_0)$$

Où :

m_0 : Masse (g) du pycnomètre vide.

m_1 : Masse (g) du pycnomètre rempli d'eau.

m_2 : Masse (g) du pycnomètre rempli d'huile.

b. Indice de réfraction.

➤ **Définition**

L'indice de réfraction d'une huile est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le Sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée faisant circuler de l'air dans l'huile maintenue à température constante .

Il est utilisé pour l'identification et comme critère de pureté des huiles. (Laisney, 1992)

➤ **Principe**

Suivant le réfractomètre utilisé, soit mesurer directement l'angle de réfraction, soit observer la limite de réflexion totale ; l'huile étant maintenue dans les conditions d'isotropisme et de transparence.

➤ **Mode opératoire**

- Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant du papier absorbant.
- Étalonner l'appareil avec de l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égale à 1,33.
- Déposer quelques gouttes d'huile à analyser dans la lame du réfractomètre et régler le cercle de la chambre sombre et claire dans la moitié, et effectuer la lecture des résultats en tenant compte de la température.

➤ Appareillage

Matériel courant de laboratoire, et notamment :

1. Réfractomètre: L'appareil utilisé dans cette étude (figure II.1) est susceptible de déterminer l'indice de réfraction à ± 0.0001 près entre $n_D = 1,3000$ et $n_D = 1,7000$. Ce réfractomètre doit être ajusté de façon à donner, à la température de 20°C pour l'eau distillée, un indice de 1,3330.

2. Bain d'eau, réglable à la température à laquelle les mesures sont à effectuer (cas des échantillons solides).



Figure II.1 : Photographie du réfractomètre utilisé (Huanyu jumelle abbe).

➤ Expression de calcul.

$$n_{D_{20}} = n_{D_T} + F (T-20).$$

Où :

- $n_{D_{20}}$: Indice de réfraction à 20°C .

- n_{D_T} : Indice de réfraction à la température de l'analyse.

- T : La température de l'échantillon pendant l'analyse.

- T : 20°C .

- F : est le facteur de correction, fonction de la température, égale à :

0,00035 pour $T = 20^\circ\text{C}$, pour les huiles.

0,00036 pour $T = 40^\circ\text{C}$, $t = 50^\circ\text{C}$, $t = 60^\circ\text{C}$ pour les graisses concrètes et les

mélanges d'acides gras.

0,00037 pour $T = 80^\circ\text{C}$ ou plus, pour les cires.

c. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles.**➤ Définition.**

La perte de masse subi par le produit après chauffage à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, dans les conditions de la présente méthode représente la teneur en eau et en matières volatiles et est exprimée en pourcentage en masse.

➤ Principe.

Chauffage d'une prise d'essai à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ jusqu'à l'élimination complète de l'eau et des matières volatiles et détermination de la perte de masse.

➤ Mode opératoire.

Maintenir le vase contenant la prise d'essai durant 1h dans l'étuve réglée à 103°C . Retirer et laisser refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante et peser à 0,001g près. Répéter les opérations de chauffage, de refroidissement et de pesée, mais avec des séjours successifs dans l'étuve de 30 min chacun, jusqu'à ce que la perte de masse entre deux pesées successives ne dépasse pas 2 ou 4 mg, selon la masse de la prise d'essai.

➤ Appareillage.

1. Balance analytique.
2. Vase en verre, à fond plat, d'environ 50 mm de diamètre et d'environ 30 mm de hauteur.
3. Etuve à chauffage électrique, réglable à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
4. Dessiccateur, garni d'un agent déshydratant efficace (silicagel).

➤ Expression de calcul.

La teneur en eau et en matières volatiles, exprimée en pourcentage en masse, est donnée par la relation suivante :

$$\text{Humidité} = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

Ou :

- m_0 : est la masse, en grammes, de la capsule ou du vase en verre .
- m_1 : est la masse en grammes, de la capsule et de la prise d'essai , ou du vase de la prise d'essai , avant chauffage.
- m_2 : est la masse en grammes, de la capsule et du résidu , ou du vase et du résidu , après chauffage.

d. Indice d'acidité (ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996).➤ **Définition.**

L'acidité est le pourcentage d'acide gras libre dans la matière grasse (huile), elle est exprimée en pourcentage d'acide oléique. Il nous renseigne sur le degré d'hydrolyse .

➤ **Principe.**

Consiste en la neutralisation uniquement des acides gras libres par une solution de KOH à chaud en présence de phénolphtaléine ces derniers se caractérisent par le virage de la couleur rose vers la transparente.

➤ **Mode opératoire.**

Dans un Erlenmeyer, on pèse 20g de l'huile à analyser puis on rajoute 75 ml de solution d'alcool (éthanol), on ajoute quelques gouttes de l'indicateur coloré qui est la phénolphthaléine. On titre la solution avec une solution de KOH à 0,1N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante (10 secondes) et not le volume de KOH pour neutralisation.

Tableau II.2. La prise d'essai en fonction de l'Indice d'Acidité.

INDICE D'ACIDE PRESUME	MASSE DE LA PRISE D'ESSAI g	PRECISION DE LA PRISE D'ESSAI g
<1	20	0.05
1 à 4	10	0.02
4 à 15	2.5	0.01
15 à 75	0.5	0.001
>75	0.1	0.0002

Appareillage

1. Balance analytique.
2. Bécher de 150 ml de capacité, forme haute.
3. Burette de 10 ml de capacité, graduée en 0,1 ml.
4. pH-mètre, équipé d'électrode.
5. Agitateur magnétique.

➤ **Expression de calcul.**

$$\text{Indice d'acide} = M \times V \times N/P.$$

Où :

-M: masse molaire de KOH = 56,1 g/mol.

-N : normalité de KOH à 0.1N.

-V : volume de KOH nécessaire au titrage

-P : poids de la prise d'essai.

e. Indice de saponification. (BARKA , 2016)

➤ **Définition.**

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

➤ **Principe.**

Si l'on traite un ester par de la potasse suffisamment concentrée et chaude, on régénère suivant une réaction totale d'alcool et le sel de potassium de l'acide puis on forme un ester.



➤ **Mode opératoire.**

On pèse 2g d'huile à analyser que l'on introduit dans un ballon à fond rond puis on ajoute 25 ml de solution KOH dans l'éthanol à 0,5 N avec trois pierres ponce, on porte le mélange à ébullition dans un chauffe-ballon surmonté d'un réfrigérant à reflux pendant une heure.

Après refroidissement on récupère le mélange sans les pierres ponce dans un bécher, on ajoute quelques gouttes de l'indicateur coloré (phénolphaléine) et on titre la solution avec l'acide chlorhydrique HCl à 0,5 N jusqu'à la disparition de la couleur rose et réapparition de la couleur initiale du mélange (transparente). On note la chute de volume de HCl.

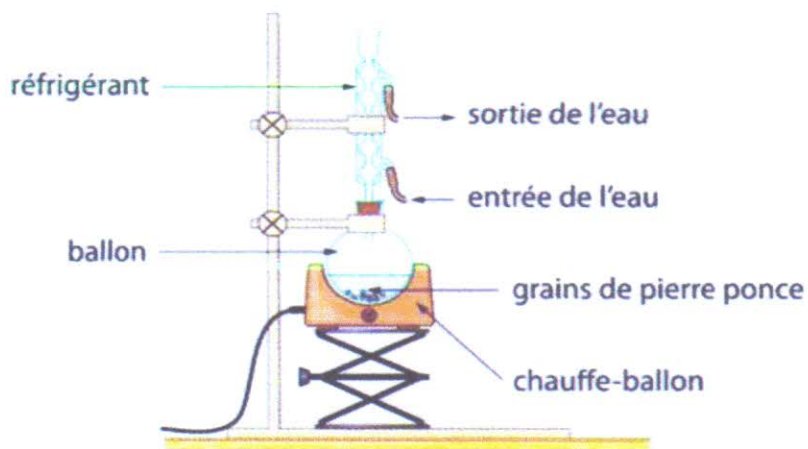
Tableau II.3. Masses de la prise d'essai pour la détermination de l'indice de saponification

Indice de saponification prévu	Masse de la prise d'essai
150 à 200	2,2g à 1,8g
200 à 250	1,7g à 1,4g
250 à 300	1,3g à 1,2g
Supérieur à 300	1,1g à 1,0g

➤ Appareillage

Le montage utilisé pour la détermination de l'indice de saponification est schématisé sur dans la figure II.3. Le Matériel nécessaire est donné comme suit.

1. Ballon de capacité 250 ml, en verre résistant aux alcalis, à col rodé.
2. Réfrigérant à reflux, avec rodage en verre adaptable au ballon.
3. Dispositif de chauffage (par exemple bain d'eau, plaque électrique chauffante, ou tout autre appareil approprié).
4. Burette, de capacité 50 ml, graduée en 0,1 ml ou burette automatique.
5. Pipette, de capacité 25 ml ou pipette automatique.
6. Balance analytique.

**Figure II.2.** Un chauffe ballon surmonté d'un réfrigérant à reflux

➤ **Expression de calcul**

L'indice de saponification est donné par la formule établie ci-dessous :

$$IS = ((V_0 - V) \times N \times M) / P$$

Où :

- V₀ : volume en ml de HCl utilisé pour l'essai à blanc.
- V : volume en ml de HCl utilisé pour l'échantillon à analyser.
- P : prise d'essai en grammes.
- N : la normalité de l'acide chlorhydrique HCl (0,5N).

f. Indice de peroxyde (ISO 3960 Quatrième édition 2007).

➤ **Définition.**

L'indice de peroxyde est la quantité de produit présente dans l'échantillon exprimée en milliéquivalent gramme d'oxygène actif par kilogramme de corps gras. Cet indice nous renseigne sur le degré d'oxydation et d'altération des matières grasses.

➤ **Principe**

Il consiste à un traitement d'une quantité d'huile en solution dans l'acide acétique et le chloroforme par une solution d'iodure de potassium (KI) ; le titrage d'iode libéré se fait par une solution de thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré, selon la réaction suivante :



➤ **Mode opératoire.**

Peser 5g d'huile à 0.01g près dans un erlenmeyer, ajouter 12ml de chloroforme et 18ml d'acide acétique puis incorporer à cette solution 1ml d'iodure de potassium KI (0,5 dans 1ml d'eau distillée). Agiter la solution pendant 1 minute et mettre à l'abri de la lumière pendant 5 minutes puis ajouter 75ml d'eau distillée et agiter vigoureusement en présence d'empois d'amidon. Titrer avec le thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) à 0,01N jusqu'à l'apparition de la couleur transparente et parallèlement effectuer un essai à blanc (sans huile).

➤ **Appareillage**

1. Erlenmeyer de 250 ml, à col rodé et muni d'un bouchon en verre rodé.
2. Burette d'une capacité de 10 ml ou 25 ml, graduée à 0,05 ml.
3. Pipettes, de 0,5 ml, 1ml, 10ml.
4. Epruvettes graduées, de 50 ml et 100 ml .
5. Balance analytique ; lecture à 0,001 g près.
6. Agitateur magnétique.
7. Fioles jaugées de différentes capacités.

➤ **Expression de calcul**

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

$$IP \text{ (még g O}_2 \text{ / kg MG)} = (N \times (V_1 - V_0) \times 1000)/P$$

Où :

- V_0 : volume de la solution de thiosulfate de sodium pour l'essai à blanc en ml.

- V_1 : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai, en ml.

- N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,01N).

- P : prise d'essai en gramme.

- IP : indice de peroxyde exprimé en milliéquivalent gramme d'oxygène actif par kilogramme de matière grasse.

g. Indice d'iode (ISO 3961 Troisième édition 01-06-1996).

➤ **Définition.**

L'indice d'iode est le nombre en gramme d'iode fixé par 100g de corps gras. Il nous renseigne sur le degré d'insaturation des chaînes carbonées des acides gras constitutifs des matières grasses.

➤ **Principe.**

Addition à une prise d'essai d'une solution de monochlorure d'iode dans un mélange formé d'acide acétique et de tétrachlorure de carbone.

Après un temps donné de réaction, on procède à la réduction de l'excès de monochlorure d'iode par addition d'une solution d'iodure de potassium et d'eau, et titrage de l'iode libéré par une solution titrée de thiosulfate de sodium.

➤ **Mode opératoire.**

Introduire la prise d'essai de 3g dans un flacon de 300 ml, faire dissoudre dans 15ml de tétrachlorure de carbone, puis ajouter 25ml de réactif de Wijs (ICl), agiter légèrement et placer le flacon à l'obscurité pendant une heure. Au bout de ce temps, ajouter 20ml d'iodure de potassium à 10% avec 150 ml d'eau, enfin agiter et titrer l'iode libéré avec le thiosulfate de sodium à 0,1N en présence de quelques gouttes d'empois d'amidon. Faire en parallèle un essai à blanc dans les mêmes conditions.

Tableau II.4. La masse de la prise d'essai selon l'indice d'iode présumé.

INDICE D'IODE PRESUME	PRISE D'ESSAI EN GRAMMES
inférieur à 5	3.00
5 à 20	1.00
21 à 50	0.40
51 à 100	0.20
101 à 150	0.13
151 à 200	0.10

➤ **Appareillage**

- 1 . Nacelles en verre, de capacité appropriée à la prise d'essai.
- 2 . Flacons à col large, munis de bouchons rodés, de capacité environ 250 ml.
- 3 . Burettes de 50 ml graduées en 0,1 ml.
- 4 . Pipettes de 20 et 25 ml.
- 5 . Balance analytique.

➤ **Expression de calcul**

$$I_i = N (V - V_0) \times 12,69/P$$

Où :

-V : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc en ml.

-V₀ : 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.

-P : poids de la prise d'essai en gramme.

h. Détermination de la teneur en chlorure de sodium**➤ Principe.**

Les chlorures sont titrés avec une solution titrée de nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium comme indicateur, selon la méthode de Mohr (DIATTA, 1999).

➤ Mode opératoire.

Introduire l'échantillon dans un récipient clos et le chauffer dans un bain-marie à une température aussi faible que possible pour ne pas rompre l'émulsion.

Peser à 0,01g près approximativement 5g de L'échantillon dans l'ermenmeyer. Ajouter avec précaution 100 ml d'eau distillée bouillante. Laisser reposer 5 à 10 minutes, en agitant de temps à autre, jusqu'à ce que le mélange atteigne 50 à 55 °C (température de dosage).

Ajouter 2 ml de la solution de chromate de potassium. Mélanger en agitant. Tout en continuant d'agiter, titrer avec la solution de nitrate d'argent, jusqu'à ce que le virage à la couleur rouge brique persiste pendant trente secondes (30s).

➤ Appareillage

1. Balance analytique
2. Erlenmeyers, d'une capacité de 250 ml.
3. Burette, graduée en dixième de millilitre (1/10).

➤ Expression de calcul.

La teneur en chlorure de sodium (exprimée en pourcentage m/m de NaCl) est donnée par la formule suivante:

$$\text{Teneur en chlorure de sodium} = 5,85.(V_1 - V_0).N/P$$

Où :

V_0 : est le volume, en millilitres, de la solution de nitrate d'argent utilisée pour l'essai à blanc.

V_1 : est le volume, en millilitres, de la solution de nitrate d'argent utilisée pour la prise d'essai.

N : est la normalité de la solution de nitrate d'argent.

P : est la masse, en grammes, de la prise d'essai. Arrondir le résultat à 0,01 % près.

II.4. Procédé de décoloration des huiles végétales.

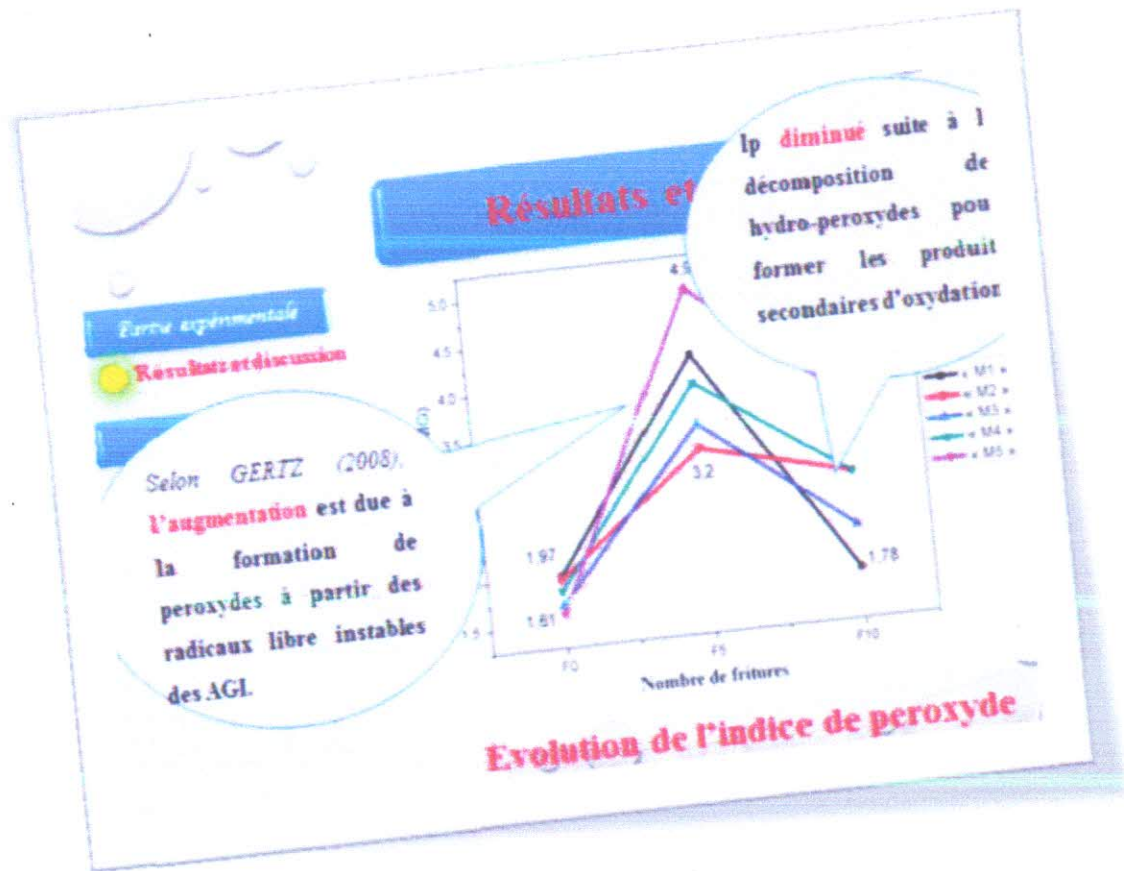
L'application des argiles à la décoloration des huiles végétales puis des huiles minérales, est très ancienne. Dans cette étude, nous avons testé deux types d'argiles algériennes qui sont la bentonite et le kaolin.

II.4.1. Protocole de décoloration avec la bentonite et le kaolin

L'efficacité des argiles est testée par des essais de décoloration de l'huile de friture usagée nous a été procurée par la l'un des restaurant sur lesquels s'est portée cette étude. On effectue la décoloration de l'huile considérée dans un réacteur ouvert (Erlenmeyer) dans les conditions suivantes :

- température : ambiante ($T \sim 27^{\circ}\text{C}$).
- Agitation constante pendant 45 min (350 tr/min).
- 2g d'argile activée pour 100g d'huile (rapport massique : 2%). Après décantation, le mélange (argile-huile) est séparé par centrifugation pendant 20 min suivi d'une filtration sur papier. Le filtrat est analysé par la détermination des différents paramètres qui sont mentionnés ci-dessus.
- **Appareillage.**
 1. Balance analytique.
 2. Erlenmeyers, d'une capacité de 250 ml.
 3. Agitateurs et barreaux magnétiques.
 4. Entonnoirs avec verre frité.

Chapitre III : Résultat et discussion.



Chapitre III

Résultats et discussions

III.1. Résultat de l'enquête menée sur terrain

III.1.1. Diagnostic du problème du rejet des huiles végétales usagées

La première partie de ce travail a consisté en une enquête sur terrain pour le diagnostic du problème des rejets des huiles de fritures usagées. L'enquête a été menée au niveau de 9 établissements de restauration qui produisent des quantités variables de fritures. Les résultats concernant le type et la quantité d'huile utilisée, la durée de son utilisation ainsi que son devenir en fin de vie, sont consignés dans le tableau III.1.

Tableau III.1: Résultats de l'enquête sur l'utilisation et le devenir de l'huile de friture.

N° de site	Nombre de clients reçus /jour	Quantité d'huile utilisée (L)	Durée d'utilisation	Marque de d'huile	Devenir
1	250	15	3 à 5 jours	Elio	Déversement dans l'égout
2	150	7	3 jours	Elio	Déversement dans l'égout
3	320	15	1 jour	Elio	Déversement dans l'égout
4	220	15	L'huile n'est pas changée, ils procèdent par rajout	Elio	Déversement dans l'égout
5	120	7	4 a 5 jours	Elio	Déversement dans l'égout
6	280	15	3 jours	Elio	Déversement dans l'égout
7	80	7	L'huile n'est pas changée, ils procèdent par rajout	Elio	Déversement dans l'égout
8	100	7	4 a 5 jours	Elio	déversement dans l'égouts
9	70	7	L'huile n'est pas changée, ils procèdent par rajout	Elio	Déversement dans l'égout

De ces résultats, il ressort que la quantité d'huile utilisée varie d'un établissement à un autre et dépend du nombre de clients. La durée d'utilisation de l'huile de friture, avant son rejet, varie aussi en fonction des sites. Pour le devenir de ces huiles en fin de vie (après utilisation) est

leur déversement dans l'égout. Avec tous les problèmes que peuvent engendrer ces huiles, une fois mélangées avec les eaux usées urbaines.

III.1.2. Les résultats de l'enquête menée auprès de la population

Dans le cadre de ce travail, nous avons aussi mené une enquête sur les marques commerciales des huiles alimentaires, les plus utilisées chez les consommateurs. Cette enquête s'est axée sur des questions posées aux consommateurs, sur plusieurs facteurs que nous donnons ci-dessous :

a. Quelle(s) est (sont) la (les) marque(s) d'huile végétale commerciale que vous consommez le plus ?

Les résultats obtenus sont consignés dans le diagramme de la figure III.1. Comme on peut bien le constater la marque ELIO prend le dessus avec 56% du total, vient ensuite FLEURIAL avec 19%, AFIA avec 14% et SAFIA avec 8%.

Comme nous l'avons déjà indiqué au chapitre II, mis à part l'huile Fleurial qui est une huile 100% tournesol, les autres sont essentiellement à base de soja.

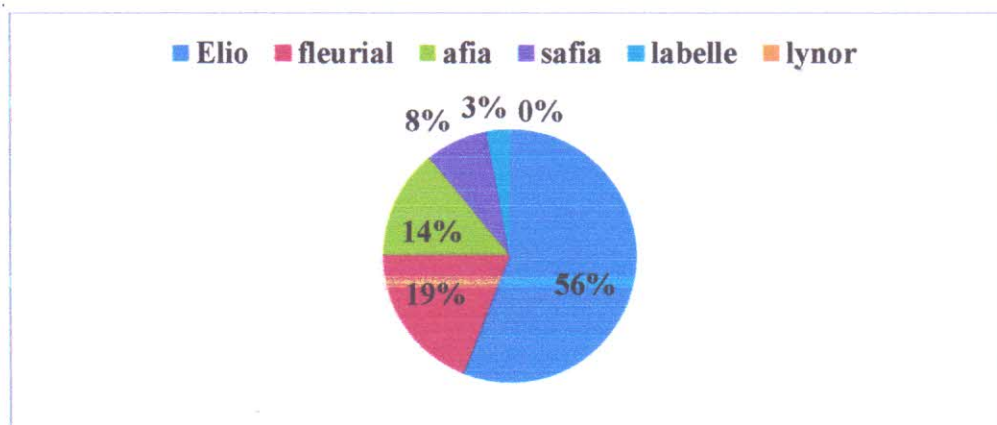


Figure III.1 : Diagramme des huiles consommées par la population

b. Quels sont vos critères d'achats d'une huile ?

L'objectif de cette question est de connaître des principaux critères sur lesquels se basent les consommateurs pour l'achat des huiles alimentaires végétales. Comme l'indiquent les résultats donnés dans la figure III.2, 67% des consommateurs achètent les huiles sur la base de leurs prix. Les 33% restant achètent les huiles en fonction de leurs qualités. Le prix du produit prime sur la qualité pour la majorité des consommateurs.

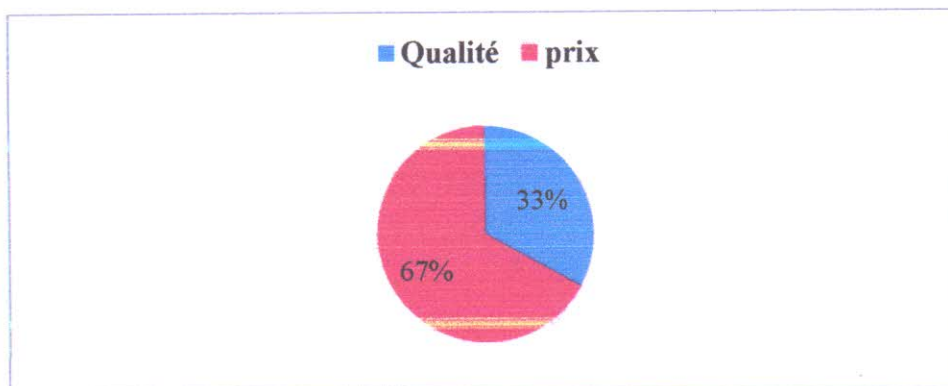


Figure III.2 : Représentation des principaux critères qui orientent la préférence des consommateurs dans l'achat des huiles végétales.

c. Quels sont les aliments qui sont habituellement frits ?

Le but de poser cette question, c'est de savoir le lien entre le mode de cuisson par friture et les aliments les plus fréquemment frits. Dans ce cadre, les ménages favorisent la friture de la pomme de terre à hauteur de 80%, les légumes à 15%, vient ensuite les viandes à 5% (figure III.3).

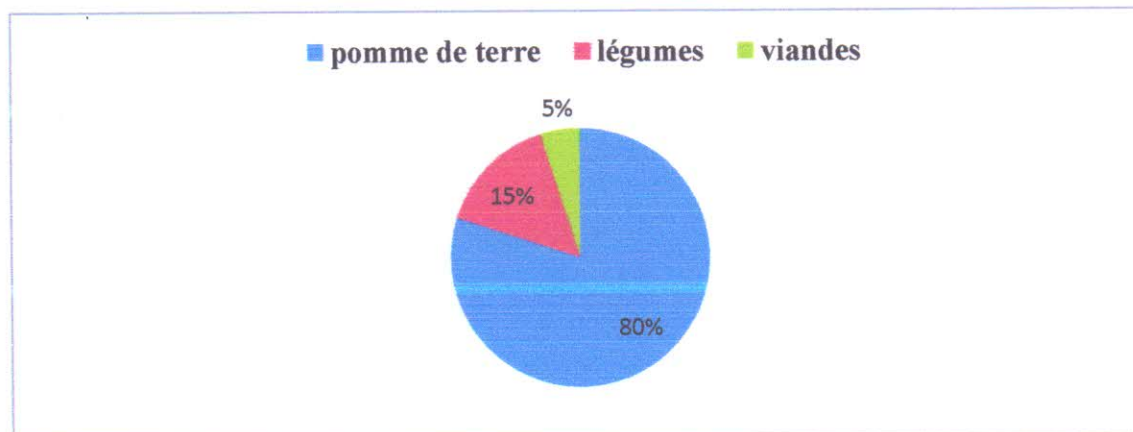


Figure III.3 : Représentation de la distribution des aliments frits chez les consommateurs

d. Quels sont les conditions que vous utilisez pour la friture ?

A travers cette question, nous avons voulu connaître les conditions de la cuisson des aliments frits. La figure III.4 montre que 62% des consommateurs effectuent la friture des aliments au contact de l'air. Le reste des consommateurs (38%) utilisent la friture profonde (friteuse électrique) ou avec poêle couverte. En plus, la majorité des consommateurs laissent

les aliments séchés avant de les immergés dans le bain d'huile de friture et 3% utilisent des aliments congelés en friture.

Notons que le contact de l'oxygène de l'air provoque l'apparition d'arômes et le changement de la couleur, souvent indésirables, dans les huiles de friture ou dans les produits frits. Sous l'effet de l'eau contenue dans les aliments, de l'air et des aliments eux-mêmes, l'huile chaude subit des transformations chimiques conduisant à la formation de composés polaires, la diminution de certains composés d'intérêt nutritionnel, l'apparition de composés volatils responsables d'odeurs désagréables et l'apparition de composés non volatils qui s'avèrent toxiques à fortes doses.

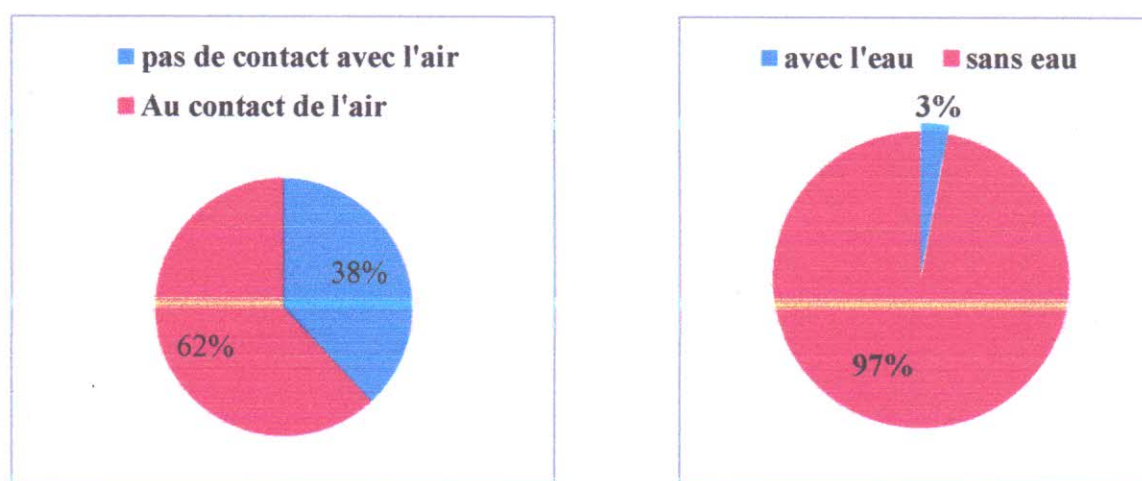


Figure III.4 : Les conditions adoptées par les consommateurs dans la friture des aliments

e. Contrôlez-vous la température de la friture ?

La figure III.5 montre que seulement 1% des consommateurs contrôlent la température de friture. L'écrasante majorité (99%) ne contrôlent pas cette température. Lorsque les huiles sont chauffées, celles-ci subissent des dégradations plus ou moins importantes. Pour les fritures, il est important de ne pas surchauffer l'huile (ne pas dépasser 180°C).

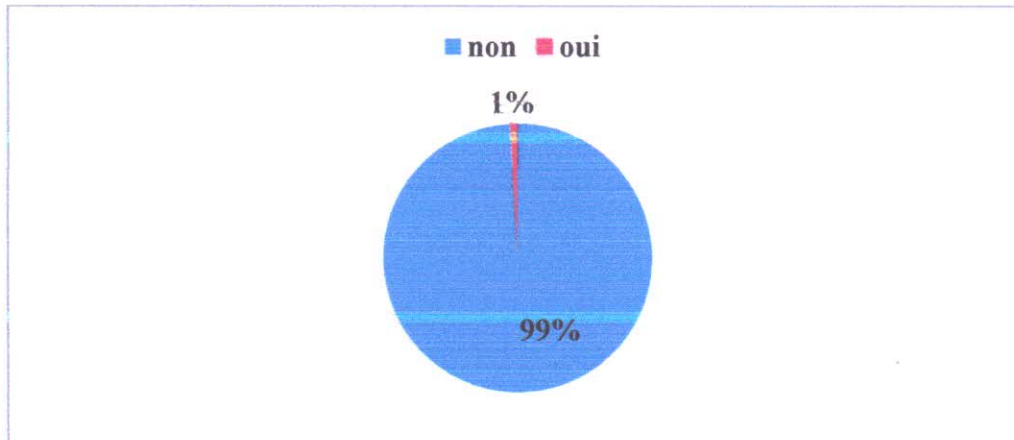


Figure III.5 : Représentation de l'indice de contrôle de la température de friture.

f. Combien de fois réutilisez-vous l'huile de friture ?

Comme le montre la figure III. 6, la majorité des consommateurs réutilisent l'huile de friture 3 à 4 fois (49% et 34% respectivement), et 11% utilisent l'huile une seule fois. Les 6% restant, réutilisent l'huile plus de 3 fois.

La réutilisation de l'huile de friture est un facteur qui conduit à son altération et les aspects suivants sont généralement enregistrés :

- Brunissement de l'huile ;
- Apparition de mousse ;
- Huile devenant plus visqueuse ou trop épaisse ;
- Apparition de fumées ;
- Apparition d'odeurs désagréables.

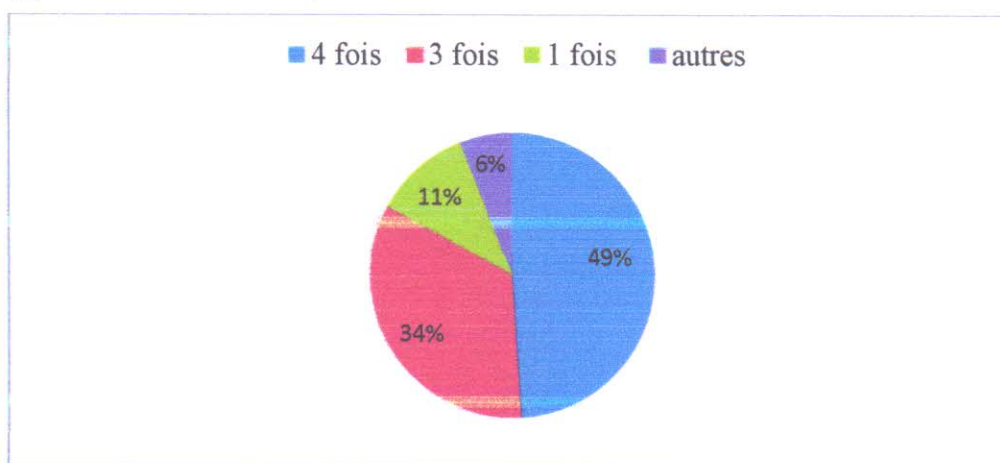


Figure III.6 : Représentation de la fréquence de réutilisation des huiles de friture chez les consommateurs

g. Quel est le paramètre qui vous permet de réutiliser l'huile ?

Concernant les critères sur lesquels se basent le consommateur pour décider de la réutilisation de l'huile de friture, la majorité des enquêtés 87% (figure III.7) changent d'huile à cause du changement de sa couleur, pour le reste l'huile est changée soit à cause de son odeur 12%, ou autres (1%).

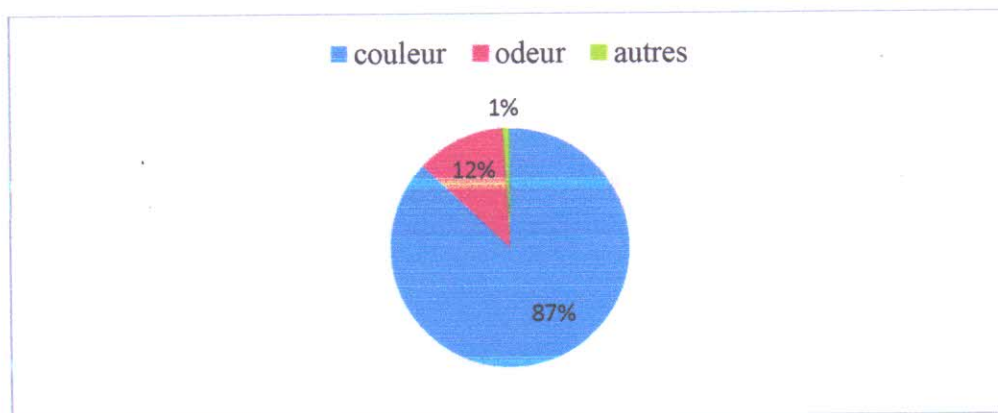


Figure III.7 : Représentation des critères adoptés par le consommateur pour la réutilisation de l'huile de friture.

h. Où est ce que l'huile est déversée en fin de vie ?

Le but de cette question est de connaître les endroits où l'huile est évacuée en fin de vie, afin de réfléchir à des solutions à ce problème environnemental. Valoriser les déchets et préserver les ressources naturelles reste un objectif principal, dans le contexte du développement durable.

Les résultats représentés dans la figure III.8 montrent que 90% des consommateurs déversent les huiles usagées dans les canalisations d'égout et le reste (10%) les évacuent dans la nature.

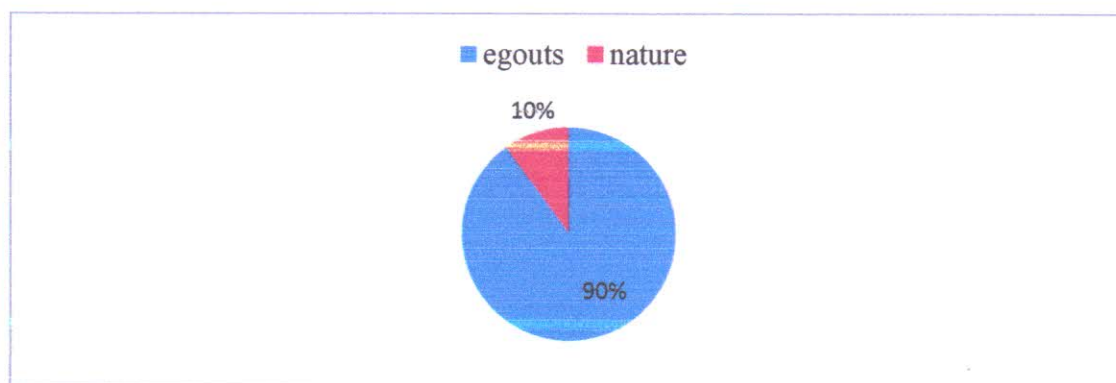


Figure III.8 : Représentation de la répartition des endroits de déversement des huiles de friture usagées.

III.2. Caractérisation physicochimique des huiles de fritures étudiées

Dans la deuxième partie de ce travail, nous avons recueilli des échantillons d'huile de friture usagée afin de définir et de suivre l'évolution de ses caractéristiques physico-chimiques. L'huile utilisée pour cette étude est de la marque Elio (80% soja et 20% tournesol). Les analyses ont concerné l'huile commerciale avant utilisation et des échantillons de l'huile après la 1^{ère} jusqu'à la 9^{ème} utilisation (fin de vie) (c'est l'huile qui est déposée au niveau de la décharge).

III.2.1. La densité relative.

La détermination de la densité est un des critères de pureté d'une huile. Elle est fonction de la composition chimique de l'huile et de la température. Dans notre étude, nous avons déterminé la densité des différents échantillons à une température de 20°C. Les valeurs obtenues sont représentées sur la **figure III.9**

Il ressort de ces résultats, une diminution progressive de la densité de l'huile de friture ; la densité passe de $d = 0,8993$ pour l'huile commerciale à $d = 0,8588$ pour l'huile en sixième cycle d'utilisation, puis reste presque constante au delà et atteint la valeur de $d = 0,8564$ pour l'huile de friture récupérée en fin de vie.

Les valeurs de la densité obtenues dans notre travail sont plus faibles que celles obtenues par (GUETTAR et HAMOUNI, 2015), qui ont travaillé sur la même marque d'huile (ELIO). Cette différence peut être due à une différence de l'huile d'origine, car les informations ne sont pas toujours très précises. De plus ces auteurs n'ont pas indiqué la température de mesure de cette densité. Il y a aussi lieu de souligner que ces auteurs ont

effectué un travail au laboratoire et la réutilisation de l'huile a été effectuée sans rajout d'huile fraîche, chose qui est opérée au niveau du restaurant où nous avons récupéré nos échantillons. Selon (El shami et al., 1992), la diminution de la densité serait due à la formation d'Acides Gras Libres de faible poids moléculaire par hydrolyse suite à l'augmentation de la teneur en eau; elle serait également due à la formation de composés issus de l'oxydation et dont les chaînes sont plus courtes.

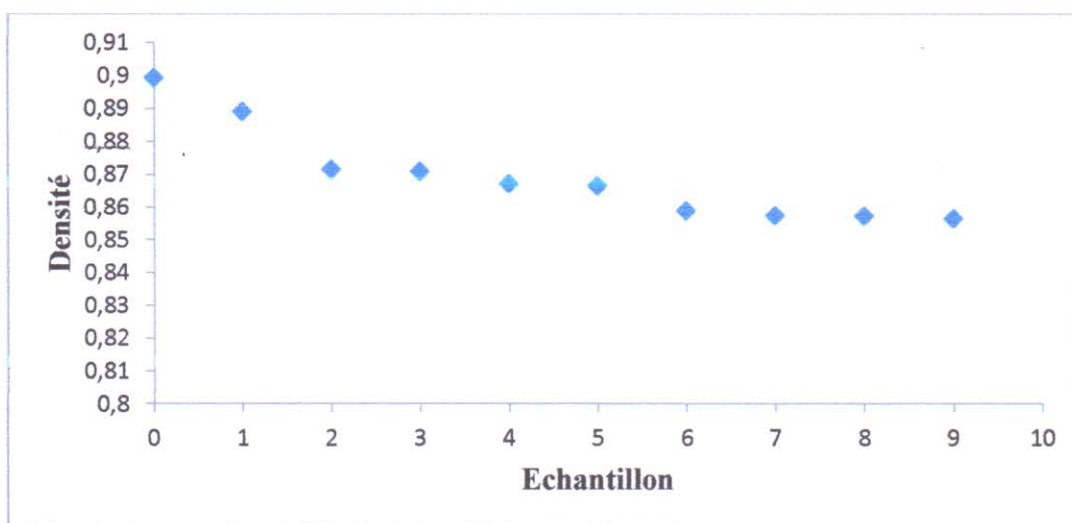


Figure III.9 : Evolution de la densité de l'huile en fonction du cycle de friture.

III.2.2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction nous renseigne sur la pureté de l'huile. Il dépend de la composition chimique des huiles et de la température.

Nous donnons à titre d'exemple les intervalles de variations de cet indice pour quelques huiles :

A 40 °C Huiles riches en acide oléique 1,468 à 1,472.

A 40 °C Huiles riches en acide linoléique 1,471 à 1,477.

A 40 °C Huiles riches en acide linoléique 1,480 à 1,523.

A 40 °C Graisses animales 1,470 à 1,480.

Les valeurs de l'indice de réfraction enregistrées (données dans le tableau III.2) sont incluses dans l'intervalle des indices des huiles riches en acides oléique et linoléique. On remarque aussi que l'indice de réfraction (n^{20}) augmente légèrement à partir de la première utilisation. Perrin (1992) attribue l'augmentation de l'indice de réfraction à une altération

des huiles de friture (destruction des caroténoïdes et la chlorophylle qui provoque un brunissement de l'huile) causée par l'élévation de la température lors de cuisson.

Tableau III.2 : Les valeurs moyennes de l'indice de réfraction (n^T) pour différentes températures (T) des dix échantillons étudiés

Echantillons	n^{20}	n^{40}	n^{60}	n^{80}
0 (A.U.)	1,47505	1,48062	1,48832	1,49609
1	1,47515	1,48062	1,48832	1,49609
2	1,47515	1,48062	1,48832	1,49609
3	1,47535	1,48062	1,48832	1,49609
4	1,47535	1,48062	1,48832	1,49609
5	1,47535	1,48062	1,48832	1,49609
6	1,47535	1,48062	1,48832	1,49609
7	1,47535	1,48112	1,48832	1,49609
8	1,47535	1,48112	1,48832	1,49609
9 (fin de vie)	1,47535	1,48112	1,48832	1,49609

III.2.3. Teneur en eau et en matières volatiles

L'évolution de la teneur en eau et en matières volatiles, en fonction du cycle d'utilisation de l'huile, est représentée sur la **figure III.10**. Les teneurs enregistrées pour l'huile avant utilisation et après le premier cycle de friture (0,053% et 0,14%, respectivement) est conforme à la norme du Codex Alimentarius qui fixe le taux moyen de l'humidité des huiles végétales à 0,2%. Ce taux est dépassé à partir du 2^{ème} cycle de friture ($T = 0,25\%$) et atteint une valeur maximale de 0,58 % pour l'huile en fin de vie.

L'humidification progressive de l'huile de fritures est due à la fixation d'eau provenant des pommes des bâtonnets de frites fraîches introduits dans la friteuse. ainsi que de matières volatiles issues des réactions thermo-oxydatives se produisant lors du processus de friture mené à $>180^\circ\text{C}$.

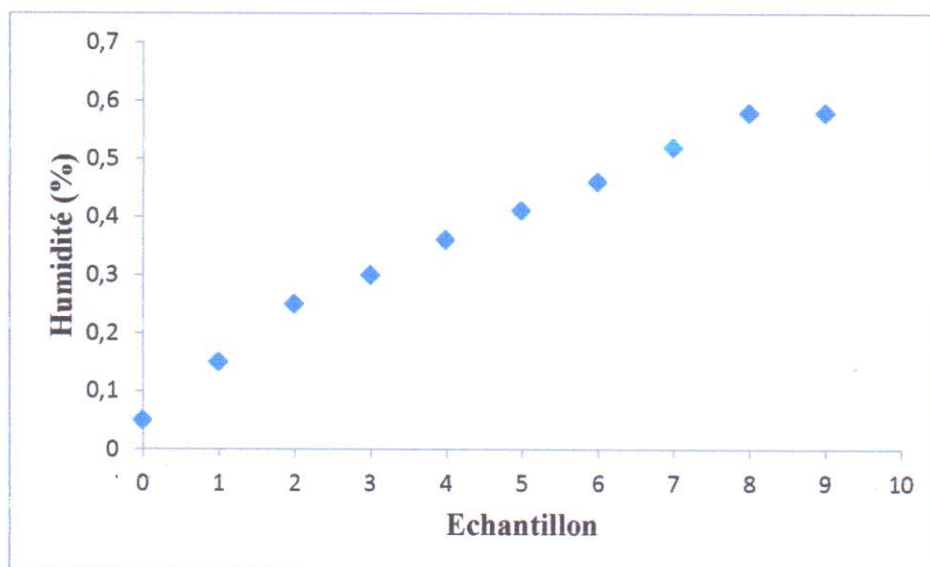


Figure III.10 : Evolution de la teneur en humidité en fonction du cycle de friture

III.2.4. Indice d'acidité.

L'indice d'acidité (IA) est une mesure des acides gras libres présents dans l'huile. Les acides gras se trouvent sous la forme de triglycérides, cependant, au cours de leur transformation des acides gras peuvent s'hydrolyser en acide gras libre (AGL). Plus l'IA est élevé, plus le niveau des AGL est grand, ce qui se traduit par une diminution de la qualité de l'huile (Monika et al., 2013).

Les résultats obtenus lors de la détermination de l'indice d'acidité des différents échantillons analysés sont représentés sur la figure III.11. Nous constatons que l'IA augmente d'une manière significative, sous l'effet du temps de friture (cycle d'utilisation). L'IA passe d'une valeur minimale de 0,3 mg KOH /g pour l'huile neuve (avant utilisation) pour atteindre un maximum de 0,84 mg KOH /g pour l'huile utilisée au 9^{ème} cycle de friture (fin de vie). Cette augmentation est expliquée par la présence d'eau dans le bain de friture, apportée par l'aliment frit (pomme de terre) et les hautes températures appliquées (180°C) provoquant ainsi des réactions d'hydrolyse qui libèrent des AGL et font ainsi augmenter leur teneur dans l'huile (Wassef et Nawar, 1996 ; Gertz et Kochhar, 2001).

Les valeurs de l'IA restent acceptables pour l'huile utilisée jusqu'au 5^{ème} cycle (IA = 0,55 mg KOH /g), selon le Codex Alimentarius qui stipule que l'IA des huiles doit être inférieur à 0,6 mg KOH /g. Les IA obtenus à partir du 6^{ème} cycle dépassent cette norme.

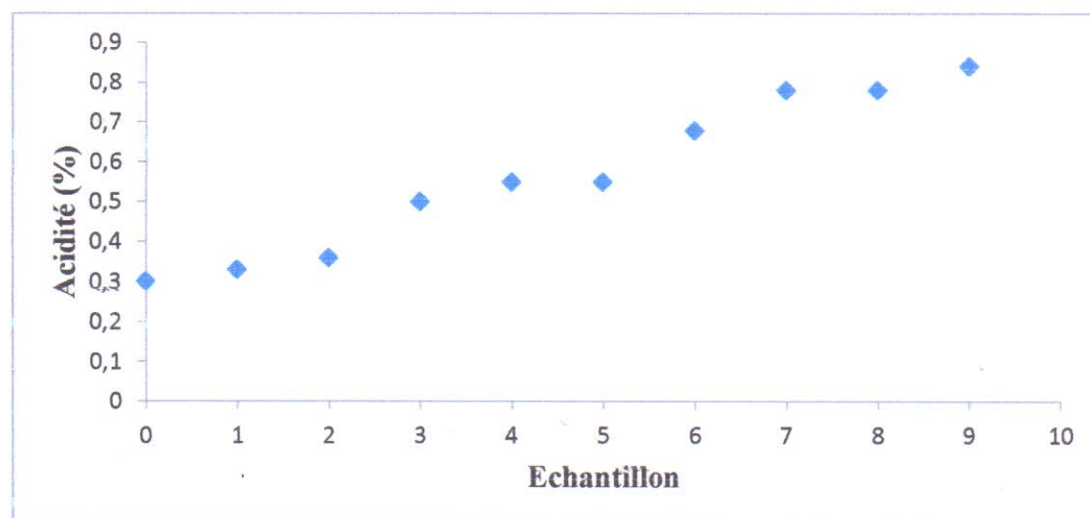


Figure III.11 : Évolution de l'indice d'acidité de l'huile en fonction du cycle de friture

III.2.5. Indice de saponification.

Les résultats obtenus de la détermination de l'indice de saponification (IS) sont représentés sur la **figure III.12**. Nous enregistrons une augmentation significative de l'IS, en passant de l'huile avant utilisation jusqu'au dernier cycle d'utilisation (IS passe de 133,23 à 168,30 mg KOH/g d'huile). Cependant, toutes ces valeurs ne dépassent pas la norme Algérienne, qui est définie par l'Arrêté du 26 Jomada Ethania 1432 correspondant au 29 mai 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice de saponification des corps gras d'origine animale et végétale, et qui stipule que la valeur de l'indice de saponification ne doit pas dépasser 200.

L'augmentation de cet indice (qui renseigne sur la longueur de la chaîne carbonée des acides gras constituant le corps gras) peut être attribuée à la formation d'acides gras Trans, de polymères et de monomères cycliques d'acides gras, engendrée par le traitement thermique intense lors de la friture (**Vanessa, 2015**).

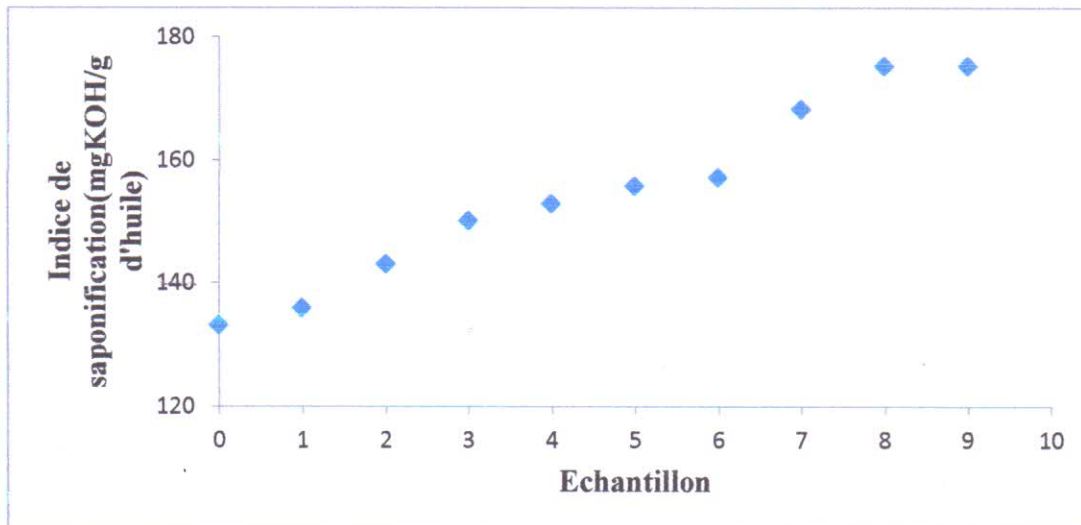


Figure III.12 : Évolution d'indice de saponification de l'huile de friture en fonction du cycle d'utilisation

III.2.6. Indice de peroxyde (IP)

Sur la **figure III.13** est représenté la variation de l'indice de peroxyde (IP) en fonction du nombre de cycle d'utilisation de l'huile de friture étudiée. Nous constatons une augmentation progressive de l'IP, sa valeur passe de 4,0 meqO₂ / kg pour l'huile neuve à 7,6 meqO₂ / kg après le 4^{ème} cycle d'utilisation. Un accroissement plus important est enregistré à partir de 5^{ème} cycle où la valeur de l'IP passe directement à 12,3 meqO₂ / kg et atteint un maximum de 22,55 meqO₂ / kg au 9^{ème} cycle de friture. Cette dernière valeur est la seule à dépasser la norme Algérienne pour cet indice (la norme est de 20 meq O₂ / kg). **JUDDE (2004)** et **O'BRIEN (2009)** attribuent l'augmentation de l'IP à l'apparition des peroxydes (ROO°) à partir des radicaux libres instables (R°) des AGL formés lors du processus de chauffage à température élevée.

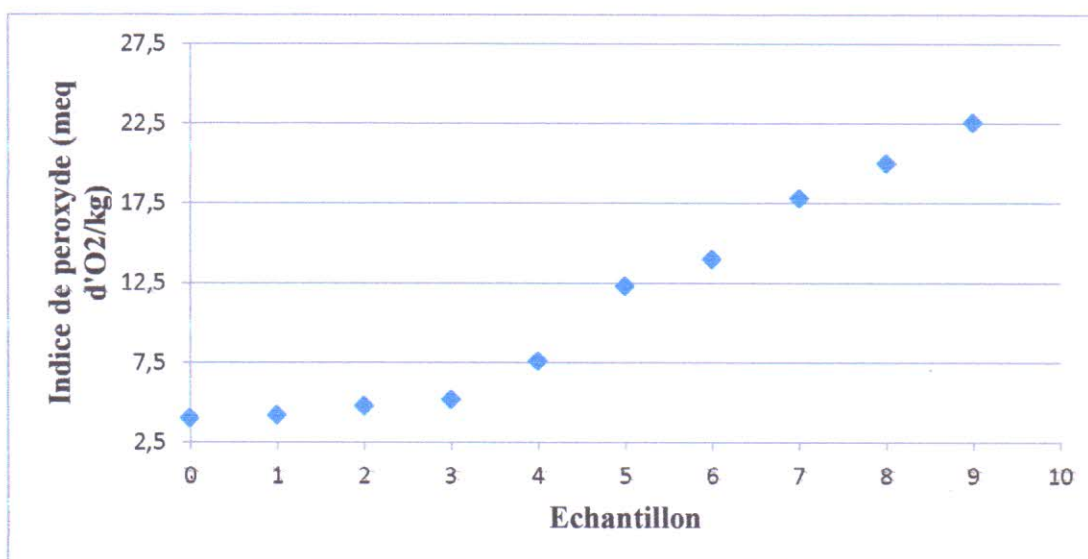


Figure III.13. : Évolution de l'indice de peroxyde de l'huile de friture en fonction du nombre de cycle d'utilisation.

III.2.7. Indice d'iode

Les résultats de la détermination de l'indice d'iode (Ii) sont représentés sur la figure III.14, nous enregistrons une chute de l'Ii qui passe de 134,33 $\text{gI}_2/100\text{g}$ pour l'huile avant utilisation à 100,50 $\text{gI}_2/100\text{g}$ pour l'huile au bout du 9^{ème} cycle d'utilisation. Cette diminution coïncide avec l'augmentation de l'indice de peroxyde (défini dans le paragraphe ci-dessus, cela s'explique bien par la fixation de l'oxygène moléculaire sur les doubles liaisons des chaînes hydrocarbonées des acides gras, induisant la formation des peroxydes et par voie de conséquence une diminution du nombre de double liaisons défini par l'Ii (SANCHEZ-GIMENO et al., 2008) . La diminution du degré d'insaturation des huiles de bains de friture peut être aussi causée par la polymérisation thermique des chaînes grasses insaturées (GRANDGIRARD et JULLIARD, 1987).

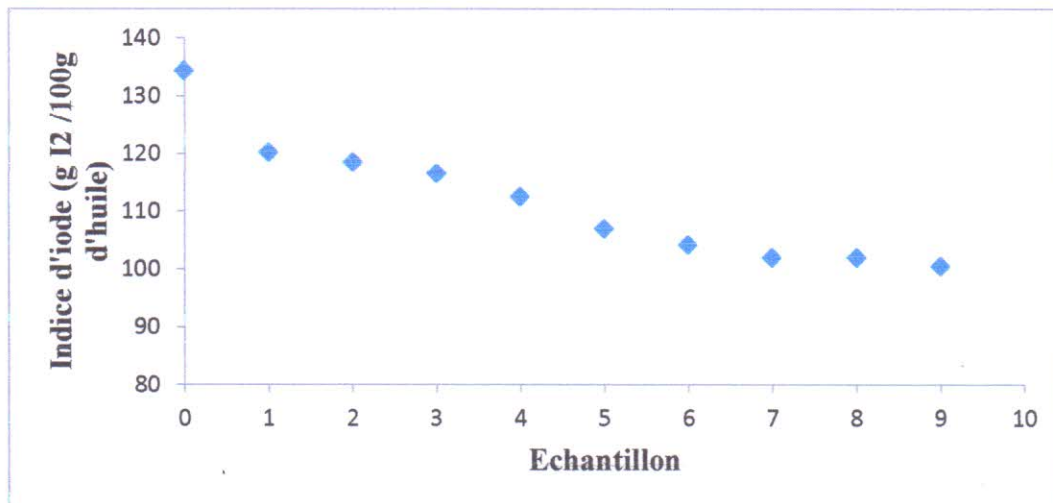


Figure III.14 : Évolution de l'indice d'iode en fonction du temps d'utilisation de l'huile de friture.

III.2.8. Détermination de la teneur en chlorure de sodium

La teneur en chlorure de sodium dans l'huile de friture est directement liée à l'introduction du sel contenu dans les frites lors de l'opération de cuisson. Sur la figure III.15, nous enregistrons un accroissement important de cette teneur, qui passe d'une très faible quantité (0,035 g/100g d'huile) pour l'huile avant utilisation à 0,26 g/100 g d'huile, au bout du 7ème cycle de friture. Cette teneur reste presque inchangée pour les cycles qui suivent. Cette invariabilité peut être attribuée à une saturation de l'huile par le sel, sachant que ce dernier a une faible solubilité dans les huiles, vu son caractère polaire élevé.

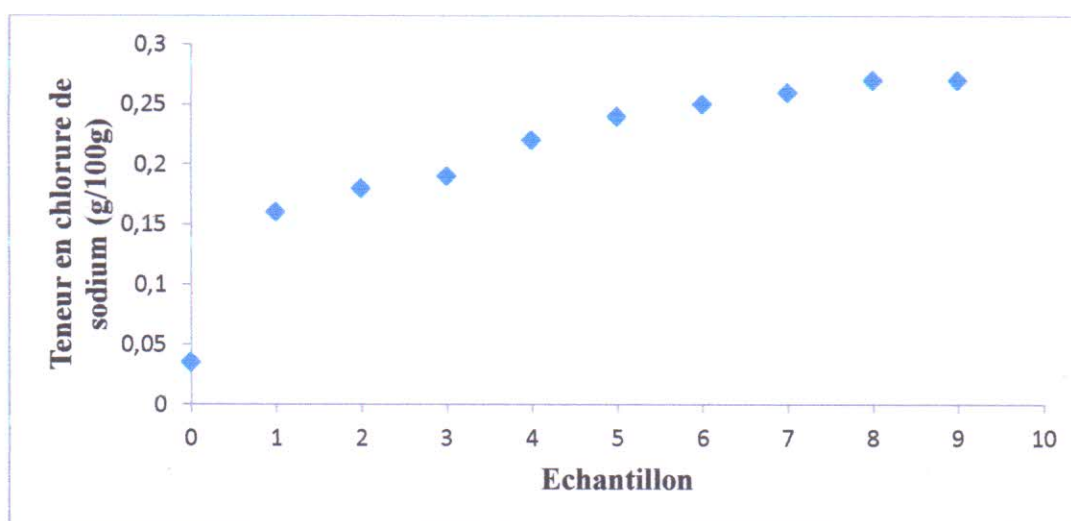


Figure III.15: Évolution de la teneur en chlorure de sodium des échantillons d'huile de friture en fonction du cycle d'utilisation

III.3. Etude de la purification des huiles usagées par adsorption sur argile

Dans cette dernière partie de ce travail, nous avons étudié la possibilité de l'amélioration des caractéristiques des huiles de fritures usagées afin de les valoriser pour d'autres utilisations, comme leur introduction dans l'alimentation du bétail.

Pour cela, nous avons exploré la purification de ces huiles à la fin du cycle d'utilisation. Pour se faire, nous avons récupéré une quantité d'huile auprès d'un restaurant fast-food et nous avons procédé à la purification par adsorption sur argiles. Ces dernières sont connues pour leur grande capacité d'adsorption et sont utilisées dans l'industrie de production des huiles alimentaires. Les argiles choisies sont la bentonite de Maghnia et le kaolin de Mila.

Afin de déterminer l'efficacité de ces argiles dans le processus de purification, nous avons suivi l'évolution des paramètres caractéristiques des huiles, étudiés ci-dessus. Une quantité d'huile donnée (200 mL) est mis en contact, sous agitation magnétique (système batch) avec des quantités croissantes d'argile, et les différents paramètres sont déterminés et sont comparés à ceux de l'huile avant et après utilisation.

Les résultats de cette étude sont donnés ci après.

III.3.1. La densité relative

Sur la figure III.16 sont représentés les résultats obtenus lors de la détermination de la densité des échantillons d'huile récupérés après filtration.

Nous remarquons que la densité de l'huile traitée dépend de la quantité et de la nature de l'argile utilisée. Les valeurs de la densité diminuent quand la masse de l'argile augmente, et des valeurs optimales de 0,9046 et 0,9115 avec l'utilisation 2,5 g de bentonite et de kaolin, respectivement. Ces valeurs sont proches de celle de l'huile avant utilisation, qui est de 0,8993. Cette diminution peut être attribuée à l'élimination Acides Gras Libres de formés par hydrolyse lors de la friture.

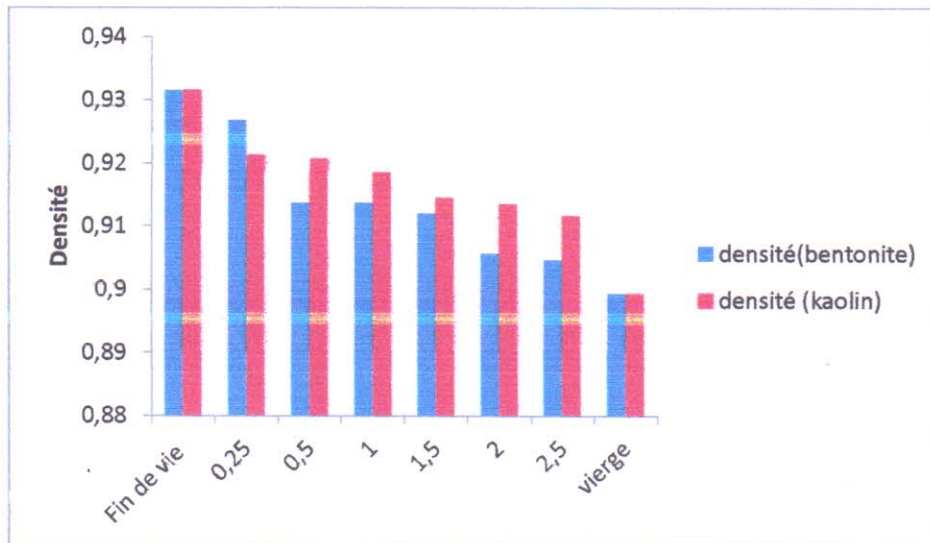


Figure III.16 : Valeurs de la densité des huiles purifiées par les deux argiles : Kaolin et bentonite

III.3.2. Indice de réfraction

Dans la figure III.17, sont consignés les résultats obtenus de la détermination de l'indice de réfraction des échantillons d'huile traités et récupérés après filtration.

Les résultats obtenus montrent que la mise en contact de l'huile avec les argiles (bentonite, kaolin) n'influence que très peu l'indice de réfraction des huiles traitées. Cet indice reste presque inchangé pour les huiles usagées.

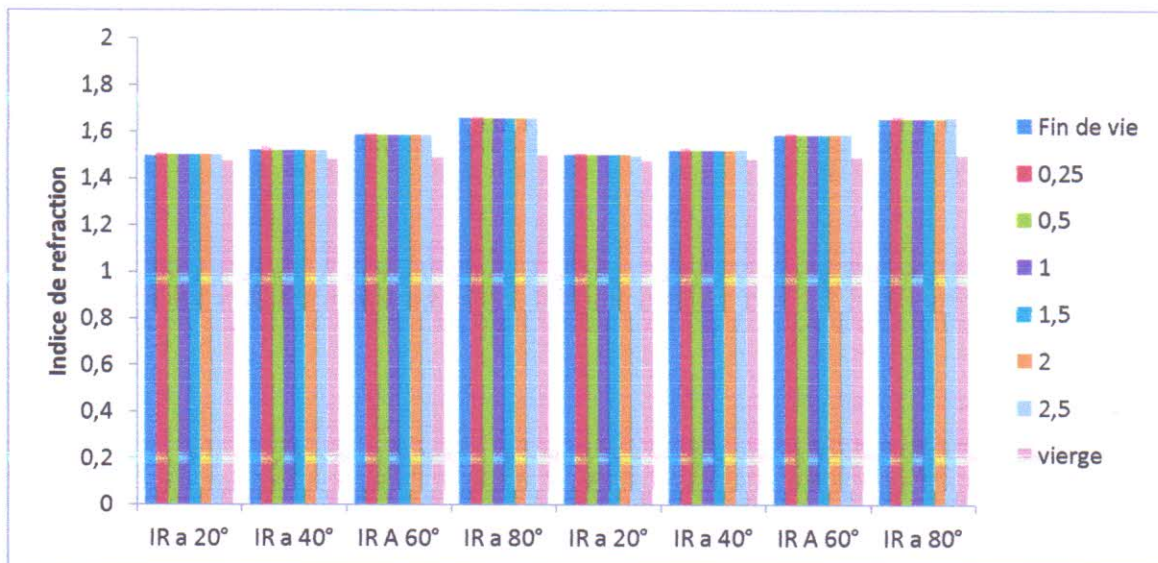


Figure III.17. Indices de réfraction des échantillons d'huile purifiée avec le kaolin et la bentonite

III.3.3. Teneur en eau et en matières volatiles

Les résultats de la détermination de la teneur en eau et matière volatile (figure III.18) indiquent que la purification avec les deux argiles engendrent une nette amélioration de cette teneur. Cependant, le kaolin montre de meilleures performances comparé à la bentonite. Cela est sûrement lié à la différence de la nature des deux argiles. La valeur optimale est atteinte avec la quantité maximale d'argile (2,5g). Néanmoins, cette teneur peut être encore diminuée par une augmentation supplémentaire de la quantité d'argile utilisée ($m > 2.5g/200 mL$). Les argiles ont la capacité d'éliminer une des matières volatiles contenues dans les huiles usagées.

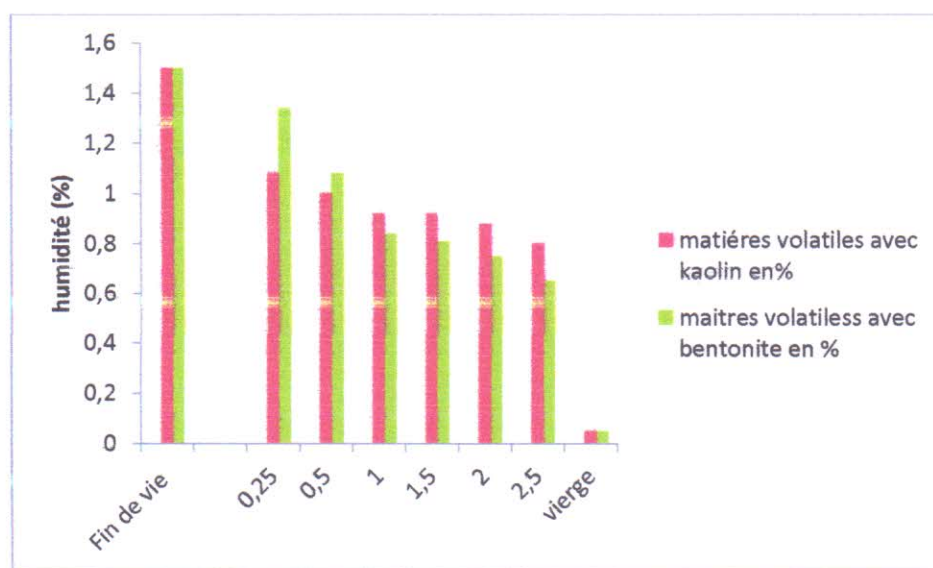


Figure III.18 : Teneur en matières volatiles des huiles purifiées par la Bentonite et le Kaolin

III.3.4. Indice d'acidité

Les résultats obtenus concernant l'indice d'acidité (IA) (figure III.19) montrent que ce dernier diminue après mise en contact avec les argiles, il de 0,70 pour l'huile usagée à 0,32 et 0,40 avec l'utilisation de la bentonite et du kaolin, respectivement. Cette diminution est d'autant plus marquée quand la masse de l'argile utilisée dépasse 2 grammes et elle est plus prononcée avec l'utilisation de la bentonite. Cette baisse est sûrement liée à la fixation par l'argile utilisée, d'une quantité des AGL contenus dans les huiles usagées.



Figure III.19: Evolution de l'indice d'acidité en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée pour la purification

III.5. Indice de saponification

Les résultats représentés sur la figure III.20 indiquent que l'IS a nettement baissé lors de la purification de l'huile usagée avec les deux argiles étudiées. Comme dans le cas des autres paramètres définis, l'augmentation de la masse d'argile engendre une diminution de l'IS, cependant le kaolin semble avoir plus de pouvoir sur ce paramètre que la bentonite.

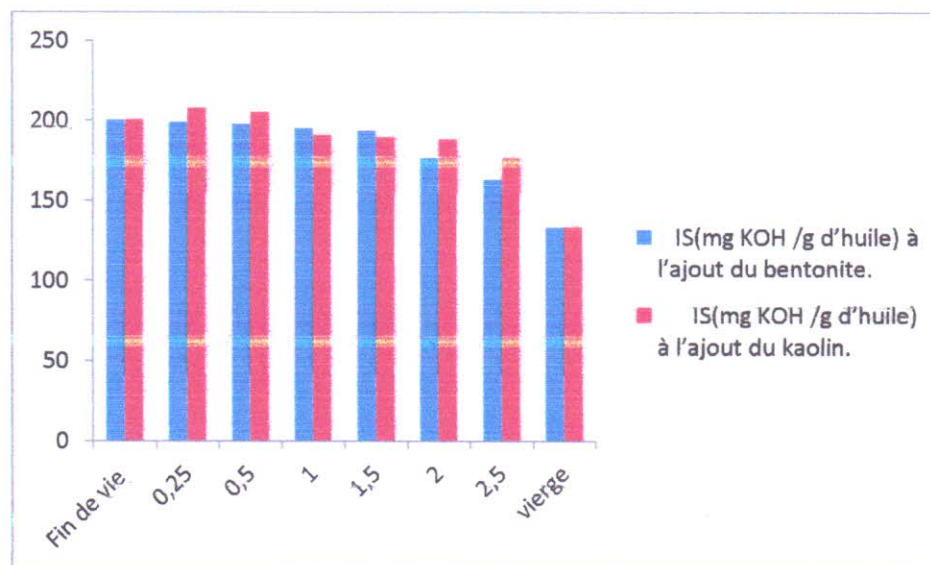


Figure III.20 : Evolution de l'indice de saponification en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée pour la purification

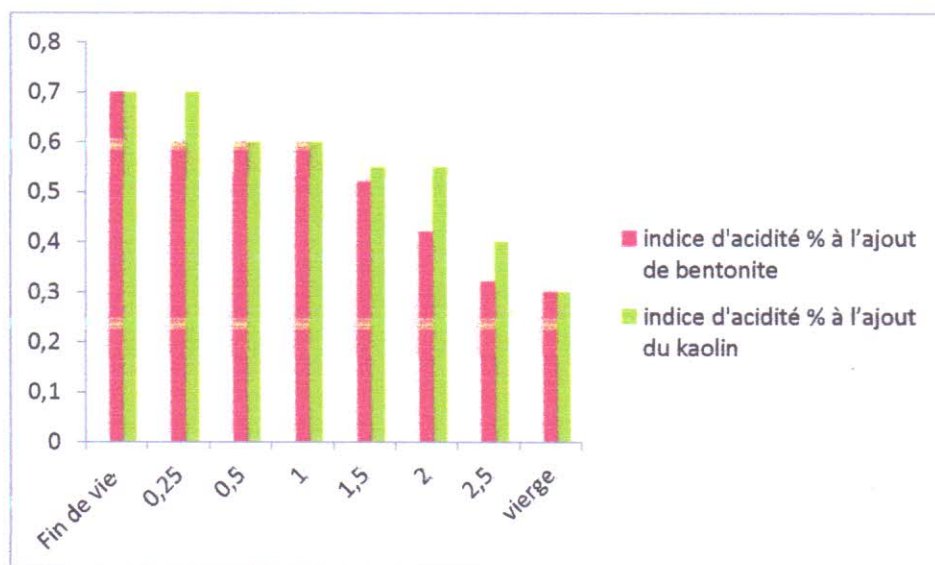


Figure III.19: Evolution de l'indice d'acidité en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée pour la purification

III.5. Indice de saponification

Les résultats représentés sur la figure III.20 indiquent que l'IS a nettement baissé lors de la purification de l'huile usagée avec les deux argiles étudiées. Comme dans le cas des autres paramètres définis, l'augmentation de la masse d'argile engendre une diminution de l'IS, cependant le kaolin semble avoir plus de pouvoir sur ce paramètre que la bentonite.

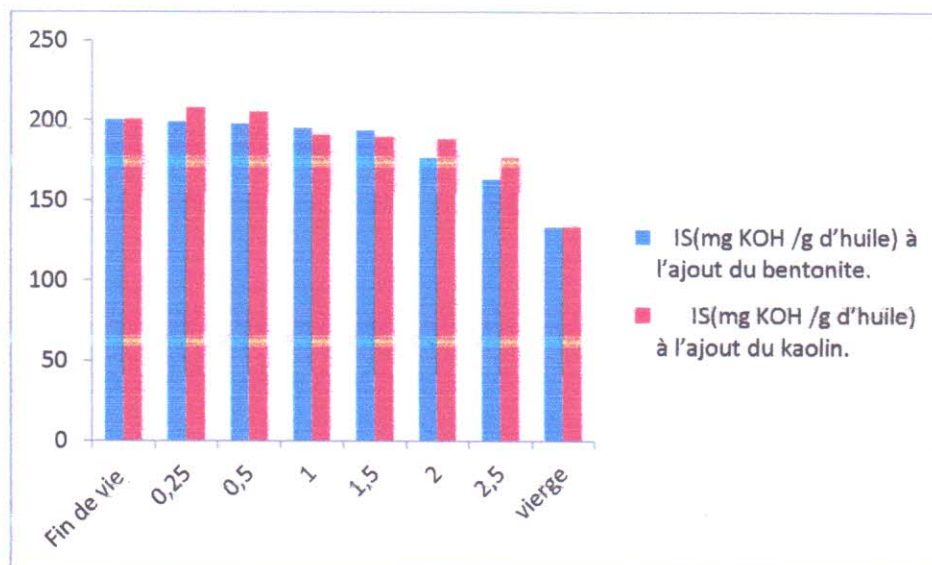


Figure III.20 : Evolution de l'indice de saponification en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée pour la purification

III.6. Indice de peroxyde

L'IP qui est de 16 meqd'O₂/kg pour l'huile usagée (figure III.21) diminue lors de la purification pour atteindre 4 meqd'O₂/kg d'huile avec la bentonite, et 6,2 meq d'O₂/kg d'huile avec le Kaolin. Cela signifie que la bentonite a un plus grand pouvoir adsorbant des peroxydes contenus dans l'huile usagée.

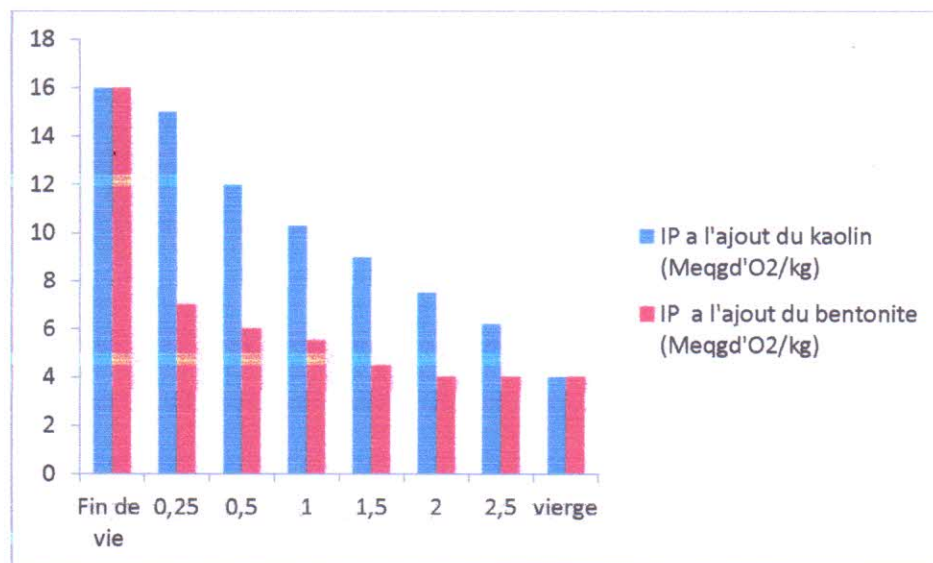


Figure III.21 : Evolution de l'indice de peroxyde en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée

III.7. Indice d'iode

Les résultats de la variation de l'Ii représentés sur la figure III.22 révèlent que cet indice augmente avec l'augmentation de la quantité d'argile utilisée, avec une masse de 2,5 g, on s'approche de la valeur de l'Ii caractéristique de l'huile vierge (134,33). Un Ii = 130,65 est obtenu avec l'utilisation de 2 g de bentonite.



Figure III.22: Evolution de l'indice d'iode en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée

III.8. Teneur en chlorure de sodium

Les résultats montrés sur la figure III.23 révèlent que le kaolin et la bentonite sont de adsorbent bien le sel contenu dans les huiles usagées. Les valeurs obtenues avec une masse d'argile de 2 g sont inférieures (0,011g/100g et 0,024g/100g avec la bentonite et le kaolin, respectivement) à celle de l'huile avant utilisation (0,035g/100g).

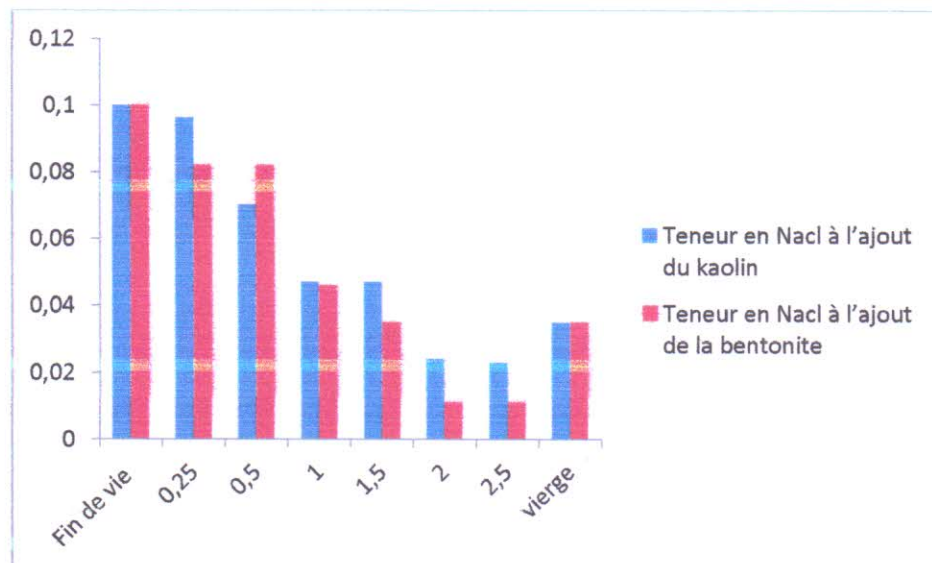


Figure III.23 : Evolution de la teneur en chlorure de sodium en fonction de la nature et de la masse d'argile utilisée

Conclusion

Conclusion Générale

Lors du processus de friture, plusieurs dégradations se produisent au niveau des acides gras. La température employée, les aliments qui y sont frits et la présence d'oxygène dans l'huile sont les principaux facteurs qui induisent ces dégradations. Sous l'effet de l'eau contenue dans les aliments, de l'air et des aliments eux-mêmes, l'huile chaude subit des transformations chimiques conduisant à la formation de composés polaires, la diminution de certains composés d'intérêt nutritionnel, l'apparition de composés volatils responsables d'odeurs désagréables et l'apparition de composés non volatils qui s'avèrent toxiques à fortes doses.

Le travail réalisé ici avait plusieurs objets; diagnostic du problème des huiles de friture à l'échelle locale, détermination de leur qualité physico-chimique par analyse des paramètres les plus significatifs et enfin essais de leur valorisation après leur purification, par leur réintroduction dans l'alimentation,

Les résultats de ce travail peuvent résumés ainsi :

- L'évaluation des paramètres physico-chimiques de l'huile de friture étudiée, a révélée une dégradation progressive de la plus grande des ces paramètres, ce qui se traduit par la perte de la qualité initiale de ces l'huile. Cependant certains d'entre eux reste comme même conformes aux normes Algérienne et du codex Alimentarius.
- Concernant les résultats de la purification des huiles usagée moyennant deux argiles locales bon marché, nous retiendront ce qui suit:
 - La grande partie des paramètre physico-chimiques évalués comme (l'indice d'acide, l'indice de peroxyde, l'indice d'iode, la teneur en matières volatiles et en sel) sont nettement améliorés et ne dépassent pas les normes fixés par le ministère de commerce Algérien, pour les huiles à usage alimentaire. La Bentonite a montré globalement, un meilleur pouvoir purifiant comparée au Kaolin .
 - Au vue de ces résultats qui semblent intéressants, il serait judicieux de compléter ce travail par d'autres études :
 - La recherche de méthodes adéquates pour l'analyses des AG.
 - La purification des AGL par distillation.
 - L'analyse de la teneur en métaux pro-oxydants et en métaux lourds.

Conclusion Générale

- Elargir l'étude de la purification par l'optimisation des paramètres qui influent le plus l'adsorption sur argile.
- Etude de la possibilité de la réintroduction des huiles usagées purifiées dans l'alimentation humaine et/ou animale.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques.

A

- **A.BARKA.** Évaluation des indices de nature physico-chimiques de quelques huiles alimentaires de friture et impact sur la santé du consommateur. Mémoire fin d'étude université de Tlemcen **2016**.
- **Awad,S.,Basa I-A.,Paraschiv,M.,Kumar , S.et Tazrout,M. (2009).**caractérisation et optimisation de la production de biodiesel à partir de l'huile de friture usagées.19 éme congrès Français de Mécanique,Marseille.16p.
- **A.POUZET.** Raffinage des corps gras In : manuel des corps gras. Tome:1.Ed: techniques et documentation. Paris. **1992**.

B

- **Blumenthal MM .**The science and technology of frying.Food Technology International, p. 69-70 (1997).

C

- **Castellanelli , C.A. et de mello , C.L.(2007).** Analysis of the used fried oil environmental perspective and its possibilities for production of biodiesel.University of Santa Maria (UFMS) Brazil.10p
- **Crump-Wiesner H. J. et Jennings A. L., 1975.** Properties and effects of nonpetroleum oils, Proceedings of the 1975 conference on prevention and control of oil pollution, San Francisco, California, March 25-27, 1975, American Petroleum Institute, Washington D. C., pp. 29-32.
- **Cuvelier M.E., Maillard M.N.** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. *Oil seeds Fats Crops and Lipids*, 19(2): 125-132. **2012**.
- **CODEX STAN 210-1999.**

D

- **Debruyne.** Transformation et aspect industriels : technique de l'ingénieur, traité

Références bibliographiques

agroalimentaire 2001.

- **DEBRUYNE, Ignace.** Soja : <transformation et aspect industriels>, Technique de l'ingénieur F 6030, 128-9064 mars 2001.
- **Dobarganes C.** Formation and analysis of high molecular-weight compounds in frying fats and oils. OCL, Vol. 5, n°1, p. 41-47 (1998)
- **Dandik L. and Aksoy H.A.** Converting used oil to fuel and chemical feedstock through the use of a fractionating pyrolysis reactor. Proceedings of the World Conference on Oilseed and Edible Oils Processing, Istanbul, Oct. 6-10 1996, p. 126-129 (1998).

E

- **EL SHAMI S.M., ZAKI SELEM I., EL ANWAR I.M. & EL MALLAH H.** (1992). Dielectric properties for monitoring the quality of heated oil. J.A.O.C.S. vol 69, N°9.
- **E. SRASRA,** Argile et acidité. Mécanisme de l'activation acide et propriétés résultantes. Thèse Doctorat d'état Es-sciences physiques, Faculté des sciences de tunis 2002.
- **E. CAMPBELL.** Sunflower oil. Journal of American Oil Chemist's Society. 1983.

F

- **François. L. 1974 :** les industries des corps gras : biochimie, extraction, raffinage, nuisances et réglementation. Paris, loisir.

G

- **GERTZ C. (2008).** Optimum deep frying, from the Food Industries Association of Austria, F.I.A.A. from June. pp: 125 – 135.
- **GERTZ, C., et Kochhar, P. (2001).** A new method to determine oxidative stability of vegetable fat and oil at stimulated frying temperature, oléagineux-cors gras-lipides, 8(1) :82-93.

Références bibliographiques

- **Gornay Julien**. Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acide gras. Application à la valorisation chimique des déchets lipidiques Institut national polytechnique de lorraine. Département de chimie physique des réactions. **2006**.
- **GUETTAR T. et HAMOUNI Z. (2015)**. effet de l'augmentation du nombre de friture sur la stabilité de l'huile « elio ». Mémoire d'ingénieur d'état. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.
- **Golob's Oil Pollution Bulletin, 1998b**. Panamanian tanker spills palm oil in deadly explosion on the Mississippi River, Golob's Oil Pollution Bulletin, X (24), p. 6.
- **Girin, M., 2000**. Circonstances et causes des pollutions maritimes accidentelles récentes, Séminaire international . 'Les régions et la prévention des catastrophes maritimes', Brest, 2-3 novembre 2000, Conférence des régions périphériques maritimes, 9 p.
- **G. RODRIGUEZ et R. JUAN**. raffinage physique .Institut de la grasas y aceites csic. **1999**.
- **Graille J.** Réactions chimiques induites par la friture. OCL, Vol. 5, n°1, p.36-40 (1998).
- **GRANDGIRRAD A. et JULLIARD F. (1987)**. Corps gras. Rev. Fse, (34). pp: 213 – 219.

J

- **J. EVRARD, J. BAUDET et P. BURGHART**. Conditionnement transformation. Produits : Cahier Technique Tournesol Ed. CETIOM. **1986**.
- **J. COSSUT**, « Les corps Gras : Entre Tradition et Modernités », DESS QUALMAPA, université des Sciences et Technologie de Lille (**2002**).
- **JUDDE 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.

K

- **Karleskind A.** Manuel des corps gras. Tech. et Doc., Paris (**1992**).
-
-

Références bibliographiques

L

- **Le Floch E., Acker P., Ramel P., Lanteaume M. T., Le Clerc A. M.** 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. **1968.**
- **Le Goff G. et Marchand M., 1998.** Observation of a palm kernel oil spillage in the English Channel, Proceedings of the 15th Technical Seminar on Chemical Spills, Edmonton, Alberta, June 8-9, 1998, Environment Canada, Ottawa, pp. 75-82.
- **Laisney,** Obtention des corps gras. In Manuel des corps gras. Volume 1. Ed. Tec et doc. Lavoisier **1992.**
- **Lion,** Travaux pratiques de chimie organique. Ed. Dunod, Paris **1955.**

M

- **Mellema M,** Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried food. Trends in Food Science and Technology 14: 364-373. **2003.**
- **Mc.Carter,** Attapugus clay , U.S.Patent,2,477,386,**1994.**
- **marché mondial des oléagineux - juin 2018.**
- **Marchand M. et Kantin R., 1995.** Contaminants chimiques en milieu aquatique, 1re partie, Oceanis 21 (2), 430 p.
- **Melton SL., Jafar S., Sykes D., Tigriano MK.** Review of stability measurements for frying oils and fried food flavour. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 71, p. 1301-1308 (**1994**).
- **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*, pp:1324-1326.
- **Monika Choudhary, Kiran Grover.** Effect of Deep Fat Frying on Physicochemical Properties of Rice Bran Oil Blends. *IOSR Journal of Nursing and Health Science*. E-ISSN: 2320-1959, p- ISSN: 2320-1940 Volume 1, Issue 4 (May – Jun. **2013**), PP 01-10.
- **Mode opératoire** utilisé par **CEVITAL** avec la norme (**ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996**).
- **Mode opératoire** utilisé par **CEVITAL** avec la norme (**ISO 3960 Quatrième édition 2007**) .

Références bibliographiques

- **Mode opératoire** utilisé par **CEVITAL** avec la norme (**ISO 3961 Troisième édition 01-06-1996**).
- **Mudge S. M., 1995.** Deleterious effects from accidental spillages of vegetable oils, *Spill Science & Technology Bulletin*, 2 (2/3), pp. 187-191.
- **Mudge S. M., Goodchild I. D. et Wheeler M., 1995.** Vegetable oil spills on salt marshes, *Chemistry and Ecology*, 10, pp. 127-135.
- **Mudge S. M., Salgado M.A. et East J., 1993.** Preliminary investigations into sunflower oil contamination following the wreck of the M. V. Kimya, *Marine Pollution Bulletin*, 26, pp. 40-44.

N

- **Naudet M.** Corps gras. Techniques de l'ingénieur, K 330 – 1.
- **N. CHEKROUN.** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales: Huile Afia. mémoire Master université de Tlemcen **2013**.
- **Newman G. G. et Pollock D. E., 1973.** Organic pollution of the marine environment by pelagic fish factories in the Western Cape, *South African Journal of Science*, 69, pp. 27-29.

O

- **O'BRIEN R.D. (2009).** Fat and oils: formulating and processing for applications. 3^{ème} Edition. CRC Press, USA. pp : 43 – 47.
- **OSIR, 1997b.** Mystery goo in Monterey Bay oils migrating water fowl, OSIR (Oil Spill Intelligence Report), XX (42), p. 2.
- **OSIR, 1998b.** Tanker blast kills one, spills fuel and palm oil in Mississippi, OSIR (Oil Spill Intelligence Report), XXI (43), p. 1.

P

- **Paul Heness.** Making your frying oil last the distance .Heat and Control Technical Advisor, Australia December **2008**.
- **Perkins E.G.**The analysis of frying oils and fats and oils.J. Am. Oil Chem. Soc., 65, p. 520-525 (**1988**).
- **Perrin ,J.L.(1992).**Analyse des corps gras,détermination de l'altération .In : Manuel des corps gras.Tome 2.Ed.Tec et doc :1015-1031.
- **Percy-FitzPatrick Institute of African Ornithology, 1974.** Fish oil kills sea birds, *African Wildlife*, 28 (4), pp. 24-25.

Références bibliographiques

R

- **R. FRANCOIS**, « Les industries des corps gras », Technique et Documentation Paris (1974).
- **Rigger D.**, 1997. Edible oils : are they really that different?, Proceedings of the 1997 International Oil Spill Conference, Fort Lauderdale, California, April 7-10, 1997, American Petroleum Institute, Washington D. C., pp. 59-61.
- **Russel D. J. et Carlson B. A.**, 1978. Edible-oil pollution on Fanning Island, Pacific Science, 32 (1), pp. 1-15.

S

- **SAAD B., WAI WT., LIM BP. and SALEH MI.** Flow Injection Determination of Peroxide Value in Edible Oils Using Triiodide Detector. *Analytica Chimica Acta.*, 565: 261-270. (2006).
- **Smith D. W. et Herunter S. M.**, 1989. Oiseaux touchés par un déversement d'huile de colza dans le port de Vancouver, février 1989, Bulletin de lutte contre les déversements (Spill technology Newsletter), 14 (14), pp. 3-6.
- **Statista Research Department** mise à jour le 14 mai 2019.
- **Stevenson S.G., Vaisey Genser M., Eskin N.A.M.** Quality control in the use of deep frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, p. 1102-1108 (1984).

T

- **T. DIATTA.** "contribution à l'étude de La qualité des corps gras alimentaires commercialisés au Sénégal: les huiles végétales." Thèse Université de Sénégal 1999.

U

- **Uzzan A.** Olive et huile d'olive. In «Manuel des corps gras». Tome 1, Ed. Lavoisier, Paris, pp 221-228. 1992.

V

- **Valofrit. (2007).** Obligation de reprise des huiles et graisses de friture usagées (HGFU). Direction général des ressources naturelles et de l'environnement (DGRNE). 16p
- **Vanessa P.** Développement d'antioxydants pour les huiles de friture et contribution à l'étude du mécanisme de formation des monomères cycliques à partir d'acides gras omega-3. Mémoire, Maîtrise en sciences et technologie des aliments, Université Laval Québec, Canada. 2015.

Références bibliographiques

W

- **Wassef,W.et Nawar.(1996).**lipides.3ème édition.Ed.oven R Fennema : 225-237.
- **Wei-an Chen, Chihwei P. Chiui, Wei-ei Chih Cheng, Chao-Kaihsu and Meng-i Kuo.** Total Polar Compounds and Acid Values of Repeatedly Used Frying Oils Measured by Standard and Rapid Methods. Journal of Food and Drug Analysis, Vol. 21, No. 1, **2013**, Pages 58-65.

Sites Internet

- **ADEME, Produits renouvelables : vers un nouvel âge d'or du végétal ? Colloque du 15janvier 2002 : www.ademe.fr**
- **ADEME, Rapport sur les huiles usagées, 2002, www.ademe.fr**
- **SudRecup, Rapport de communication, 2004, www.sudrecup.com**

Résumé

Notre étude porte sur une huile alimentaire commercialisée en Algérie. Le travail pratique est réalisé en deux parties. L'objectif de cette étude en première partie est d'évaluer l'impact de la friture sur l'huile Elio par le suivi des paramètres physiques (humidité, densité, Indice de réfraction) et chimiques (indice d'acide, indice de saponification, indice de peroxyde et la teneur en chlorure de sodium) En effet, les résultats montrent que l'utilisation de 8 fritures entraînent des petites modifications dans les caractéristiques de cette huile, celles-ci restent conformes aux normes en vigueur sauf pour la dernière friture (fin de vie), tandis que la deuxième partie consiste à valoriser les huiles de fritures usagées en utilisant une décoloration à l'aide de deux argiles (bentonite, kaolin) et en refaisant le suivi des paramètres physico-chimiques. Les valeurs obtenues montrent que la décoloration par la bentonite est mieux que la décoloration par le Kaolin, donc la décoloration par Bentonite est une bonne voie pour valoriser les huiles de fritures usagées.

Mots clés : friture, huiles friture usagée, valorisation des huiles de fritures usagées, acides gras libres, acides gras (saturés ou insaturés).

Abstract

Our study focuses on a food oil marketed in Algeria. The practical work is done in two parts. The objective of this study in the first part is to evaluate the impact of frying on Elio oil by monitoring the physical parameters (humidity, density, refractive index) and chemical (acid index, saponification index, peroxide index and sodium chloride content) Indeed, the results show that the use of 8 fries cause small changes in the characteristics of this oil, they remain in compliance with the standards in force except for the frying (End of life), while the second part consists in valuing used cooking oils by using a discoloration using two clays (bentonite, kaolin) and redoing the monitoring of physico-chemical parameters. that discoloration by bentonite is better than discoloration by Kaolin, so discoloration by Bentonite is a good way to value used cooking oils.

Key words: frying, used frying oils, recovery of used cooking oils, free fatty acids, fatty acids (saturated or unsaturated).