

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ BLIDA 1

Faculté de Technologies / Département Génie des Procédés

Mémoire de fin d'étude

Envue de l'obtention du diplôme de Master 2 en génie des procédés

Spécialité

Gestion durable des déchets et procédés de traitements

Thème

**Impact des huiles de fritures usagées sur
l'environnement et leur valorisation en savonnerie.
Cas de l'entreprise ECOVA.**

Présenté par:
KEBICHE Fatma Zohra Besma
MELLAS Mohamed Redha

Encadré par:
Mrs CHANANE Kamal
Mrs AREZZOU Abdelhamid

Promotion 2023

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah Le Tout-Puissant de nous avoir donné la connaissance, le courage, la volonté et la patience nécessaires pour mener à terme nos études et notre mémoire de fin de cycle et pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude envers Monsieur Kamal Chanane du département génie des procédés pour son encadrement et ses conseils précieux. Ses contributions ont été d'une importance capitale dans la réalisation de notre travail. De plus, nous remercions chaleureusement Dr. K. Boutemak pour ses conseils avisés. Leur expertise et leur soutien ont été d'une grande valeur pour nous. Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance envers les ingénieurs du laboratoire de l'université pour leur précieuse collaboration. Leur expertise et leur engagement ont contribué de manière significative à la réussite de notre projet.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers l'entreprise Ecova pour leur soutien et leur collaboration précieuse tout au long de la réalisation de ce mémoire. Leur contribution a été d'une importance capitale pour la réussite de notre travail de recherche.

Nous souhaitons également remercier chaleureusement le département Génie des procédés de l'université de Blida 1 pour leur encadrement et leur appui tout au long de notre parcours académique. Leur expertise et leur dévouement ont été des facteurs déterminants dans l'aboutissement de ce mémoire.

C'est avec humilité que nous adressons ces remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien nous a permis de progresser dans notre cheminement académique et professionnel, et nous leur en sommes infiniment reconnaissants.

Dédicaces

Je remercie Allah Le Tout-Puissant de m'avoir donné la connaissance, le courage, la volonté, la patience de mener à terme mes études et mon mémoire de fin de cycle.

Je remercie Monsieur Kamal Chanane enseignant au département génie des procédés pour m'avoir encadrée et suivie dans mon travail et m'avoir soutenue avec ses conseils précieux.

Je saisis l'occasion pour dédier ce travail à mon cher Père et à ma chère Mère qui m'ont soutenue et m'ont encouragée dans les moments les plus difficiles.

A mes frère Yacine et Yanis et à ma petite sœur Mélissa pour leur patience avec moi et leur affection pour moi.

A toute ma famille et tous mes amis et à mon binôme Redha

Tous les enseignants du département génie des procédés de l'université de Blida 1, et tous ceux qu'ils ont contribué à ma formation.

Besma.

Dédicaces

Je remercie Le Bon Dieu de nous avoir donné la volonté pour accomplir
ce travail que je dédie tout d'abord:

A l'âme de ma très chère maman

Je suis certain qu'aucun remerciement aucune dédicace n'est suffisante pour
décrire l'amour que je porte pour toi chère maman.

Ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui a fait tout pour ma
réussite, j'aurai bien voulu qu'elle soit présente là avec moi m'encouragé et me
soutenir encore ... Mais Dieu a voulu qu'elle nous quitte vers un monde
meilleur avec sa grâce.

Que Dieu t'accorde la paix éternelle et t'accueille dans son vaste paradis.

A mon père

Qui m'a aidé à de venir ce que je suis aujourd'hui, que Dieu le garde et le
protège

A ma chère sœur

Ma sœur, je suis tellement reconnaissant de t'avoir dans ma vie. Tu es une
source d'amour et de soutien sans fin. Je ne serais pas là où je suis aujourd'hui
sans toi. Merci d'avoir été là pour moi à chaque étape de ma vie. Je t'aime A
mon cher frère Aboubakr :

Que je lui souhaite tout le Bonheur du monde

Mon meilleur ami Sami

"Il y a une personne spéciale que je voudrais remercier aujourd'hui... Mon
meilleur ami Sami . Merci de m'avoir soutenu tout au long de ce parcours et
d'être là pour moi. Cette réussite est autant la tienne que la mienne

Mon binôme Besma

a qui je dédie particulièrement ce travail qu'on a partagé ensemble

Et a toute ma famille et tous mes amis

Redha.

المخلص:

سبب زيوت القلي أو زيوت الطعام المستعملة تأثيرات ومشاكل خطيرة على البيئة من خلال التسبب في تلوث المياه على نطاق واسع على السطح وكذلك انسداد شبكات الصرف الصحي. لقد أتاح لنا عملنا داخل مؤسسة ECOVA متابعة عملية استعادة زيوت الطعام المستعملة واستعادتها من خلال تفاعل التصبن البارد. تقوم هذه المؤسسة بجمع وتحويل 15000 لتر شهريا من الزيوت الغذائية المستعملة وتحويلها إلى مواد أولية لصناعة الصابون. يكتمل هذا العمل بتوصيف الزيوت ومقارنة بين التصبن البارد المستخدم في ECOVA والتصبن الساخن الذي يتم إجراؤه في المختبر.

الكلمات المفتاحية: زيت الطعام المستعمل، الاسترداد، حماية البيئة، التصبن، الصابون.

Résumé :

Les huiles de friture ou les huiles usagées alimentaires causent impacts et de graves problèmes sur l'environnement en provoquant une pollution de l'eau à grande échelle à la surface et aussi des colmatages dans les réseaux d'assainissement. Notre travail au sein de l'établissement ECOVA, nous a permis de suivre le procédé de récupération des huiles usagées alimentaires et de leur valorisation par la réaction de saponification à froid. Cet établissement collecte et transforme 15.000 litres par mois des huiles usagées alimentaires et les transforme en matière première pour la fabrication du savon. Ce travail est complété par une caractérisation des huiles et une comparaison entre la saponification à froid utilisée dans ECOVA et la saponification à chaud réalisée au laboratoire.

Mots clés : Huile alimentaire usagée, Valorisation, Protection de l'environnement, Saponification, Savon.

Abstract :

Frying oils or used edible oils cause impacts and serious problems for the environment by large-scale water pollution on the surface and also blockages in sewage networks. Our work at the ECOVA plant enabled us to follow the process of recovering used edible oils and putting them to good use through the cold saponification reaction. The plant collects and processes 15,000 litres per month of used edible oils and transforms them into a raw material for soap production. This work is completed by a characterisation of the oils and a comparison between the cold saponification used in ECOVA and the hot saponification carried out in the laboratory.

Key words: Used edible oil, Valorization, Environmental protection, Saponification, Craft manufacturing, Soap.

Liste des abréviations

ECN : Espèces chimiques nouvelles

HAU : Huiles Alimentaire Usagée

ERPA : Emission réduction purchase agreement

STEP : Station d'épuration des eaux usées

PAC : Politique commune agricole

AG Acide gras

Liste des symboles

E : Echantillon

R : Rendement en %

V :Volume en litre

μ :Viscosité

ρ :Masse volumique en g/cm^3

Liste des figures

Figure 1.1	Structure générale d'une huile végétale.....	3
Figure 1.2	Structure des acides gras insaturés	4
Figure 1.3	Extrait du décret 06-104 sur la classification des huiles alimentaires usagées	6
Figure 1.4	structure générale d'acide linoléique.....	6
Figure 1.5	Réactions croisées intervenant dans l'huile lors de son utilisation en friture	7
Figure 1.6	Réaction de transformation des huiles vierges lors de la friture	7
Figure 1.7	Répartition mondiale des différentes huiles végétales alimentaires	9
Figure 1.8	Consommation mondiales de principales huiles végétales.....	11
Figure 1.9	Les principales marques d'huile de table en Algérie.....	11
Figure 1.10	Formule chimique d'un corps gras	18
Figure 1.11	Formation de micelles en solution.....	19
Figure 1.12	Le détachement des impuretés grasses.....	20
Figure 2.1	Logo de l'entreprise ECOVA	21
Figure 2.2	Situation de l'entreprise ECOVA	21
Figure 2.3	Organigramme hiérarchique Ecova.....	23

Figure 2.4	Fût de collecte des HAU	25
Figure 2.5	Cuve de 1000 litres pour stockage des HAU.....	25
Figure 2.6	Filtration des huiles usagées par tamis.....	27
Figure 2.7	Procédé de décantation et filtration	27
Figure 2.8	Procédé de saponification	27
Figure 2.9	Les moules	28
Figure 2.10	La boudineuse	29
Figure 2.11	Produit fini d'ECOVA	29
Figure 3.1	Densimètre lesté	31
Figure 3.2	Densimètre dans l'échantillon d'huile à mesure	33
Figure 3.3	pH-mètre	34
Figure 3.4	Dessiccateur	35
Figure 3.5	Une étuve	38
Figure 3.6	Un réfractomètre	38
Figure 3.7	Etape de la réaction de saponification à froid	39
Figure 3.8	Etape de la réaction de saponification à chaud	41
Figure 3.9	Papier pH	43
Figure 3.10		44

Liste des tableaux

Tableau 1	Température critique de quelque huile utilisée.....	5
Tableau 2	Composition d'huile après utilisation	9
Tableau 3	Composition des huiles alimentaires produites en Algérie	12
Tableau 4.1	Résultats de mesure des densité	42
Tableau 4.2	Résultats de mesure des masses volumiques.....	42
Tableau 4.3	Résultats de mesure de pH.....	43
Tableau 4.4	Résultats de mesure de la teneur en eau.....	43
Tableau 4.5	Résultats de mesure de l'indice de réfraction.....	44
Tableau 4.6	pHs après lavage de chaque échantillon.....	44
Tableau 4.7	Rendements de la réaction de saponification.....	45
Tableau 4.8	La teneur en eau	45
Tableau 4.9	pH des deux savons.....	46
Tableau 4.1	Comparaison entre la saponification à chaud et la saponification à froid .	

Introduction Générale

Il est vrai que les habitudes alimentaires des algériens ont subi des changements importants au fil des années en raison de l'urbanisation et de l'évolution des modes de consommation. Cela a entraîné une augmentation considérable de la quantité de déchets produits.[1]

En outre, l'utilisation d'huiles de friture est devenue une source importante de calories pour de nombreux habitants des pays en développement, y compris l'Algérie. Les aliments frits sont très populaires en raison de leur goût savoureux, de leur couleur et de leur texture croustillante. [3]

Cependant, il est important de noter que la consommation excessive d'aliments frits peut avoir des effets néfastes sur la santé, tels que l'obésité, les maladies cardiaques et le diabète. Les huiles alimentaires usagées peuvent être très nuisibles pour l'environnement si elles sont rejetées dans l'égout ou dans la nature. Elles peuvent provoquer des problèmes de pollution des eaux de surface, car elles ont tendance à former une pellicule à la surface de l'eau, empêchant ainsi l'oxygène de pénétrer dans l'eau et menaçant ainsi la faune et la flore aquatique d'asphyxie.[1]

De plus, les huiles de friture usagées peuvent provoquer des dysfonctionnements des stations d'épuration des eaux usées. En effet, lorsqu'elles sont rejetées dans les égouts, ces huiles ont tendance à se solidifier et à former des bouchons dans les canalisations et les équipements de traitement, ce qui peut entraîner des coûts de réparation importants.[3]

Il est donc crucial de promouvoir des habitudes alimentaires saines et de sensibiliser la population à la gestion responsable des déchets. Les autorités locales peuvent également mettre en place des programmes de collecte et de recyclage des huiles de fritures usagées pour minimiser leur impact sur l'environnement.

La valorisation des huiles alimentaires usagées peut se faire par différents procédés. Le plus courant est la transformation en biocarburant pour les véhicules. Les huiles peuvent également être utilisées dans la fabrication de produits cosmétiques, de produits de nettoyage ou encore de savons.[4]

En valorisant les huiles alimentaires usagées, non seulement nous réduisons leur impact environnemental, mais nous créons également de nouvelles débouchés économiques pour ces déchets. C'est pourquoi il est important de continuer à promouvoir la collecte et la valorisation des huiles alimentaires usagées.

Par souci de protection de l'environnement contre cette pollution par les HAU qui touchent les écosystèmes terrestres et aquatiques, nous nous sommes intéressés dans le présent mémoire de fin de cycle à la valorisation des huiles alimentaires usagées effectuée par l'entreprise Ecova. Cette entreprise qui collecte et traite 15000 litres d'huiles usagées par mois, suggère une solution à ces problèmes écologiques en les valorisant en cosmétologie pour la fabrication d'un savon.

Le manuscrit a été structuré comme suit ; une partie bibliographique où nous avons regroupé des généralités sur les huiles alimentaires usagées, leurs impacts sur l'environnement et leur gestion.

La partie expérimentale décrit le matériel et les méthodes avec les résultats et discussions :

- Nous avons examiné la gestion des HAU de la société ECOVA ainsi que le procédé de valorisation.
- L'analyse des huiles de friture usée.
- L'analyse du savon produit à partir de ces huiles

Nous avons finalisé notre travail par une conclusion et des recommandations sur la gestion de HAU en général.

1.1. Les huiles végétales alimentaires

1.1.1. Définition

Les huiles végétales sont des substances naturelles issues des graines et des fruits oléagineux. Ce sont des composés organiques volatils, hydrophobes et parfois amphiphiles, insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques non polaires elles sont produites par le secteur agroalimentaire quand elles sont destinées à la commercialisation. Ce sont des corps gras extraits à partir des différentes graines.

Les oléagineux sont des plantes contenant des graines qui servent à produire industriellement de l'huile. Parmi les plantes cultivées, nous citons : l'arachide, l'olivier, le colza, le ricin, le soja et le tournesol. En général toutes les graines contiennent de l'huile [1].

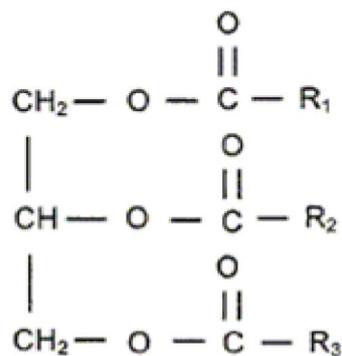


Figure 1.1 : Structure générale d'une huile végétale. R1,R2,R3 désignent des chaînes d'acides gras[2].

1.1.2. Les différentes utilisations des huiles végétales

Les huiles végétales peuvent être de multiples usages : alimentaires, cosmétiques, pharmaceutiques et énergétique [3] exemple :

- L'alimentation (friture et assaisonnement)
- Cosmétique (savon et détergent)
- Pharmaceutique (produit de beauté et de crème)
- Énergétique (production d'électricité et biocarburant)

1.1.3. Composition des huiles végétales

Les huiles alimentaires sont constituées à 100 % de lipides environ 99 % de triglycérides le reste étant composé principalement de lécithines - suivant l'huile - et de vitamine E. Ce sont un mélange de triglycérides esters glycériques et d'acides gras différents dont la composition moyenne est connue. Leur teneur élevée en acides gras mono-insaturés ou polyinsaturés est bénéfique pour la sante.

On peut mesurer le degré d'insaturation global d'une huile végétale en recherchant son indice d'iode. Plus celui-ci est élevé, plus l'huile contient des acides gras (AG) insaturés.

La vitamine E est liposoluble, c'est-à-dire soluble dans l'huile. Les huiles alimentaires contiennent de la vitamine E Antioxydant, la vitamine E protège les corps gras contre l'oxydation.

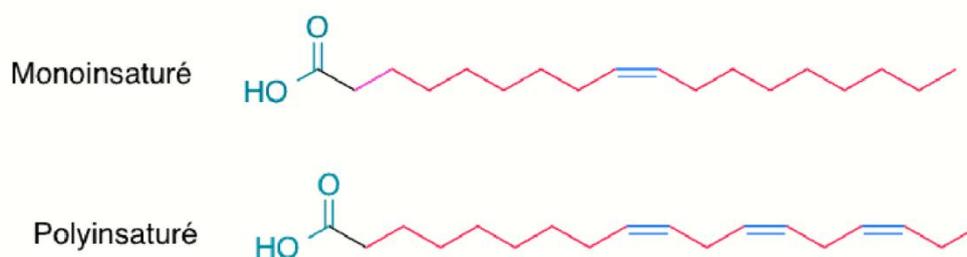


Figure 1.2: Structure des acides gras insaturés[2].

1.2. Les huiles végétales de friture

1.2.1. Définition

Ce sont des huiles stables à la chaleur, riches en acides gras saturés et mono insaturés, Pour chaque huile, il existe un point de fumée (ou température critique) qu'il ne faut pas atteindre ou dépasser. Quand l'huile atteint le point de fumée, ses composants se dégradent, forment des composés toxiques (Benzène, pyrène, acroléine) et huile fume. C'est pour cela que certaines huiles comme l'huile de noix dont le point de fumée est bas sont déconseillées pour la cuisson. Il est préférable de jeter une huile qui a fumé, ou même moussé.

Une fois que l'huile de friture est devenue usée ce qui veut dire impropre à la consommation. Elle est considérée comme un déchet spécial et la plupart de temps elle est déversée dans l'évier de cuisine ou dans la nature. [4]

1.2.2. Température critique de quelques huiles

Tableau 1: Température critiques de quelques huiles utilisées. [1]

Origine	Températures critiques en °C
Arachide	232(raffiné) ,160(non-raffiné)
Avocat	271
Carthame	200
Colza	204(raffiné) ,177(semi-raffiné) ,107(vierge)
Olive	242(raffiné) ,216(vierge) ,191(vierge-extra)
Tournesol	232(raffiné ou semi-raffiné) ,107(non-raffiné)
Pépin de raisin	216(raffiné)
Sésame	232(semi-raffiné) ,177(non-raffiné)
Soja	232(raffiné) ,177(semi-raffiné) ,160(non-raffiné)
Germe de maïs	232(raffiné) ,160(non-raffiné)
Noix	204(semi-raffiné) ,160(non-raffiné)
Pépin de courge	140
Palme	240 à 260

1.2.3. Aspect réglementaire

Actuellement, en Algérie la réglementation a fixé la loi n° 01- 19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et l'élimination des déchets, interdit le déversement de cette huile dans la nature et le réseau des eaux usées.[5].

Actuellement, la réglementation algérienne a fixé le décret exécutif n° 04-88 de l'Aouel Safar 1425 correspondant au 22 mars 2004 portant réglementation de l'activité de traitement et de régénération des huiles usagées. Dispositions général de la loi n°01-19, du 12 décembre 2001 énonce : Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soin, de services et toute autre activité qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent pas être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. Tout générateur et/ou détenteur de déchets est

tenu d'assurer ou de faire assurer la valorisation des déchets engendrés par les matières qu'il importe ou écoule et les produits qu'il fabrique.

1.2.4. Classification des huiles usagées alimentaires

Le Décret exécutif n°06-104 du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets spéciaux, classe les huiles de friture dans la catégorie des déchets spéciaux et postule le code 20.1.8.

	chlorofluorocarbones		l'environnement
20.1.8	Huiles et matières grasses alimentaires	S	
20.1.9	Huiles et matières grasses autres que celles visées à la rubrique 20.1.8	SD	Inflammable dangereuse pour l'environnement

Figure 1.3: Extrait du décret 06-104 sur la classification des huiles alimentaires usagées.

1.2.5. Composition des huiles alimentaires

D'un point de vue chimique, les huiles de friture sont composées de différents types d'acides gras, qui ont des propriétés différentes lorsqu'ils sont chauffés. Les acides gras insaturés, tels que l'acide linoléique, ont des liaisons doubles dans leur structure chimique qui sont plus susceptibles de se briser lorsqu'ils sont chauffés, ce qui peut entraîner la formation de composés toxiques et de radicaux libres.

Les huiles de friture avec une teneur plus faible en acides gras insaturés, comme les huiles de canola, d'arachide, ou de tournesol, sont donc préférables pour la friture à haute température car elles sont plus stables et ont moins de chances de produire des substances toxiques lorsqu'elles sont chauffées. Cependant, il est important de noter que même avec des huiles de friture stables, il est recommandé de ne pas les réutiliser plusieurs fois, car cela peut conduire à une accumulation de produits de dégradation et de composés toxiques dans l'huile.

[4]

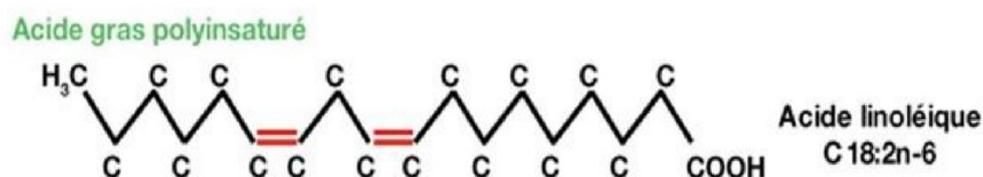


Figure 1.4 : structure générale d'acide linoléique. [6]

1.2.6. Dégradation des huiles de friture

À des températures élevées entre 160 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.

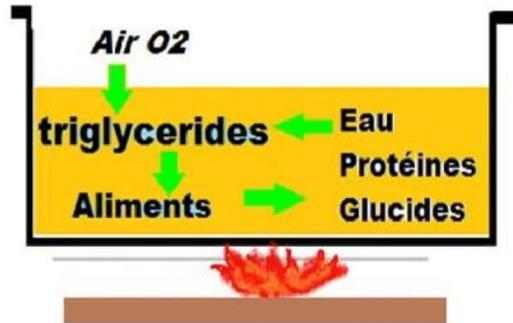


Figure 1.5: Réactions croisées intervenant dans l'huile lors de son utilisation en friture

a) Réactions d'oxydation

Au contact de l'oxygène de l'air, les réactions d'oxydation provoquent l'apparition d'arômes et un changement de couleur, souvent indésirable, dans les huiles de friture ou dans les produits frits. Ces composés d'oxydation 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 (figure 6).

Les cations métalliques (le fer ou le cuivre) peuvent aussi initier et accélérer les réactions d'oxydation.

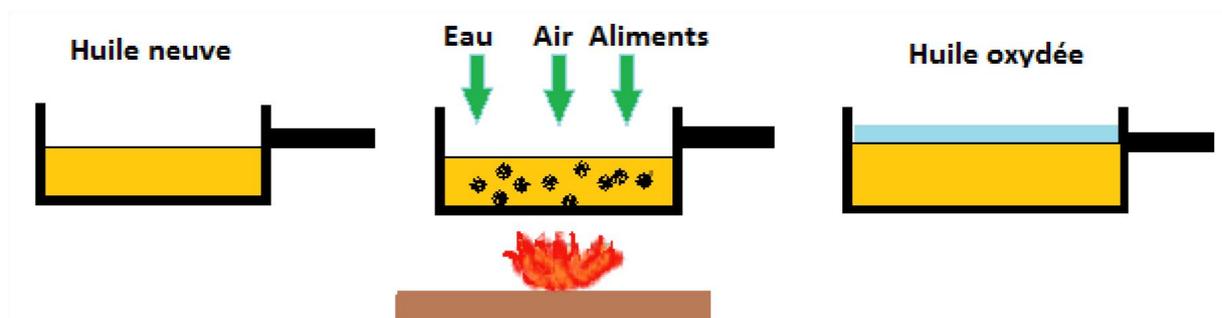


Figure 1.6 : Réaction de transformation des huiles vierges lors de la friture.

b) Réactions de polymérisation

Elles 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. [7]

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 du glycérol. Ces composés sont alors très sensibles aux réactions précitées et les produits qui en dérivent sont responsables de l'altération de la qualité organoleptique. La présence de résidus de produits de nettoyage caustique favorise les réactions d'hydrolyse.

Au fur et à mesure de leur dégradation, les corps gras du bain d'huile sont de plus en plus volatiles et le bain commence à fumer. Le point de fumée est la température à partir de laquelle le bain « fume » régulièrement et signale une dégradation continue et importante des matières grasses du bain.

Les corps gras usuels ont des points de fumée initialement compris entre 180°C et 230 °C. La dégradation des corps gras conduit à un abaissement significatif du point de fumée (170 °C et en deçà), augmente la viscosité des huiles et accroît la teneur en tensioactifs responsables de la formation de mousse à la surface du bain et de l'abaissement de la tension superficielle entre les aliments essentiellement aqueux et les huiles. 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, nous estimons à plus d'un millier le nombre d'espèces chimiques nouvelles (ECN) formées dans les huiles de friture usagées [8].

Tableau 2 : Composition d'huile après utilisation. [9]

Type d'altération	Origine	Composés formés
Oxydation	Oxygène de l'air	Monomères oxydés Dimères Composés volatiles
Thermique	Température du bain	Monomères cycliques non Dimères polaires
Hydrolyse	Eau des aliments	Acides gras libres Diglycérides

1.3. Le marché des huiles alimentaires

Les exigences réglementaires mondiales pour la protection de l'environnement obligent les Etats à s'orienter vers la production des produits respectueux dits écologiques. Cette nouvelle donnée a fait renaître l'utilisation des huiles végétales et leurs dérivés dans plusieurs domaines. Différents facteurs ont donc permis le retour de ces matières premières renouvelables : la conférence de Rio en 1992, la réforme de la politique commune agricole (PAC). La production d'huiles végétales en évolution constante atteint en 2011, 154,3 millions de tonnes avec une production de l'Union Européenne de 17,1 millions de tonnes (source Proléa). La répartition mondiale des différentes huiles végétales est présentée sur la figure 7.

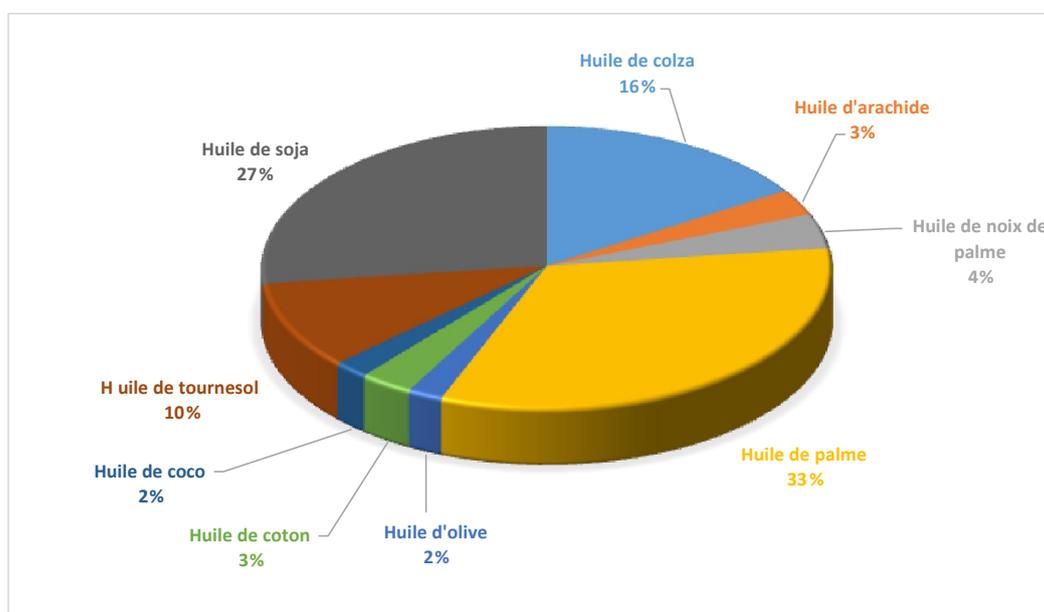


Figure 1.7 : Répartition mondiale des différentes huiles végétales alimentaires [10].

1.3.1. Production et consommation des huiles végétales

La production mondiale d'huiles végétales a été de 156,3 millions de tonnes en 2012 avec une croissance de 30 % d'ici à 2020. Cette croissance proviendra des pays asiatique (en l'occurrence Malaisie, Indonésie et la Chine, l'Argentine, l'Union européenne, le Brésil, le Canada, la Fédération de Russie et l'Ukraine. L'huile de palme arrive en tête de la production mondiale globale (33%) devant l'huile de soja, de colza et de tournesol qui viennent avec des pourcentages voisins de la moitié des deux premières citées [11].

1.3.2. Productions mondiales des principales huiles végétales

La production mondiale d'huile de tournesol est de 15,85 millions de tonnes par an. L'Ukraine est le plus grand producteur d'huile de tournesol au monde, avec une production annuelle de 4,40 Millions de tonnes. La Fédération de Russie arrive en deuxième position avec une production annuelle de 4,06 millions de tonnes par an. Ensemble, l'Ukraine et la Fédération de Russie produisent plus de 50% du total mondial d'huile de tournesol [12].

La production d'huile d'olive en Algérie devrait atteindre 120.000 tonnes selon les prévisions pour la saison 2019-2020 précisant que l'Algérie dispose de plus de 1.600 huileries.

1.3.3. Consommation mondiales de principales huiles végétales

La consommation mondiale des huiles végétales par type montre une proportion équivalente à la production mondiale selon la figure 8. L'huile de soja et huile de palme reste en tête avec plus de 29 et 34% respectivement. Les huiles de colza et tournesol arrivent troisième et quatrième position avec 15 et 9% respectivement.

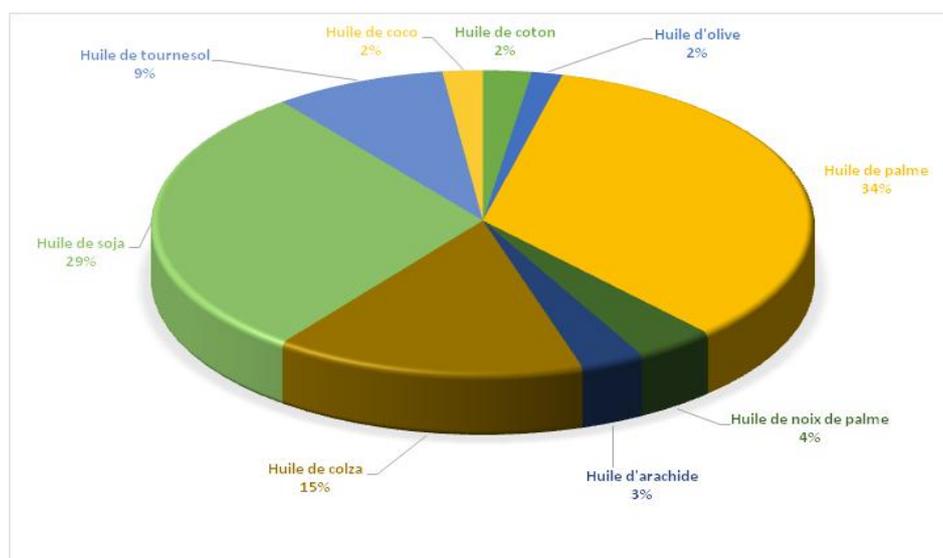


Figure 1.8 : Consommation mondiales de principales huiles végétales. [11]

1.4. Huiles commercialisées en Algérie et leur composition

En Algérie, il existe plusieurs marques d'huiles végétales alimentaires sur le marché, qu'elles soient pures (huile de soja et de tournesol) ou mélangées, celles-ci sont utilisées pour l'assaisonnement, la cuisson ou la friture.



Figure 1.9: Les principales marques d'huile de table en Algérie, CEVITAL, SIM, La Belle, Afia.

Tableau 3: Composition des huiles alimentaires produites en Algérie[13].

Marque	Nature de l'huile
Huile ELIO	80% Soja, 20% Tournesol
Huile FLEURIAL	100% Tournesol
Huile AFIA	95% Soja, 5% Mais
Huile HUILOR	100% Soja
Huile BONAL	100% Soja
Huile LYNOR	90% Soja, 10% Palme
Huile SAFIA	100% Soja

A titre comparatif, et selon le tableau récapitulatif des quantités de production effective pour chaque marque établi par le ministère du commerce en 2021, la production d'huile de table durant la première quinzaine du mois d'avril s'élève à 8.884 tonnes pour la marque SIM, 25.429 tonnes pour Cevital, 4.438 tonnes pour Afia, 2.020 tonnes pour La Belle et 7.930 tonnes pour Prolipos, soit un total de 48.701 tonnes [13]. CEVITAL est le principal producteur d'huile alimentaire en Algérie.

1.5. Impacts des huiles alimentaires usagées

Une grande partie des huiles de friture s'échappe dans les tuyaux de drainage puis dans le réseau d'assainissement, causant ainsi des obstructions et des odeurs nauséabondes. Les coûts de débouchement des égouts deviennent alors un facteur financier majeur pour les structures concernées (restaurants et les municipalités). La réduction de ces résidus à la source pourrait minimiser les coûts de traitement des eaux de manière significative. Dans ce chapitre, nous évoquons les impacts des huiles de friture usagées sur l'environnement, le compostage, sur les réseaux d'assainissements et station d'épuration (STEP) et sur l'économie.

1.5.1. Impact sur l'environnement

a) Air

Les huiles de friture usagées n'ont pas beaucoup d'influence sur l'air sauf lorsque ces huiles sont mélangées ou jetées avec les déchets ménagers et incinérées à l'air libre, ce qu'il peut engendrer des rejets atmosphériques polluants.

b)Sol

La dégradation de l'huile dans le sol augmente la salinité et la variation de pH ce qui affecte directement ou indirectement la croissance des plantes. L'huile jetée dans les sols sableux, pénètre plus rapidement et plus profondément en raison de leur porosité, et endommage les racines des plantes. [14]

c)Eau

L'huile est de nature non nuisible, elle est moins dense par rapport à l'eau donc elle va flotter et rester à la surface en formant une sorte de couche ou pellicule imperméable qui empêche l'oxygène de pénétrer, ce qui asphyxie la flore et la faune aquatique. Une petite quantité de cette huile adhère aux branchies et à la peau des poissons, ce qui perturbe leur mode de vie. En général, on admet qu'un litre d'huile pollue 1000 m² d'une surface d'eau.

1.5.2. Impacts sur le compostage

Le compostage est une opération durant laquelle des déchets organiques sont dégradés par des microorganismes dans des conditions aérobies, en présence de l'oxygène, de l'air et d'humidité, et transformé en humus riche en éléments nutritifs délivrent aux racines des plantes de l'azote, du phosphore et tous les éléments nutritifs indispensables à la croissance des végétaux. Une fois que les huiles alimentaires usagées se trouvent dans les déchets cela endommage l'opération de compostage car elles nuisent au phénomène de fermentation lors du compost, puisqu'elles diminuent les échanges gazeux et ainsi altèrent l'activité des microorganismes impliqués dans ce processus. [15]

1.5.3. Impacts sur les réseaux d'assainissements et station d'épuration (STEP)

Le déversement des huiles usagées dans les égouts n'est pas aussi une solution puisque ces dernières causent une multitude de dégâts. Le fait que l'huile se mélange avec d'autres éléments chimiques comme les adoucissants ou des détergents engendre une couche gélatineuse qui bloque des résidus et les bactéries ce qui engendre d'une part l'apparition des mauvaises odeurs et le risque d'apparition des cafards ou rongeurs dans la cuisine. D'autre part il bouche les canalisations ce qui provoque des inondations par la suite. Dans les STEP les huiles, perturbe le fonctionnement des stations d'épuration qui se fait avec un traitement bactérien aérobie donc ces dernières vont s'asphyxier.

1.5.4. Impacts sur l'économie

Les impacts causés de ces huiles ne se limitent pas sur l'environnement seulement puisque tous les dégâts vont se refléter sur l'économie exemple, la réparation des canaux bouchés ou ruptures nécessitent des investissements, le processus de déshuilage dans les STEP consomme de l'énergie et la décontamination d'un sol ou rivière touchée par ces huiles demande beaucoup d'investissement.

1.6. Méthodes de valorisation des huiles alimentaires usagées

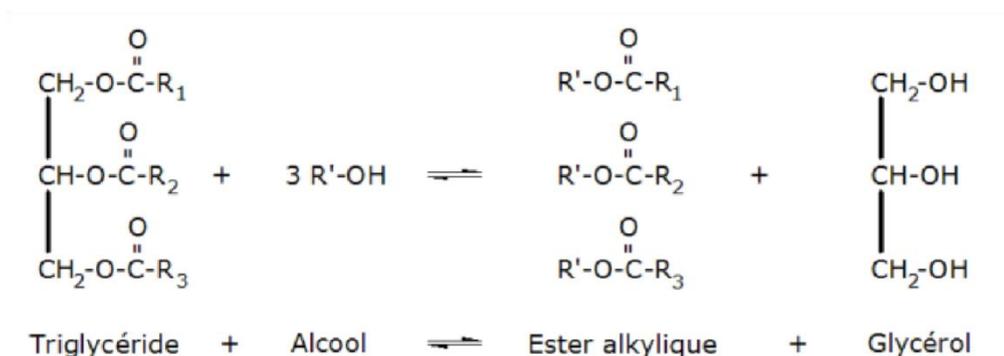
Les possibilités d'utilisation des huiles végétales recyclées visent à obtenir des produits qui seront utilisés dans le domaine industriel à usage énergétique : biodiesel, combustible pour chaufferie, biogaz... ainsi la production de savons et de lessives, et comme on peut les utilisées pour la fabrication des bougies pour la décoration. [16]

1.6.1. Biocarburants ou biodiesel

Les huiles alimentaires usagées peuvent être valorisées comme biocarburants ou biodiesel car elles sont très riches en triglycérides et en acides gras libres [16]. Le procédé de traitement des huiles végétales usées pour une application comme biodiesel se base sur un ensemble de réactions chimiques.

Le processus chimique à mettre en place pour l'application des huiles usées végétales comme biodiesel est la Trans estérification, qui consiste à transformer, via un catalyseur (le méthanol) l'huile ou la graisse, ce qui libère les esters méthyliques des acides gras et la glycérine. [17]

La réaction chimique élémentaire est la suivante :



La réaction qui en résulte peut-être divisée en trois phases :

- Les triglycérides qui forment les acides constituant des huiles se transforment en esters méthyliques (biodiesel), et on obtient comme sous-produits un mélange de glycérides.
- Une fois le biodiesel et la glycéride séparée par décantation, on extrait le méthanol résiduel présent dans les deux éléments via une distillation à la vapeur.
- La dernière étape consiste à séparer un déchet insoluble de biodiesel par filtration, afin d'obtenir un produit propre et homogène.

La réaction se produit en milieu alcalin et à basse température, entre 20 et 50 °C. Les procédés présentant ces caractéristiques peuvent être effectués en continu ou en discontinu ; les catalyseurs alcalins pouvant être utilisés sont l'hydroxyde sodique, potassique ou le méthylène sodique. La Trans estérification a généralement lieu en deux étapes, et le lavage postérieur également. [18]

1.6.2. Production de l'énergie

Les huiles alimentaires usagées ou (huiles de fritures) peuvent aussi servir à la combustion dans la production d'électricité. Ce procédé consiste à utiliser le pouvoir calorifique des huiles et graisses de friture usagées en les brûlant et en récupérant cette énergie sous forme de chaleur ou d'électricité [19].

Pour démontrer l'importance de l'huile de friture comme source d'énergie. La ville de Saint-Etienne en France a décidé des juin 2016 d'éclairer le stade la nuit par de l'électricité produite de la combustion des huiles de fritures récupérées des points utilisent l'huile végétale pour la frites et cuisson des aliments.

1.6.3. Domaine lipochimiques (savon)

Dans le cadre du Salon International Oléicole qui s'est déroulé à Reus (Espagne) au mois de mai dernier, M. Dominique Helaine, représentant de l'association interprofessionnelle européenne regroupant les associations nationales des sociétés de collecte et/ou de traitement des huiles pour l'alimentation animale (ERPA), a présenté dans son exposé d'autres canaux de valorisation des huiles végétales usées ayant été soumises aux traitements adéquats permettant

d'obtenir un produit final stable et doté d'une composition typifiée. Voici les possibles utilisations citées dans cet exposé [20] :

- Application dans la fabrication de lubrifiants industriels, principalement dans les aciéries.
- Application dans la fabrication de tensioactifs pour la production de savons et de lessives.

La lipochimie, ou oléochimie, correspond à l'ensemble des processus transformations physico-chimiques et enzymatiques des huiles et corps gras d'origines animales et végétales, elle est une origine forte ancienne si l'on considère que le savon en est une des premières applications.

Actuellement, il existe de nombreuses recettes pour faire du savon, aussi bien en comprimés qu'en liquides, aromatisé avec des parfums délicats et aussi pour laver les vêtements ou la vaisselle. Aujourd'hui on peut fabriquer du savon avec de l'huile usagée. Non seulement cela permet d'économiser de l'argent, mais aussi permet de recycler l'huile usagée, ce qui présente des bienfaits à la nature.

1.7. Généralités sur le Savon

1.7.1. Histoire du savon

Nous ne connaissons pas exactement le début de cette ancienne industrie mais il est certain que la fabrication du savon est une vieille histoire. Des tableaux d'argile des Sumériens datant d'avant 2000 notre ère, décrivant leurs activités, mentionnent déjà l'utilisation d'une sorte de "pâte de savon". Un peu plus tard, les Egyptiens décrivent des recettes de savon sur leur fameux papyrus.

On a dit que l'utilisation du savon est un indicateur de la civilisation d'une nation, mais bien que cela soit peut-être dans une grande mesure correct de nos jours, l'utilisation du savon n'a pas toujours été coexistant avec la civilisation, car selon Pline, le savon a été introduit pour la première fois à Rome en provenance d'Allemagne, ayant été découvert par les Gaulois, qui utilisaient le produit obtenu en mélangeant du suif de chèvre et de la cendre de hêtre pour donner une teinte brillante aux cheveux [21].

En Afrique centrale occidentale, en particulier les Fanti, ont pris l'habitude de se laver avec du savon préparé en mélangeant de l'huile de palme brute et de l'eau avec les cendres de peaux de bananes et de plantains. La fabrication du savon semble avoir fleuri au VIII^e siècle en Italie et en Espagne par les arabes et s'introduire en France quelque cinq cents ans plus tard, lorsque des usines s'établirent à Marseille pour la fabrication du savon à l'huile d'olive. Le savon ne semble pas avoir été fabriqué en Angleterre avant le XIV^e siècle, et le premier enregistrement de fabrication de savon à Londres remonte à 1524. [22]

1.7.2. Définition du savon

Le mot savon (du latin *sapo*, qui est apparenté au latin *sebum*, suif), la signification du terme savon est considérablement restreinte, étant généralement limitée aux combinaisons d'acides gras et d'alcalis, obtenues en traitant diverses matières grasses animales ou végétales, ou les acides gras qui en dérivent, avec de la soude ou de la potasse. Les premières donnent des savons durs et les secondes des savons mous suite à une réaction chimique appelée « Saponification ».

1.7.3. Saponification

La saponification est définie comme la réaction entre un alcali (la lessive) et un corps gras (huile ou graisse). Les composés formés sont le savon et la glycérine. Ces deux composants peuvent être séparés mais dans la savonnerie artisanale en général, on ne procède pas à cette étape étant donné que la glycérine ne gêne pas, au contraire, elle donne une valeur ajoutée au produit fini.

En principe, tous les corps gras, huiles ou graisses, peuvent être employés dans la fabrication du savon mais nous allons voir plus loin, qu'ils n'ont pas toutes les mêmes aptitudes pour se transformer en savon. A ce stade-ci, nous restons dans les généralités et nous parlons donc des corps gras qui sont composés d'acides gras et de glycérine. La plupart des graisses ou des huiles sont composées de trois acides gras. La glycérine fait en quelque sorte le pont entre les acides gras.

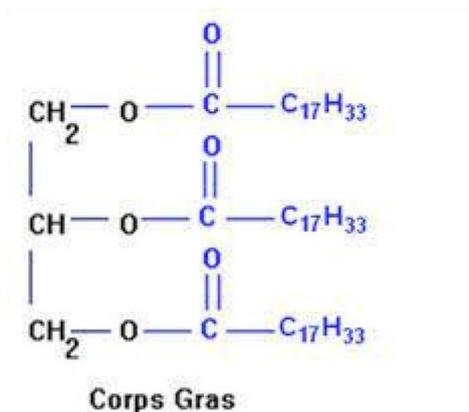
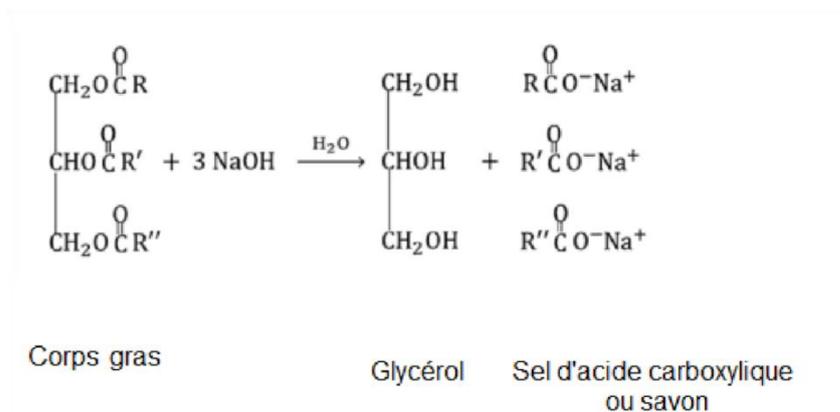


Figure 1.10: Formule chimique d'un corps gras[6]

La saponification est définie comme la réaction entre un alcali (la lessive) et un corps gras (huile ou graisse). Les composés formés sont le savon et la glycérine ou le glycérol. Les corps gras sont des esters d'acides gras et de glycérol. La plupart des graisses ou des huiles sont des triglycérides, composées de trois acides gras. La réaction de formation de sel d'acide carboxylique est la suivante : [6]



Un ester est un composé organique comparable à un sel minéral, formé par la réaction d'un acide avec un alcool ou un phénol, avec l'élimination d'eau. Le R symbolise une chaîne de carbone saturé (ou non saturé) d'hydroxyde.

Au moment de la saponification, le pont entre les acides gras du corps gras est défait et il se forme trois acides gras qui vont réagir avec l'alcali (soude caustique ou potasse caustique). La réaction avec de la potasse (carbonate de potassium ou hydroxyde de potassium) donne un savon mou.

1.7.4. Propriétés du savon

Les savons sont des sels alcalins d'acides carboxyliques à longue chaîne carbonée.

Les savons à la soude et à la potasse sont facilement solubles dans l'alcool ou l'eau chaude. Dans l'eau froide, ils se dissolvent plus lentement et, en raison d'une légère décomposition due à l'hydrolyse, la solution devient nettement trouble. L'oléate de sodium a la particularité de ne subir d'hydrolyse qu'en solution très diluée et à basse température. Lors du refroidissement d'une solution de savon chaud, il en résulte une gelée de consistance plus ou moins ferme, propriété que possèdent les corps colloïdaux, tels que l'amidon et la gélatine, contrairement aux substances qui, dans les mêmes conditions, déposent des cristaux, en raison de la solubilité réduite du sel à une température plus basse.

Le savon qui est dissout dans l'eau présente une partie hydrophile soluble dans l'eau et une partie hydrophobe soluble dans l'huile.

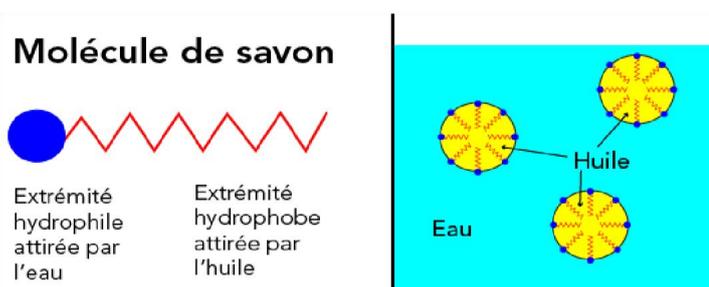


Figure 1.11: Formation de micelles en solution

Le savon a des propriétés détergentes, c'est à dire qu'il a le pouvoir, lorsqu'il est appliqué sur une surface quelconque, de détacher les impuretés grasses adhérentes à cette surface et de les mélanger à l'eau. Comme les impuretés grasses manquent d'affinité à l'eau (hydrophobe), nous avons besoin d'un pont entre l'eau et les impuretés. Le savon, dissout dans l'eau, est bien placé pour jouer le rôle du pont car il a une partie qui est lipophile et une partie qui est fortement hydrophile. Il va ainsi faciliter le détachement des impuretés grasses. Le pouvoir détersif d'un savon dépend de l'huile ou de la graisse utilisée pour la saponification. Nous y revenons au moment de la description des matières premières

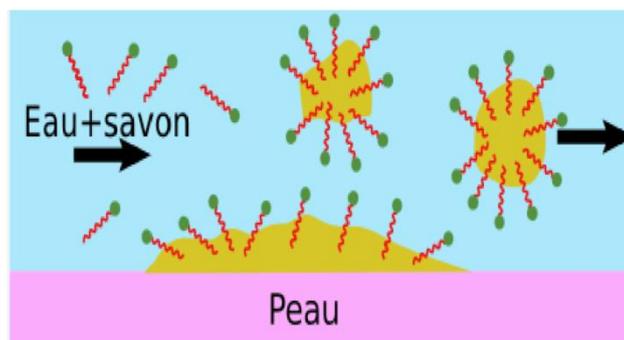


Figure 1.12: Le détachement des impuretés grasses.

2.1. Présentation de l'entreprise ECOVA

ECOVA, entreprise spécialisée dans la collecte des huiles alimentaires usagées, active sous l'agrément du ministère chargé de l'environnement n° 08 du 10 janvier 2018. ECOVA collecte les huiles alimentaires usagées et les graisses de cuisson auprès des restaurateurs, des collectivités, des restaurants d'entreprises, des restaurants administratifs, des industriels de l'agroalimentaire. Pour sa mission de collecteurs, elle respecte la législation en vigueur et l'obligation de traçabilité en matière de récupération et de valorisation des graisses alimentaires et huiles de friture usagées.



Figure 2.1 : Logo de l'entreprise ECOVA

Située à la commune de Ben Khalil, Daïra de Oued Alleug, willaya de Blida, ECOVA récupère et traite en moyenne 15000 litres d'huiles alimentaires usagées par mois.



Figure 2.2: Situation de l'entreprise ECOVA sur GOOGLE

2.2. Ses tâches

Les huiles alimentaires usagées nécessitent des modalités particulières de traitement car elles peuvent polluer. Déverser des huiles alimentaires usagées dans les réseaux d'assainissement risque de bloquer l'écoulement des eaux et nuire au bon fonctionnement des stations d'épuration. 1 litre d'huiles pollue une surface de 1000 m² d'eaux. Petites ou grandes, toutes les entreprises ont un rôle à jouer en matière de gestion d'huile alimentaire usagée en conciliant développement économique et préoccupations environnementales.

L'élimination propre des huiles alimentaires usagées par le recyclage répond à toutes leurs obligations :

- Recycler c'est respecter la loi
- Recycler c'est protéger l'environnement
- Recycler c'est gagner de l'argent

L'image de l'entreprise responsable de ses activités est assurée dans le respect des normes de production, de collecte et de traitement. L'entreprise produit une matière première destinée à la fabrication du savon cosmétique.

2.3. La superficie de l'entreprise

Ecova exploite une superficie de 100 m². Bien que ce soit une surface plus modeste, l'entreprise a réussi à optimiser son espace pour répondre à ses besoins opérationnels et mettre en place des solutions intelligentes pour maximiser l'utilisation de chaque espace. Elle démontre qu'il est possible de prospérer et de réussir avec une superficie bien optimisée, et accroître sa productivité.

2.4. Organigramme de l'entreprise

L'entreprise est organisée d'une façon hiérarchique et en 2 services, production et administration. Chaque service est composé de sous-service assurant ainsi toutes les tâches de production et de commercialisation. 8 personnes assurent la production au niveau d'ECOVA.

L'organigramme de l'entreprise est présenté sur la figure suivante.

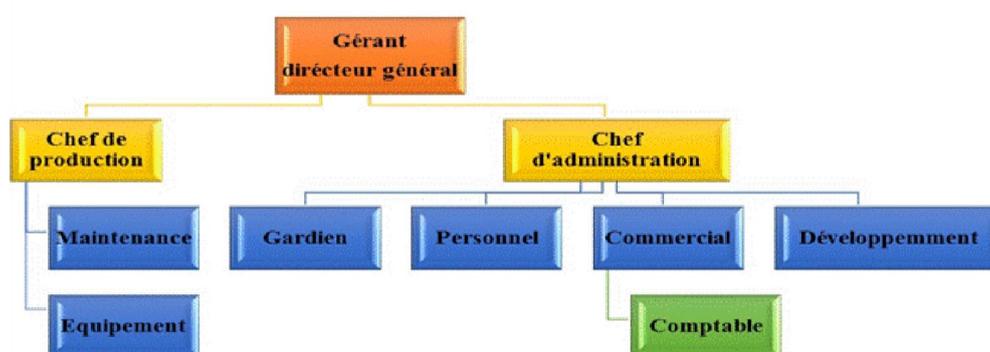


Figure 2.3 : Organigramme hiérarchique Ecova.

2.5. Informations générales

- Etablissement : ECOVA
- Statut : Personne physique
- Adresse : Commune de Ben Khalil

- Nombre e personnel : 8 personnes
- Superficie : 100 m²
- Collecte des huiles /jour : 500-600 litres
- Capacité de stockage des huiles : 10 m³
- Capacité de production : 1 tonnes/jour
- Produits utilisés : Huiles usagées, NaOH, NaCl, eau
- Produits finaux : Matière première savon en sac de 25 kg.

2.6. Equipements d'ECOVA

- Mélangeurs 1000 litres
- Boudineuse 100 kg/ heure
- Filtres
- 10 Bacs de collecte
- 10Bacs de stockage
- Matériels roulant 3 camions 2,5 tonnes
- Véhicule de service
- Balance

2.7. Procédés de valorisation des HAU

La valorisation des huiles est le processus de collecte des huiles usées et de leur transmission aux processus de fabrication, de filtration, d'hydrogénation et de mélange afin d'en extraire des matériaux précieux et de les séparer pour les matériaux non réutilisables.

2.7.1. Collecte

La logistique de collecte des huiles végétales usées varie en fonction des sociétés qui génèrent ces produits. En effet, la plus grande partie de ces huiles provient des centres de restauration. Cependant que la qualité des huiles usées varie en fonction du type de centre dont elles sont issues.

Au niveau de la logistique, le processus de collecte est divisé en deux étapes :

- Collecte et stockage au niveau des générateurs des HAU.
- Collecte et transport de ces huiles jusqu'à l'entreprise pour le traitement.

Pour les particuliers et les petits producteurs, l'entreprise collecte des huiles alimentaires dans des



Figure 2.4 : Fût de collecte des HAU conteneurs en regroupement.

Pour les gros producteurs, les huiles alimentaires sont collectées par la société, à l'aide de fûts qu'ils mettent directement à leur disposition, ou par pompage chez les producteurs équipés de Cuves spécialement dédiées au stockage des huiles alimentaires usagées.



Figure 2.5 : Cuve de 1000 litres pour stockage des HAU.

L'entreprise dispose de 3 camions de collecte, chaque chauffeur affecté à la collecte des huiles prend le camion et se dirige vers les sources produisant les huiles, restaurants, fast-food, cantines L'enlèvement et échange se fait par des fûts pleins et vides lors de la collecte. Paiement s'effectue selon le prix convenu au litre et on enregistre les informations de tous les fournisseurs dans une fiche de suivi des opérations de Collecte utilisé dans l'entreprise. Plusieurs fûts sont mis à la disposition des générateurs des huiles : 30l, 60l, 120l, 150l, 500 et 1000 litres.

2.7.2. Zones de collecte

La zone de collecte est limitée au 5 wilayas du centre :

- Blida
- Tipaza
- Alger
- Boumerdes
- *Médéa*

Il existe plus de 100 fournisseurs d'huiles alimentaires usagées conventionnés avec ECOVA. Chaque fournisseur est identifié par un code client et une fiche de collecte pour la traçabilité des huiles collectées.

2.7.3. Traitement des huiles

Les huiles de friture usagées collectées subissent un prétraitement qui consiste tout d'abord à les récupérer via la collecte dans les établissements où elles sont générées, puis à les transporter jusqu'aux centre de traitement(ECOVA).

Les principales étapes du processus de traitement sont :

Filtration : élimination des matières les plus volumineuses, puis traitement postérieur à l'eau chaude afin de clarifier complètement l'huile à traiter.



Figure 2.6: Filtration des huiles usagées par tamis

Décantation et filtration : on sépare les huiles et les graisses collectées de l'eau et durets des impuretés, on les pompe, puis on procède à une seconde filtration et à une nouvelle décantation. A chaque nouvelle décantation, les huiles obtenues se séparent de plus en plus et deviennent de plus en plus claires.



Figure 2.7: Procédé de décantation et filtration

Procédé de saponification :

- 720L d'huile d'alimentaire usagée filtrée
- 150L d'eau
- 100g de soude caustique
- NaCl (sel)

Les produits sont introduits dans le mélangeur ou réacteur de la saponification.

Figure 2.8 : Procédé de saponification



Figure 2.8 : Procédé de saponification

2.7.4. Procédé utilisé

Pour produire du savon, un mélange précis est nécessaire. On mélange 720 litres d'huiles avec une solution de soude caustique préparée par 100 grammes de soude caustique, dissous dans 100 litres d'eau. Pour créer une solution caustique : la température de la solution augmente jusqu'à 180°C, en raison de la chaleur dégagée par la réaction chimique, (réaction exothermique). On laisse refroidir entre 45°C et 50°C. Nous ajoutons du sel à la solution car il aide à sécher le savon produit.

Après avoir ajouté la solution de soude caustique aux huiles, le mélange est continuellement mélangé vigoureusement à l'aide d'un mélangeur. Cette réaction de saponification provoque la transformation des huiles en savon. Pendant ce processus, les triglycérides présents dans les huiles réagissent avec la soude caustique pour former des molécules de savon.

Le temps de la réaction dépend de la température de la solution en général cela prend 2 à 3 heures.

Des moules sont utilisés pour verser la pâte de savon afin de la laisser refroidir. Ils varient en taille et le nombre nécessaire dépend de la quantité de savon produit. Après séchage, la masse solide doit être coupée en barres ou en morceaux. Pour ne pas rendre difficile le découpage, il est préférable de ne pas laisser durcir le savon trop longtemps. Le découpage se fait à l'aide d'un fil de fer pour couper et estamper.



Figure 2.9: Les moules



Figure 2.10: La boudineuse

La boudineuse est une machine qui comprime les copeaux de savon et en fait des barres compactes et solides, aptes au découpage et à l'estampage. Elle se compose d'une trémie fixée sur un tube en métal épais, d'une forme conique et ressemblant à un canon qui s'effile en pointe vers la filière, et dans laquelle tournent une ou deux vis pour pousser le savon.



Figure 2.11 : Produit fini d'ECOVA .

3.1. Analyse des paramètres physico-chimiques des huiles

Pour caractériser les huiles usagées et les comparer aux huiles neuves, nous avons analysé quelques paramètres physico-chimiques disponibles au niveau du laboratoire. Les paramètres analysés sont la densité, la masse volumique, le pH, la viscosité, la teneur en eau et l'indice de réfraction.

3.1.1. La densité

La densité est le rapport d'une certaine masse de fluide étudié avec la masse du même volume d'eau pour un liquide à la même température, on parle alors de densité par rapport à l'eau [22]. Exprimée en gramme par cm^3 à la température donnée, elle permet de savoir si un matériau est plus lourd qu'un autre. La densité d'un liquide est toujours définie par rapport à l'eau pure à des conditions de pression et de température de référence [22]. La densité des huiles végétales varie de 0,915 à 0,964, elle mesurée en utilisant plusieurs méthodes.

Dans ce travail, nous avons utilisé un densimètre lesté ou hydromètre. Il consiste en un cylindre creux, lesté et gradué, qui s'enfonce plus ou moins dans le liquide à mesurer selon sa densité. On lit directement la densité du liquide dans lequel il est plongé sur la graduation présente à la surface libre.



Figure 3.1 : Densimètre lesté

Choix de l'huile :

On a utilisé une huile végétale de marque algérienne sous le nom « Elio », elle est produite le groupe « Cevital » et elle existe en formes de 1 litre, 2 litres et 5 litres.

Les caractéristiques portées sur l'étiquette de l'emballage sont :

- 100% végétale ;
 - Assaisonnement, cuire et friture ;
 - Sans cholestérol ;
 - Température maximum conseillée : 180°C ;
 - ➤ Réutilisable 10 fois ;
 - Stockée à l'abri de la lumière et source de chaleur ;
- Composée de 100% huile de soja.

Réactifs :

- 1 litre d'huile Elio
- 1 litre d'huile de friture usagée

Mode opératoire :

Pour mesurer la densité d'une huile neuve (Elio) ou d'une huile de friture à l'aide d'un densimètre, il faut :

Vérifiez que le densimètre est propre et étalonné selon les instructions du fabricant. Prélevez un échantillon représentatif de l'huile que vous souhaitez mesurer. Assurez-vous que l'échantillon est à une température proche de la température ambiante pour obtenir des résultats précis.

- Mettez délicatement le densimètre dans l'échantillon d'huile à mesure
- Laissez le densimètre reposer dans l'huile pendant quelques instants afin que la lecture se stabilise. Prenez note de la valeur affichée, qui représente la densité de l'huile en g/cm^3

3.1. Analyse des paramètres physico-chimiques des huiles

Pour caractériser les huiles usagées et les comparer aux huiles neuves, nous avons analysé quelques paramètres physico-chimiques disponibles au niveau du laboratoire. Les paramètres analysés sont la densité, la masse volumique, le pH, la viscosité, la teneur en eau et l'indice de réfraction.

Dans ce travail, nous avons utilisé un densimètre lesté ou hydromètre. Il consiste en un cylindre creux, lesté et gradué, qui s'enfonce plus ou moins dans le liquide à mesurer selon sa densité. On lit directement la densité du liquide dans lequel il est plongé sur la graduation présente à la surface libre.

Choix de l'huile :



Figure 3.2 : Densimètre lesté

On a utilisé une huile végétale de marque algérienne sous le nom « Elio », elle est produite le groupe « Cevital » et elle existe en formes de 1 litre, 2 litres et 5 litres.

Les caractéristiques portées sur l'étiquette de l'emballage sont :

- 100% végétale ;
- Assaisonnement, cuire et friture ;
- Sans cholestérol ;
- Température maximum conseillée : 180°C ; ➤ Réutilisable 10 fois ;
- Stockée à l'abri de la lumière et source de chaleur ; ➤ Composée de 100% huile de soja.

Réactifs :

- 1 litre d'huile Elio
- 1 litre d'huile de friture usagée

Mode opératoire :

Pour mesurer la densité d'une huile neuve (Elio) ou d'une huile de friture à l'aide d'un densimètre, il faut :

- Vérifiez que le densimètre est propre et étalonné selon les instructions du fabricant.
- Prélevez un échantillon représentatif de l'huile que vous souhaitez mesurer. Assurez-vous que l'échantillon est à une température proche de la température ambiante pour obtenir des résultats précis.
- Mettez délicatement le densimètre dans l'échantillon d'huile à mesure
- Laissez le densimètre reposer dans l'huile pendant quelques instants afin que la lecture se stabilise. Prenez note de la valeur affichée, qui représente la densité de l'huile .



Figure 3.3 : Photo qui représente le densimètre dans l'échantillon d'huile à mesure

Remarque :

Il est important de noter que la densité de l'huile peut varier en fonction de sa composition et de la température. Par conséquent, il est recommandé de mesurer la densité à une température constante et de prendre en compte les spécifications du fabricant de l'huile pour interpréter les résultats de la mesure.

3.1.2. La masse volumique

La masse volumique représente le coefficient de proportionnalité entre la masse et le volume d'une même matière. La masse volumique inconnue peut être déterminée à partir de la mesure des masses et des volumes correspondants. Pour ce faire, on utilise des containers spéciaux appelés pycnomètres à liquides.

Le pycnomètre est constitué essentiellement d'un récipient en verre de volume connu. Le choix de leur forme et leur utilisation répondent à quatre caractéristiques et exigences de manipulation : [23]

- La forme doit permettre d'atteindre au plus vite la température requise, quand il est utilisé dans un bain.
- Le moyen de remplissage ne doit pas entraîner d'air.
- Le moyen de mesure du volume doit être précis.
- Le moyen de remplissage doit permettre d'éviter toute évaporation ou adsorption d'humidité.



La masse volumique est notée ρ :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

avec m en gramme ; V en cm^3

Figure 3.4: Pycnomètre de 50 cm³.

Matériel :

- Pycnomètre
- Balance analytique de précision.

Mode opératoire :

- Pour mesurer la masse volumique d'une huile à l'aide d'un pycnomètre de 50 cm^3 , on doit :
- S'assurer que le pycnomètre est propre et sec avant de commencer.
- Remplir le pycnomètre avec une quantité connue d'huile. Pour cela, on peut utiliser une seringue ou un compte-gouttes pour ajouter l'huile dans le pycnomètre jusqu'à ce qu'il soit presque rempli.
- On note la masse du pycnomètre vide à l'aide d'une balance précise et enregistrez cette valeur.
- On place le pycnomètre rempli d'huile sur la balance et on note la masse totale.
- On Calcule la masse de l'huile en soustrayant la masse du pycnomètre vide de la masse totale du pycnomètre rempli d'huile.
- On Mesure la température de l'huile à l'aide d'un thermomètre. La température peut avoir une influence sur la masse volumique de l'huile, il est donc important de prendre en compte cette valeur (22°C).
- On Calcule la masse volumique de l'huile en utilisant l'équation $\rho = \frac{m}{V}$.

- Noter le résultat final de la masse volumique de l'huile en g/cm^3 , en fonction des unités que vous avez utilisées.

3.1.3. Le Potentiel Hydrogéné (pH)

Il permet de mesurer le degré d'acidité ou de basicité d'une solution et varie de 0 à 14. Si le pH est :

- Supérieur à 7 la solution est dite basique ➤Egal à 7 la solution est dite neutre.
- Inférieur à 7 la solution est dite acide.

Matériels :

- pH-mètre : il est généralement constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur numérique du pH.
- Bécher
- Echantillons d'huile.



Figure 3.4 : pH-mètre

Mode opératoire :

- Préparer des échantillons des deux huiles à tester.
- Échantillonnage : Utilisez une pipette propre pour prélever une petite quantité de chaque huile dans des bécher propres et secs.
- Calibrage du pH-mètre : étalonner le pH-mètre en utilisant des solutions tampons de pH connus, telles que des solutions tampons pH=4, 7 et 10.

- Une fois le pH-mètre correctement étalonné, plonger l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon d'huile et attendre que la lecture se stabilise. Noter la valeur affichée sur l'écran du pH-mètre.
- Rinçage : Après chaque mesure, rincer soigneusement l'électrode du pH-mètre à l'eau distillée pour éliminer tout résidu d'huile et éviter toute contamination entre les échantillons.

Remarque :

Il est important de noter que le pH ne mesure pas directement la qualité de l'huile, mais plutôt son degré d'acidité ou d'alcalinité. D'autres facteurs tels que la présence de contaminants ou l'état de dégradation de l'huile peuvent également affecter sa qualité.

L'huile de friture utilisée est généralement plus acide que l'huile neuve. Lorsque vous utilisez de l'huile pour la friture, elle est soumise à de hautes températures, ce qui peut provoquer des réactions chimiques, telles que l'oxydation et la polymérisation. Ces réactions peuvent entraîner une augmentation de l'acidité de l'huile de friture et aussi pendant la friture, des résidus d'aliments peuvent se déposer dans l'huile, ce qui peut également contribuer à son acidité. Les résidus d'aliments peuvent se carboniser et former des composés acides lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées.

Il est important de surveiller l'acidité de l'huile de friture, car une huile trop acide peut altérer le goût des aliments et même être nocive pour la santé. L'utilisation prolongée d'une huile de friture très acide peut également entraîner une détérioration de la qualité nutritionnelle des aliments frits.

3.1.4. Teneur en eau

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau contenu par unité de poids de matériau sec [23].

Le séchage à l'étuve est la manière la plus courante d'éliminer l'eau des solides. Cette méthode ne convient pas pour les substances qui se décomposent ou pour celles dont l'eau ne s'élimine pas à la température de l'étuve. L'analyse de la teneur en eau d'un aliment est une mesure importante de contrôle de la qualité, mais il est difficile d'obtenir des résultats exacts

et précis. Elle basé sur la détermination du poids d'une prise d'essai avant et après séchage à l'étuve à une température de 103°C pour une durée d'une heure [23].

$$H\% = \frac{P_1 - P_2}{P} \times 100$$

Avec :

- P1 : Poids du bécher avec l'huile avant étuvage ;
- P2 : Poids du bécher avec l'huile après étuvage ; ➤P : Poids de l'huile.

L'échantillon est introduit dans un dessiccateur servant à protéger de substance séchée contre l'humidité et à minimiser la réabsorption d'humidité durant le refroidissement.



Figure 3.5 : Un dessiccateur



Figure 3.6 : Une étuve

Réactifs :

-Les huiles.

Matériels :

- Balance analytique.
- Étuve.
- Dessiccateur.

Mode opératoire :

Peser 100 g d'huile dans un bécher préalablement séché soit P_1 le poids total. Ce dernier contenant l'huile a été mis dans une étuve réglée à 110°C pendant une heure. Mettre les échantillons à la fois. Laisser les échantillons refroidir dans un dessiccateur, puis peser et noter P_2 .

3.1.6. Indice de réfraction

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 passant de l'air dans l'huile maintenue à température constante.

Suivant le réfractomètre utilisé, mesurer directement l'huile maintenue dans les conditions d'iso-tropisme et de transparence.

Mode opératoire :

Figure 3.7: Un réfractomètre

- Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant du papier Joseph.
- Etalonner l'appareil avec l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égal à 1,4744.
- Déposer quelques gouttes d'huile dans la lame de réfractomètre et régler le cercle de chambre sombre et clair dans la moitié et effectuer la lecture en tenant compte de la température (22°C).

3.2. Synthèse du savon

Nous avons d'utiliser les deux méthodes, pour produire le savon à partir de la réaction de saponification sur les huiles usagées ; le procédé à froid et le procédé à chaud.

3.2.1. Saponification à froid

La saponification à froid est une méthode traditionnelle de saponification qui permet de conserver toutes les propriétés des ingrédients et d'obtenir un savon naturellement riche en glycérine hydratante et assouplissants.

Le procédé à froid n'utilise pas de source de chaleur, mais plutôt un système permettant de maintenir la température en milieu froid. Ce procédé consiste à ajouter graduellement une solution de soude sur un corps gras en agitant constamment et jusqu'à épuisement complet de la solution, Réactifs :

- Eau distillée
- Huile alimentaire usagées
- Solution alcaline KOH ou NaOH
- Solution de refroidissement, eau glacée.

Matériels :

- Récipient en inox.
- Balance
- Verre de montre
- Bécher
- Spatule (en bois et en métal)
- Moules en silicone
- Un mixeur plongeant
- Les gants et blouse et lunettes de protection.

Mode opératoire :

L'hydroxyde de sodium est indispensable à la fabrication du savon, c'est un produit caustique pouvant provoquer des brûlures chimiques très corrosives qui peut causer des brûlures sur la peau ou une cécité en cas de projection dans les yeux :

- Porter un équipement de sécurité : lunettes et vêtements couvrants, gants et masque ;
- Travailler dans une pièce très aérée, ou même dehors pour faire les mélanges ;

- Verser la soude dans l'eau et jamais l'inverse (réaction chimique) ;
- Verser la solution de soude dans l'huile mais jamais l'inverse (création de grumeaux corrosifs).

La méthode saponification à froid est la plus simple et la plus économique, elle ne nécessite pas beaucoup de matériel ni énergie et aussi elle donne un produit de qualité puisque il préserve les caractéristique des huiles.

On prépare :

- 400ml d'huiles de friture dans un bécher.
- 100 ml d'eau distillé.
- 50g d'alcalin (KOH ou NaOH).
- Après avoir préparé le nécessaire on met l'eau distillée dans le récipient en inox.
- En suite, on dissous l'alcalin, il faut faire attention presque la réaction est exothermique la Température atteint 70 à 80 °C.
- On laisse le mélange refroidir dans un bain marie 35 à 45 °C.
- On ajoute l'huile, puis on mélanger le tous à l'aide d'une spatule jusqu'à ce qu'il commence à devenir pâteux.
- On laisse reposer pendant 5 à 10 mn, on verse dans un moule en silicium.
- On laisse sécher pendant 24 heures et on démoule les morceaux.

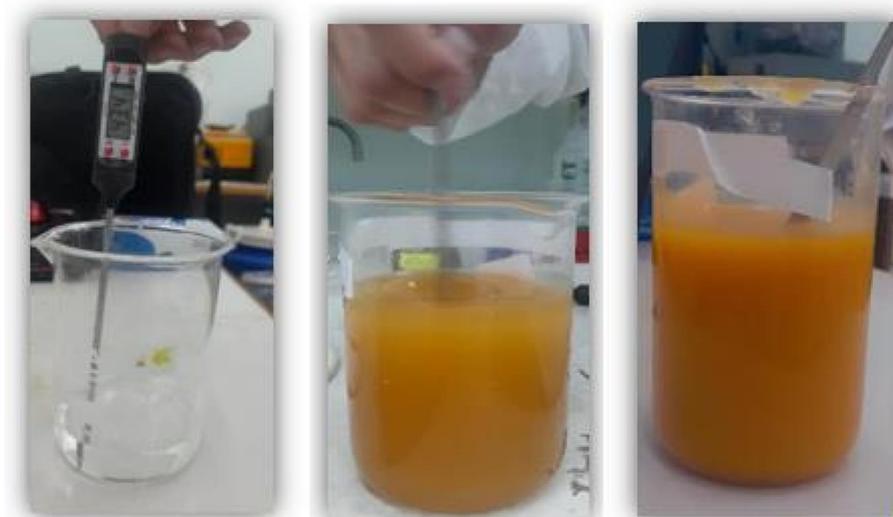


Figure 3.8: Etape de la réaction de saponification à froid.

3.2.2. Saponification à chaud

La saponification à chaud consiste à bouillir la lessive avec les matières grasses à haute température (de 80° à 100°C). La pâte à savon est cuite jusqu'à la fin du procédé de saponification. Contrairement au savon à froid, le savon à chaud est prêt à l'emploi plus rapidement. La saponification à chaud transforme les corps gras en savon en plusieurs étapes, l'empâtage, le relargage, la cuisson et la liquidation.

Réactifs :

- Les huiles.
- NaOH.
- L'eau distillée. ➤ Ethanol.
- Solution saturée en chlorure de sodium NaCl.

Matériels :

- Chauffage à reflux.
- Pompe à vide, Büchner.
- Boîtes pétris.

Mode opératoire :

- Peser 6,4 g de soude en pastilles.
- Les introduire avec précaution dans un Erlenmeyer contenant 20 ml d'eau distillée.
- Dans un ballon de 250 ml, introduire 12 ml de l'huile choisie, la solution de soude préparée précédemment, 12 ml d'éthanol et enfin quelques grains de pierre ponce (ajouter éventuellement 1 ou 2 ml de colorant alimentaire). Bien agiter pour essayer d'homogénéiser le mélange.
- Adapter un réfrigérant à eau et chauffer à reflux durant environ 30 minutes.
- A la fin du chauffage, retirer le chauffe-ballon et laisser refroidir quelques minutes à l'air en laissant le reflux.

- Après condensation des vapeurs, ajouter éventuellement quelques gouttes de parfum. Mélanger. Démontez le réfrigérant et versez le mélange réactionnel dans un bécher de 250 ml contenant environ 100 ml d'une solution froide de chlorure de sodium concentrée (200 g/L) : cette opération s'appelle le relargage. Agiter avec un agitateur
- De verre (écraser les grumeaux de savons formés).
- Filtrer sur entonnoir (ou Büchner) à l'aide d'un papier filtre. Mesurer le pH du filtrat.
- La filtration terminée, verser le savon dans 100 ml d'eau salée très froide pour rincer le solide : cette opération s'appelle le lavage. Filtrer puis sécher à l'air entre deux papiers filtres. Mesurer à nouveau le pH du filtrat. Il doit être compris entre 9 et 10.
- Laisser sécher le savon (lui donner forme éventuellement en le mettant dans un moule).

Remarque :

Nous avons réalisé cinq échantillons de différentes couleurs pour calculer le rendement moyen du savon produit.





Figure 3.9 : Etape de la réaction de saponification à chaud.

3.2.3. Analyses du savon synthétisé

a) La teneur en eau

- Mettre une quantité spécifique de savon dans une coupelle.
- Mettre la coupelle dans une étuve réglée à 110°C pendant une heure.
- Peser la masse du savon.
- Déterminer les valeurs de la teneur en eau du savon.

b) Le Potentiel Hydrogène (pH)

Le mode opératoire de cette technique d'analyse se présente comme suite :

- On Prend un morceau de savon et on le mouille avec un peu d'eau de pH neutre (pH=7) ;
- On frotte le savon imbibé d'eau à l'aide d'un pinceau pour en extraire de la matière.



- On colle une bandelette de

papier pH à l'endroit frotté du savon, puis le papier se colore.

- On visualise la couleur en le comparant aux couleurs

Figure 3.10: Papier pH

standard affichées sur la boîte comme indiqué par la figure.

4.1. Les analyses physico-chimiques des huiles

4.1.1. La densité

Tableau 4. 1 : Résultats de mesure des densités

Huiles	Huile Elio neuve	Huile de friture
La densité	0,9150	0,9200

Commentaire :

On remarque que la densité d'une huile neuve est inférieure à l'huile de friture, cela peut être expliqué par la présence d'eau dans les huiles usagées issues des aliments de friture comme les frites de pomme de terre ou d'autres aliments. L'huile usagée peut être hydrolysée par la présence d'eau ce qui fractionne les chaînes hydrocarbonées des huiles et leur donne une densité plus grande.

4.1.2. La masse volumique

Tableau 4. 2: Résultats de mesure des masses volumiques

Huile	Huile neuve (Elio)	HAU
Poids de pycnomètre vide (g)	29,456	
Poids de pycnomètre plein(g)	75,324	75,582
La masse d'huile (g)	45,868	46,126
La masse volumique (g/cm ³)	0,917	0,922

Commentaire :

Les résultats des deux huiles ont montré une légère augmentation de la masse volumique due aux mêmes effets que la densité. On peut aussi prendre plusieurs mesures à différentes températures pour obtenir une moyenne plus précise si nécessaire.

La masse volumique traduit aussi la qualité de l'huile même entre plusieurs huiles neuves.

4.1.3. Le Potentiel Hydrogéné (pH)

Tableau 4. 3 : Résultats de mesure des pHs.

Huile	Huile neuve (Elio)	HAU
pH	4,86	4,42

Commentaire :

L'huile de friture utilisée est généralement plus acide que l'huile neuve. Lorsqu'on utilise de l'huile pour la friture, elle est soumise à des températures de 180 à 200°C, ce qui peut provoquer des réactions chimiques, telles que l'oxydation, l'hydrolyse ou la pyrolyse. Ces réactions peuvent entraîner une augmentation de l'acidité de l'huile de friture et aussi pendant la friture. Des résidus d'aliments peuvent se déposer dans l'huile, ce qui peut également contribuer à son acidité. Les résidus d'aliments peuvent se carboniser et former des composés acides lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées.

4.1.4. Teneur en eau

Tableau 4. 4: Résultats de mesure de la teneur en eau

Huile	Huile neuve (Elio)	HAU
Le poids d'huile (P)	100g	
P1-P2	0,019g	0,044g
La teneur en eau	0,019%	0,044%

Commentaire :

On remarque que la présence de l'eau est très faible, cela est dû à la nature des deux liquides qui sont immiscibles et l'évaporation de l'eau durant la friture qui s'effectue souvent à 180°C. La teneur en eau dans les huiles usagées est supérieure à l'huile neuve par la présence d'eau issue des aliments de friture.

4.1.5. Indice de réfraction

Tableau 4. 5: Résultats de mesure de l'indice de réfraction.

Huile	Huile neuve Elio	HAU
Indice de réfraction	1,4777	1,4773

Commentaire :

Dans notre cas, la différence entre les deux valeurs est très minime, avec seulement une différence de 0,0004. Cette différence est relativement faible et indique que les indices de réfraction de l'huile de friture et de l'huile neuve sont très similaires bien que les deux aspects sont très différents ; l'huile neuve est plus claire que l'huile usagée.

4.2. Résultats de synthèses des savons

4.2.1. Saponification à chaud

Pour étudier la saponification à chaud, nous avons effectué 5 essais de saponification, la température est de l'ordre de 60°C maintenue constante à $\pm 2^\circ\text{C}$. Les résultats de ces 5 essais sont résumés dans le tableau suivant après relavage (lavage par une solution salée jusqu'au pH proche de 10).

Tableau 4. 6: pHs après lavage de chaque échantillon.

Echantillon	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5
pHs de la solution de lavage après premier, deuxième et troisième lavage					
pH 1	12,86	12,89	12,84	13,19	13,08
pH 2	10,11	10,50	10,27	12,17	12,09
pH 3				10,24	10,05

Commentaire :

Les échantillons de savon une fois synthétisés sont lavés par une solution saturée de NaCl. Après chaque lavage on mesure le pH de la solution après filtration. Le lavage est total lorsque le pH de la solution s'approche de 10.

On remarque que pour les deux premiers échantillons, 2 lavages ont suffi pour que le pH atteigne 10. Pour les deux autres échantillons, nous avons fait 3 lavages pour obtenir le pH

désiré. Cette différence est du principalement au degré de saponification (le rendement de la réaction) qui n'est pas le même pour les 5 échantillons. On retient que plus le pH de la solution est proche de 10 plus le rendement est élevé.

4.2.2. Le rendement de la saponification

Le rendement de la réaction est exprimé en masse de savon produit par millilitre d'huile utilisée. Dans les 5 expériences que nous avons menées, nous avons utilisé 12 ml d'huile usagées. Les masses trouvées après séchage sont consignées dans le tableau suivant ainsi que leurs rendements.

Tableau 4. 7: Rendements de la réaction de saponification.

Echantillon	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5
Masse de l'échantillon	10,30g	14,00g	16,40g	9,20g	9,87
Rendement g de savon /ml d'HAU	0,86	1,17	1,37	0,77	0,82

Commentaire :

Les meilleurs rendements sont obtenus par les échantillons 2 et 3, on remarque aussi si on augmente le nombre de lavage on perd du savon durant la filtration et donc on réduit le rendement.

On constate aussi que plus le pH de la solution de lavage diminue, le rendement la réaction de saponification augmente par la réduction des ions OH^- qui sont responsables de l'augmentation du pH.

4.2.3. Analyse physico-chimique des savons synthétisés

a) La teneur en eau

Tableau 4. 8: La teneur en eau

L'échantillon de savon	A chaud	A froid
La teneur en eau	6,45%	1,9%

Remarque :

En comparant les valeurs de la teneur en eau du savon produit en utilisant la méthode à froid (1,9 %) et la méthode à chaud (6,45 %), nous pouvons observer une différence significative entre les deux méthodes.

La méthode à froid semble avoir une teneur en eau plus faible (1,9 %) par rapport à la méthode à chaud (6,45 %). Cela indique que la méthode à froid permet d'obtenir un savon avec une quantité d'eau résiduelle plus réduite après le processus de fabrication par rapport à la méthode à chaud.

Commentaire :

Une teneur en eau plus faible peut être bénéfique pour plusieurs raisons. Tout d'abord, une faible teneur en eau peut contribuer à une meilleure durée de conservation du savon, car l'eau peut favoriser la croissance microbienne et l'altération du produit. De plus, un savon avec une teneur en eau réduite peut être plus solide, moins susceptible de se dissoudre rapidement et avoir une meilleure texture.

b)pH des deux savons

Tableau 4. 9: pH des deux savons.

L'échantillon	A froid	A chaud
pH	10	9

Les résultats obtenus pour le test de pH des deux échantillons sont presque les mêmes, cela est aussi lié au fait que nous avons utilisé le papier pH qui n'est pas très précis.

Commentaire :

Selon les valeurs trouvées, les échantillons à froid sont plus basiques (ou moins acides) que ceux réalisés à chaud.

L'impact de la différence de pH sur les savons peut être important en termes de performance et de compatibilité avec la peau. Un pH élevé peut rendre un savon plus alcalin, ce qui peut le rendre plus irritant pour la peau. D'autre part, un savon avec un pH plus proche de la neutralité peut être considéré comme plus doux et moins susceptible de causer des irritations.

5. Comparaison entre la saponification à chaud et la saponification à froid :

Tableau 4.10 : Comparaison entre la saponification à chaud et la saponification à froid .

A chaud	A froid
<ul style="list-style-type: none"> -Rapide -Récupération de glycérine -Perdre les propriétés des huiles et le rendement -Consommation élevée de l'énergie et de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> -Lente -Le savon plus doux et plus crémeux -Les propriétés des huiles conservées

Conclusion générale

Les huiles alimentaires usagées sans des déchets spéciaux il ne faut pas les éliminer dans les éviers pour éviter le colmatage des canalisations ainsi que l'apparition d'un film graisseux qui empêche les échanges entre l'effluent et l'air, ce qui réduit l'activité des bactéries lors du traitement biologique dans les STEP. Ainsi, ces HAU doivent être recyclées et récupérées pour subir un traitement spécifique et adapté pour éviter tout effet nocif sur l'environnement et la santé humaine. Le recyclage de ces huiles permet d'obtenir une huile brute qui peut être utilisé comme matière première dans la fabrication de certains produits industriels.

Le concept de l'entreprise ECOVA repose sur la collecte et la valorisation des huiles alimentaires pour la production de savon à froid, dans une démarche écologique, durable et économique. Elle joue un rôle important dans la région du centre sur 5 wilayas et valorise plus de 15000 litres d'huile par en les transformant en 17,5 tonnes de savon brut chaque mois.

Cette entreprise est un exemple à suivre pour réduire les impacts des huiles usagées dans la région et même dans le pays.

Pour conclure notre travail, nous avons réalisé des analyses comparatives sur les huiles neuves et les huiles usagées alimentaires. Nous avons vu, que les huiles usagées perdaient leurs propriétés physico-chimiques lors de leur utilisation, notamment sur le pH, la densité ou la masse volumique.

Pour terminer ce travail nous pouvons recommander :

Une collecte plus organisées avec l'établissement d'un système fiable de collecte en sensibilisant les ménages et en installant des points de collecte dans les grands établissements générant les huiles usagées alimentaires.

Un stockage sécurisé en utilisant des conteneurs résistants aux fuites, les entreposer dans des zones appropriées, à l'abri des intempéries et des sources de chaleur.

Des traitements appropriés en Mettant en place des processus de filtration et de décantation pour éliminer les impuretés et les contaminants.

Une valorisation des huiles en Transformant les huiles usagées en produits utiles, comme le savon, pour réduire le gaspillage et créer une économie circulaire.

Un contrôle de qualité en Mettant en place un contrôle de qualité comprenant des tests de pH, des évaluations chimiques et des tests de performance du savon.

De plus, il est recommandé :

- Étiqueter clairement les bacs de collecte avec des instructions de manipulation et de stockage appropriées.
- Utiliser des codes sur les bacs pour faciliter la traçabilité des huiles et gérer les volumes collectés.
- Collecter les huiles dans des récipients spéciaux, étanches et conformes aux normes de sécurité.
- Identifier clairement les fournisseurs à l'aide d'étiquettes ou de codes pour assurer le suivi de l'approvisionnement et maintenir des registres précis.

En suivant ces recommandations, ECOVA Algérie peut assurer une gestion efficace des huiles alimentaires usagées, produire du savon de haute qualité et respecter les réglementations environnementales tout en sensibilisant le public à l'importance de la gestion responsable des huiles alimentaires usagée.

Sommaire

Remerciements	i
Dédicaces 1	ii
Dédicaces 2	iii
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	v
Liste des abréviations	vi
Introduction Générale	1

Synthèse bibliographique

Chapitre 1. Généralités sur les huiles végétales

1.1. Les huiles végétales alimentaires	3
1.1.1. Définition	3
1.1.2. Les différentes utilisations des huiles végétales	3
1.1.3. Composition des huiles végétales.....	4
1.2. Les huiles végétales de friture	4
1.2.1. Définition	4
1.2.2. Température critique de quelques huiles	5
1.2.3. Aspect réglementaire	5
1.2.5. Composition des huiles alimentaires	6
1.2.6. Dégradation des huiles de friture.....	7
a) Réactions d'oxydation	7
b) Réactions de polymérisation	8
c) Réactions d'hydrolyse	8
1.3. Le marché des huiles alimentaires	9
1.3.1. Production et consommation des huiles végétales	10
1.3.2. Productions mondiales des principales huiles végétales	10
1.3.3. Consommation mondiales de principales huiles végétales	10
1.4. Huiles commercialisées en Algérie et leur composition	11
1.5. Impacts des huiles alimentaires usagées	12
1.5.1. Impact sur l'environnement	12
a) Air	12
b) Sol	12
c) Eau	13

1.5.2. Impacts sur le compostage	13
1.5.3. Impacts sur les réseaux d'assainissements et station d'épuration (STEP)	13
1.5.4. Impacts sur l'économie	13
1.6. Méthodes de valorisation des huiles alimentaires usagées	14
1.6.1. Biocarburants ou biodiesel	14
1.6.2. Production de l'énergie	15
1.6.3. Domaine lipochimiques (savon).....	15
1.7. Généralités sur le Savon	16
1.7.1. Histoire du savon	16
1.7.2. Définition du savon	17
1.7.3. Saponification	17
1.7.4. Propriétés du savon	19
Chapitre 2. L'entreprise ECOVA	
2.1. Présentation de l'entreprise ECOVA	21
2.2. Ses tâches	22
2.3. La superficie de l'entreprise	22
2.4. Organigramme de l'entreprise	23
2.5. Informations générales	23
2.6. Equipements d'ECOVA	24
2.7. Procédés de valorisation des HAU	24
2.7.1. Collecte	24
2.7.2. Zones de collecte	26
2.7.3. Traitement des huiles	26
2.7.4. Procédé utilisé	28

Partie pratique

Chapitre 3. Matériels et méthodes

3.1. Analyse des paramètres physico-chimiques des huiles.....	30
3.1.1. La densité	30
3.1.2. La masse volumique	32
3.1.3. Le Potentiel Hydrogéné (pH)	34
3.1.4. Viscosité	36
3.1.5. Teneur en eau	36
3.1.6. Indice de réfraction	37
3.2. Synthèse du savon	38
3.2.1. Saponification à froid	38
3.2.2. Saponification à chaud	40
3.2.3. Analyses du savon synthétisé	42

a) La teneur en eau	42
b) Le Potentiel Hydrogène (pH)	43
Chapitre 4.Résultats et discussions	
4.1. Les analyses physico-chimiques des huiles	44
4.1.1. La densité	44
4.1.2. La masse volumique	44
4.1.3. Le Potentiel Hydrogéné (pH)	45
4.1.4. Teneur en eau	45
4.1.5. Indice de réfraction	46
4.2. Résultats de synthèses des savons	46
4.2.1. Saponification à chaud	46
4.2.2. Le rendement de la saponification	47
4.2.3. Analyse physico-chimique des savons synthétisés	47
a) La teneur en eau	47
b) pH des deux savons	48
Conclusion générale	50

Les références bibliographique :

- [1] Agbezo D (2011). Adaptation d'un moteur diesel à l'utilisation d'huile végétale pure (HVP) comme carburant : application au prototype « Flexy Energy » Mémoire pour l'obtention du master en Génie électrique.
- [2] Pr.Labbani«biochimie végétale»Mémoire de license BPV/UFMC.
- [3]M. Z .Senoussaoui , M . B .Derradji « caractérisation de biodiesel à partir des huiles de friture» Mémoire de master académique université Kasdi Marbah Ouargla.
- [4] A.Blibek ,S.Khider«impact des huiles alimentaires usagées sur l'environnement et essai de leur valorisation »mémoire de Master 2 en biologie Université de Mouloud Mammeri .
- [5] N. Ben abdi, L. Semssoum «Valorisation des huiles alimentaires usagées» Mémoire de fin d'étude de Master Génie des procédés .
- [6] Les acides gras alimentaires , *Classification, function and balance between the different families,* Médecine des Maladies Métaboliques ;<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1957255711702346?via%3Dihub> (date de consultation: 05 April 2023).
- [7] K.AOUCHAR , M .BGUERMACHE «Valorisation des huiles de friture usagées en biodiesel par la réaction de transesterification» mémoire de Master 2 en science et Gestion de l'Environnement .
- [8] GORNAY J. (2006). Transfert par voie thermique de triglycérides et d'acides gras Application à la valorisation chimique des déchets lipidiques. Thèse. Génie des procédés Institut nationale polytechnique de Lorraine. France, 309p.
- [9] Dobarganes C (1998). Formation and analysis of high molecular-weight compounds
- [10] AFIDOL, Association française interprofessionnelle de l'olive « Le marché mondial des olives », MarketOlea, N°40, Mars 2013.
- [11] *Le Marché mondial des huiles végétales: Structure et évolution* ;<https://hal.science/hal-01891730/document> (date de consultation: 05 May 2023).
- [12] *Production Mondiale d'huile de Tournesol Par pays* (no date a) *AtlasBig.* ;<https://www.atlasbig.com/fr-ch/pays-par-production-d-39-huile-de-tournesol> (date de consultation: 17 Juin 2023).
- [13]Mounia, B. (2021) *Huile de table : Plus de 48.000 tonnes produites Durant la première quinzaine d'avril, APS.* ; <https://www.aps.dz/economie/120866-huile-de-table-les-quantites-produites-de-janvier-a-la-premiere-quinzaine-d-avril-2021> (date de consultation: 01 July 2023).
- [14] DEAL de Guadeloupe (2016) *DECHETS: Les Huiles usagées, un danger pour notre environnement, DEAL de Guadeloupe* ; <https://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/dechets-les-huiles-usagees-un-danger-pour-notre-a1537.html> (date de consultation: 07 March 2023).

- [15] Extrait de :DEVISSCHER S. (1997) - Le compost. Mém. D.E.S.S., univ. Picardie, 60 p.
- [16] AUBRUN, O. (2021) *Les techniques de traitement et de valorisation d'huiles alimentaires usagées*, *OAFORMATION* ;<https://oaformation.com/les-techniques-de-traitement-et-de-valorisation-dhuiles-alimentaires-usagees/> (date de consultation: 03 April 2023).
- [17] S. ABDELOUAHED , M: H.BOULGHITI .« Préparation du biodiesel à partir d'une huile végétale on utilisant un catalyseur hétérogène» Mémoire de master académique université d'Adrar
- [18] A.Farez«Etude de la réaction d'estérification en phase liquide catalysée par les Hétéropolyacides massiques et supportés». Mémoire pour l'obtention de magister, matériaux mixtes.
- [19] A .DJABER, A. HAMOULILI «Suivi de la Qualité Physico-Chimique d'une Huile de Friture et sa Valorisation comme Biocarburant (Biodiesel) » Mémoire de master académique en Biochimie appliquée .
- [20] *Possibilités de recyclage et utilisation des huiles usées production propre.* ;http://www.cprac.org/docs/olis_fr.pdf (date de consultation: 07 June 2023).
- [21] Appleton, H.A. and Simmons, W.H. (William H. (2023) *The Handbook of Soap Manufacture, The Project Gutenberg eBook of The Handbook of Soap Manufacture, by W. H. Simmons and H. A. Appleton* ; <https://www.gutenberg.org/cache/epub/21724/pg21724-images.html> (date : 10 April 2023).
- [22]Book, Produire du savon. P.Donkor, GRET, 1986