



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Département de chimie



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

TECHNIQUES D'ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE (TACQ)

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Etude de l'effet de la soude caustique sur de la
décoloration d'huile de Soja**

Présenté par :

✿ Atifi Houda

Encadré par :

✿ Mlle El Farroudi Fatima (SIOF)

✿ Professeur El Ghazouali Ahmed FST-FES

Soutenu Le 15 Juin 2015 devant le jury composé de:

✿ Pr Lamcharfi Elhadi FST-FES

✿ Pr Idrissi Kandri Nourdine FST-FES

✿ Pr Elghazouali Ahmed FST-FES

Stage effectué à SIOF

Année Universitaire 2014 / 2015

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzer – FES

☒ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14

Site web: <http://www.fst-usmba.ac.ma>

Dédicaces

À mes très chers parents

En reconnaissance de tant de sacrifices consentis pour moi. En témoignage de tant de soins déployés pour mon éducation, mon instruction et mon bien-être. Aucune dédicace ne saurait exprimer le dévouement, le respect et l'amour que je vous porte.

Que Dieu, le tout-puissant, vous protège et vous prête longue vie.

À mes très chers frère et sœur Sanae et Yassine

La chaleur familiale qui nous unit, votre si tendre compagnie ainsi que votre sens de l'humour ont pertinemment Constitué pour moi une source de joie, de fierté et de persévérance .Vous avez toujours su m'épauler tendrement dans les moments difficiles .Votre soutien moral émerveillé par votre grande affection m'est d'un précieux atout dont je ne peux me passer.

Acceptez ma dédicace en témoignage de mon profond amour fraternel.

À mes chères amies

À mes chers amis

À toute ma famille

Avec ma grande considération.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous les gens qui ont sacré de leur temps et de leur énergie afin de faciliter le déroulement de mon stage.

- *La direction de SIOF dans la personne de son Président Directeur Générale Mr. **Khalil Lahbabi** pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer mon stage dans une prestigieuse unité industrielle.*
- *Mr. **Ahmed Elghazouali** mon encadrant et professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès pour tous les efforts qu'il a consenti tout au long de l'élaboration de ce modeste travail : Ses encouragements, ses précieux conseils et la confiance qu'il m'a toujours témoignée m'ont été d'une grande aide.*
- *Mr. **Errafik** Responsable Production à la société SIOF pour son aide et son suivi quotidien.*
- *Mlle **Fatima el farroudi** malgré ses énormes occupations et les grandes responsabilités qu'elle assume, elle a toujours eu le temps de m'écouter, me conseiller et de me diriger afin de mener à bien ce travail, qu'il me soit permis de vous exprimer mes sentiments respectueux,*
- *J'exprime mes remerciements également aux **membres de jury** qui ont accepté de participer à l'évaluation de ce travail.*
- *Ma sincère gratitude va également à **l'ensemble du personnel de service production** qui n'a cessé de me fournir les informations nécessaires durant mon stage.*

Enfin, J'adresse mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Liste de tableaux

Tableau 1 : Les composés de métaux en huile brute.....	5
Tableau 2 : Caractéristiques de l'huile de SOJA.....	6
Tableau 3 : Les produits éliminés et réduits dans chaque étape de raffinage.....	10
Tableau 4 : Les analyses effectuées pour chaque étape de raffinage.....	20
Tableau 5 : Les volumes de NaOH à ajouter pour la neutralisation d'huile.....	29
Tableau 6 : Résultats obtenus pour la neutralisation.....	32
Tableau 7 : Résultats obtenus pour la décoloration.....	33

Liste de figures

Figure: Organigramme de la SIOF.....	3
Figure 2: Huile de Soja.....	6
Figure 3: Huile de Tournesol.....	7
Figure 4: Huile de grignon.....	7
Figure 5: Huile d'olive.....	8
Figure 6: Echangeur tubulaire et bac de lancement.....	11
Figure 7: Bac de contact.....	12
Figure 8: Séparateur RSA150.....	13
Figure 9: Sécheur sous vide.....	15
Figure 1: Décolorateur.....	16
Figure 11: Filtre à plaque et filtre à poche.....	17
Figure 12: Désodoriseur.....	18

Sommaire

Chapitre 1 : Présentation de la société SIOF

I.	Aperçu sur SIOF :	4
1.	Présentation et historique :	4
2.	Activités et site de production :	5
3.	Les produits de l'entreprise :	5
4.	organigramme de la SIOF :	5
II.	Les huiles alimentaires :	6
1.	Définition :	6
2.	Composition chimique des huiles alimentaires :	6
III.	Présentation des huiles élaborées par la SIOF :	8
1.	L'huile de SOJA :	8
2.	L'huile de tournesol :	9
3.	L'huile de grignon :	10
4.	L'huile d'olive :	10

Chapitre 2:Le raffinage des huiles

I.	Définition :	11
II.	Principe du raffinage :	11
III.	Description des différentes étapes du raffinage :	13
1.	La Réception des huiles brutes :	13
2.	Préparation de l'huile :	13
3.	Démucilagination ou dégommage :	13
4.	Neutralisation :	15
5.	Lavage :	16
6.	Séchage :	17
7.	Décoloration :	18
8.	Filtration :	19
9.	Désodorisation :	20
10.	La fortification :	21
IV.	Emballage et conditionnement :	22
V.	Les analyses effectuées au sein du laboratoire :	22
1.	Analyses instrumentales:	23
A.	transmission (coloration) :	23
B.	Dosage de phosphore :	23

V. <u>Les analyses effectuées au sein du laboratoire :</u>	22
1. <u>Analyses instrumentales:</u>	23
A. <u>transmission (coloration) :</u>	23
B. <u>Dosage de phosphore :</u>	23
2. <u>Analyses non instrumentales :</u>	24
A. <u>Contrôle de l'acidité :</u>	24
B. <u>Taux de savon :</u>	25
C. <u>Dosage des impuretés :</u>	25
D. <u>Humidité de l'huile :</u>	26
E. <u>Dureté de l'eau :</u>	26
F. <u>excès de soude :</u>	27
G. <u>analyse de la patte :</u>	27

Chapitre 3: Effet de la soude caustique à différente concentration sur l'étape de la décoloration

I. <u>Introduction :</u>	29
1. <u>Préparation de la soude caustique :</u>	29
2. <u>Neutralisation ou démulcination :</u>	29
3. <u>Lavage :</u>	32
4. <u>Séchage :</u>	32
5. <u>Décoloration :</u>	33
II. <u>Résultats et discussion :</u>	35
1. <u>Résultats pour la neutralisation :</u>	35
2. <u>Résultats pour la décoloration:</u>	36
<i>Conclusion générale</i>	37

Introduction générale

L'agroalimentaire reste l'un des secteurs les plus stratégiques en Méditerranée, en dépit des progrès de l'industrie et du boom des services. Les pays méditerranéens font en effet face à un accroissement constant de leurs besoins alimentaires, conséquence directe de leur rapide croissance démographique et des changements récents dans les modes de consommation.

Chaque huile possède une saveur, un parfum et une qualité nutritive spécifique qui ne permet pas de les considérer comme des vulgaires corps gras. Les huiles alimentaires végétales sont donc des aliments importants qui apportent chacun des nutriments très utiles à la santé.

Les huiles et les graisses ont toujours constitué une part importante dans le domaine agroalimentaire. Les huiles végétales offrent un large choix tant au niveau du goût, de l'utilisation, du prix, que de la qualité. Parmi ces produits l'huile de soja brute extraite des graines de soja et qui nécessite, pour obtenir une huile comestible, prête à la consommation, un traitement qui doit garantir au consommateur un produit d'aspect engageant, neutre de goût, résistant à l'oxydation, adapté à l'emploi désiré et débarrassé de ses substances toxiques ou nocives.

Ce stage m'a permis de suivre de près le fonctionnement et la hiérarchie qui dirige le secteur industriel, aussi que la formation professionnelle vise à faire acquérir aux stagiaires des connaissances et des expériences en vue de les préparer à l'emploi avec compétence, responsabilité et qualité, ainsi ce stage aide à amener l'étudiant à se confronter à des situations réelles et élargir sa formation et ses connaissances dans le domaine pratique.

Ce rapport comporte trois chapitres :

- ❖ Le premier chapitre : présente une brève présentation de la SIOF et ses produits commerciaux.
- ❖ Le deuxième chapitre (expérimental) : décrit le processus de raffinage des huiles et leurs conditionnements, et aussi les analyses effectuées au sein de la SIOF pour garantir de la qualité de ses produits.
- ❖ Le troisième chapitre : expose la partie de mon sujet « l'effet de l'ajout de la soude (en excès ou par défaut) sur la décoloration d'huile de soja ».

Chapitre 1 :

Présentation de la SIOF

I. Aperçu sur SIOF :

1. Présentation et historique :

La société industrielle oléicole de Fès (**SIOF**) est une société anonyme à vocation agroalimentaire, plus précisément dans le domaine de l'extraction, raffinage, et le conditionnement des huiles alimentaires et conserve des olives.

- Elle est créée en **1961** sous forme d'une société à responsabilité limitée «SARL», entant qu'huilerie, extraction d'huile de grignon et conserverie d'olives.
- En **1966** : l'installation d'une raffinerie d'huile alimentaire (huile de table : tournesol, soja, colza, coton...)
- En **1972** : la fabrication d'emballages en plastique et le conditionnement des produits, et un atelier pour le remplissage, le capsulage, et l'étiquetage des bouteilles.
- En **1978** : la distribution des produits SIOF s'étend sur tout le royaume du Maroc grâce au premier lancement de la campagne publicitaire. Plusieurs dépôts ont été ouverts dans différentes régions. La société a recruté plusieurs représentants. Elle a installé un nouveau système de décirage (*élimination des cires*) avec de nouveaux matériaux de remplissage et surtout un suivi permanent du marché au niveau de la qualité du produit, du prix de vente et de la concurrence.
- Entre **1980** et **1984** : la modernisation des outils de production, ainsi que la société a augmenté la capacité de production par l'installation d'un système de raffinage de 30000 t/an.
- En **1985** : la société se transforme en SA avec un capital de 30 millions de Dirhams.
- Entre **2003** et **2004** : la société installe deux machines de soufflage pour la fabrication des bouteilles en PET.
- **Actuellement**, la société se trouve devant une concurrence de plus en plus accrue, lui imposant d'adopter une gestion et un management plus moderne pour être compétitive soit au niveau national ou international.

2. Activités et site de production :

La société SIOF raffine, conditionne et commercialise une large gamme d'huiles et d'olives de conserve, pour atteindre ses objectifs en matière de production, l'entreprise s'est installée progressivement sur trois sites :

- Le premier au quartier industriel **DOKARAT à Fès** dont les activités sont : le raffinage et conditionnement des huiles alimentaires, et s'étend sur une superficie de 12000 m².
- Le deuxième au quartier industriel **SIDI BRAHIM à Fès** qui a intégré l'extraction des huiles de grignon et la conserve et conditionnement d'olives de table, et qui occupe une superficie de 20000 m².
- Et le troisième à **Ain Taoujdate « domaine EL HAMD »**, spécialisé en extraction des huiles de grignon et qui intègre l'amont agricole, et qui s'étend sur une superficie de 20000 m².

3. Les produits de l'entreprise :

❖ Les huiles alimentaires :

- « SIOF » : huile de table raffinée à base de soja, lancé sur le marché national en 1966.
- « Moulay Idriss » : huile d'olive vierge courante, lancé sur le marché national en 1992.
- « Andaloussia » : huile de grignon raffiné, lancé sur le marché national en 1993.
- « Frior » : huile de friture 100% tournesol, lancé sur le marché national en 1996.

4. organigramme de la SIOF :

L'aspect organisationnel de la **SIOF** ne diffère pas entièrement des types d'organisations disponibles au sein d'autres établissements. Il se présente de la manière suivante :

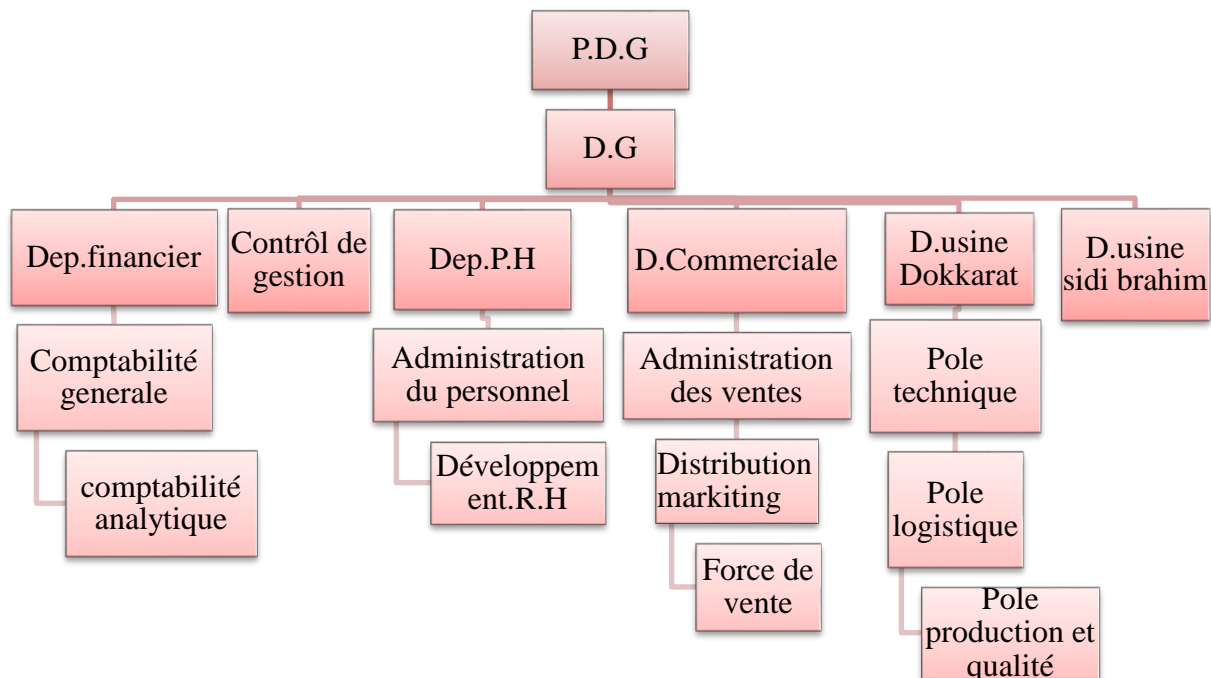


Figure 1 : Organigramme de la société SIOF.

II. Les huiles alimentaires :

1. Définition :

L'huile est un terme générique désignant des matières grasses qui sont à l'état liquide à température ambiante et qui ne se mélangent pas à l'eau. Les huiles sont des liquides gras, visqueux, d'origine animale, végétale, minérale ou synthétique. Elles se différencient des graisses qui sont pâteuses dans les conditions normales d'utilisation.

2. Composition chimique des huiles alimentaires :

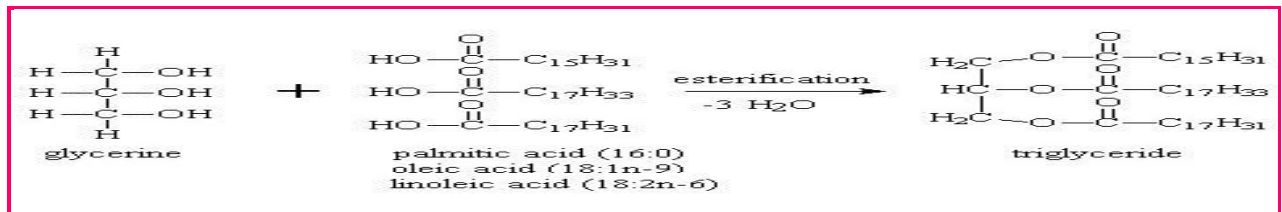
Les huiles alimentaires sont constituées à 100 % de lipides (environ 99 % de triglycérides, le reste étant composés principalement de lécithines et de vitamine E), elles ne contiennent pas

d'eau et sont très caloriques. Les huiles sont un mélange de triglycérides différents dont la composition moyenne est connue. Leur teneur élevée en acides gras mono-insaturés ou poly-insaturés est bénéfique pour la santé. Chaque huile a une composition gras différente, ce qui justifie les recommandations de varier les sources d'huiles consommées afin de varier les apports :

🌀 Les triglycérides :

Les triglycérides : sont des glycérides dans lesquels les trois groupes hydroxyle du glycérol sont estérifiés par des acides gras. Ils sont le constituant principal des graisses animales et de l'huile végétale.

Un triglycéride est synthétisé à partir l'équation suivante :



🌀 Les phospholipides :

Un phospholipide : est un lipide contenant un groupe acide phosphorique en tant que mono ou diester. Cette famille inclut notamment les acides phosphatidiques et les phosphoglycérides. Ce sont des lipides amphiphiles, c'est-à-dire constitués d'une « tête » polaire (hydrophile) et de deux « queues » aliphatiques (hydrophobes).

Ils peuvent représenter 2 % de l'huile de soja (30 % de lécithine, 30 % de céphaline et 40 % d'inositol); les teneurs de l'huile brute en ces phospholipides dépendent du mode de trituration employé.

Ils se présentent dans l'huile sous forme:

• **Hydratables:** Ces formes contiennent un groupe fortement polaire, ce sont en particulier la phosphatidyl choline et la **phosphatidyl éthanol amine** qui sont aisément éliminés.

• **Non hydratables:** ce sont les sels de calcium et de magnésium des acides phosphatidiques et des phosphatidylinositols. Ces formes non hydratables peuvent réagir avec des acides forts en donnant des sels monovalents et des acides, elles deviennent alors hydratables et forment des composés insolubles dans l'huile.

En outre, les phospholipides sont souvent liés à des métaux lourds comme le fer et le cuivre qui sont de puissants catalyseurs d'oxydation, surtout le cuivre qui présente une activité dix fois supérieure à celle du fer.

🌀 Les tocophérols :

- Le tocophérol est une substance liposoluble, c'est-à-dire qui se dissout dans l'huile, indispensable à l'organisme humain mais qui ne la fabrique pas. Sans cette vitamine, le corps humain ne peut pas se développer et fonctionner correctement.
- Elle est le plus important antioxydant c'est-à-dire qu'elle protège les lipides de l'organisme, y compris les membranes des cellules, de l'oxydation. Les dommages oxydatifs sont associés au vieillissement prématuré.

- La teneur en tocophérols dans une huile de soja brute est de l'ordre de 150 à 280 mg pour 100 g d'huile. Après raffinage, la teneur se situe à 90 à 150 mg pour 100 g d'huile, ils sont remarquables pour leur protection contre le rancissement de toutes les huiles végétales tel qu'huile de soja.

↻ Les stérols :

Il s'agit de molécules complexes à plusieurs cycles avec une fonction alcool, dont le principal représentant est le cholestérol. Ils sont retrouvés soit à l'Etat libre ou combiné avec un acide gras. Les végétaux contiennent des stérols qui leur sont spécifiques comme le campesterol présent dans l'huile de soja. Une partie de ces stérols est entraînée à la vapeur lors de la désodorisation.

↻ Les colorants :

Les colorants sont des pigments qui donnent à l'huile sa belle couleur jaune ou verte. Ce sont principalement la chlorophylle pour la couleur verte et le carotène pour la couleur jaune.

- le β -carotène se rencontre dans toutes les huiles végétales. C'est un colorant particulièrement sensible à la chaleur et à l'oxydation.
- La chlorophylle est présentée en grande quantité dans les huiles d'olive.

↻ Autres composants :

- **Un phénol** (antioxydant) : est une molécule aromatique, possédant un groupe hydroxyle OH fixé sur un carbone d'un cycle benzénique :

Les huiles sont riches en antioxydants, qui les protègent du vieillissement, cette richesse en antioxydants est due probablement au fait où l'olive, qui est un fruit exposé à l'air, est obligée de se défendre de l'oxygène et doit par conséquent synthétiser une plus grande quantité de substances antioxydantes, que l'on retrouve par la suite dans l'huile dont elle est extraite.

- **les composés métalliques** : Malgré la faible quantité des métaux dans l'huile de soja, mais il est très nécessaire de les éliminer car leur influence catalytique pour les réactions d'oxydation notamment la réaction de l'auto-oxydation.

Les minéraux	Quantité maximum (teneur pour 100g d'huile)
Magnésium	1.52mg
Potassium	1.84mg
Calcium	3.84mg
Sodium	1.11mg
Manganèse	0.0131mg
Fer	0.0408mg
Cuivre	0.0039mg
Zinc	0.11mg
Sélénium	10 μg

Tableau 1 : Les composés de métaux en huile brute.

III. Présentation des huiles élaborées par la SIOF :

1. L'huile de SOJA :



Figure 2 : Huile de Soja

L'huile de soja est une huile végétale extraite de la fève de soja, utilisée dans l'alimentation, L'huile vierge de soja est intéressante sur plusieurs points :

- ◆ Richesse en acides gras essentiels en particulier l'acide linoléique peu répandu dans les huiles végétales (précurseurs des acides gras supérieurs entrant dans la composition des cellules nerveuses et du cerveau).
- ◆ Richesse en lécithines (phosphatide = phosphoaminolipide complexe) dont le rôle est émulsifiant (intervention lors de la digestion) et participent aux transports des esters du cholestérol, des sels biliaires et finalement des lipoprotéines.
- ◆ Apport de vitamine E renforcée par l'action antioxydante des lécithines. L'huile vierge de soja est donc conseillée dans les régimes à apport de graisses surveillées (prévention du mauvais cholestérol et des maladies cardio-vasculaires).

Humidité et impuretés volatiles	0,3 % maximum
Acides gras libres	0,75 % maximum
Phosphatide (exprimés en Phosphore)	0,02 % maximum
Matières insaponifiables	1,5 % maximum
Point d'éclair	12 °C minimum

Tableau 2 : Caractéristiques de l'huile de soja.

2. L'huile de tournesol :



Figure 3 :Huile de tournosol

L'huile de tournesol est une huile végétale obtenue à partir des graines de tournesol sous une pression à froid.

Elle est composée à 98% de triesters d'acides gras et 2% des stérols (β -sitostérol) + tocophérol (vitamine E).

La composition en acides gras de l'huile de tournesol utilisée pour l'alimentation humaine est la suivante (en % massique):

- ✘ **Acide linoléique** (C18:2 ω -6 polyinsaturé) : 70 %
- ✘ **Acide oléique** (C18:1 ω -9 mono insaturé) : 20 %
- ✘ **Acide palmitique** (C16:0 saturé) : 6 %
- ✘ **Acide stéarique** (C18:0 saturé) : 5 %
- ✘ **Autres** : 2 %

3. L'huile de grignon :



Figure 4 : Huile de grignon

L'huile de grignon est le déchet solide issu de la fabrication de l'huile d'olive, le grignon renferme la plus grande partie de la matière sèche de l'olive - peau, pulpe, petits morceaux de noyau et une certaine proportion d'eau de végétation qui contient à son tour les composants hydrosolubles de l'olive.

Les grignons épuisés diffèrent essentiellement par une plus faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'ils ont été déshydratés au cours du processus de l'extraction.

Les grignons épuisés partiellement dénoyautés sont constitués essentiellement par la pulpe (mésocarpe) et contiennent encore une petite proportion de coques qui ne peuvent être séparées complètement par les procédés de tamisage ou de ventilation utilisés. Le grignon épuisé ainsi obtenu est utilisé pour la calcination des chaudières.

4. L'huile d'olive :



Figure 5 : Huile d'olive

L'huile d'olive, dont le bon goût et les bienfaits pour la santé sont largement reconnus, se confond avec le paysage et l'histoire du bassin méditerranéen, où l'olivier est cultivé depuis des millénaires.

Simple et délicate à la fois, l'extraction de l'huile d'olive nécessite le passage par plusieurs étapes : de la cueillette du fruit, à la production d'huile, en passant par le lavage, le broyage, le malaxage, le pressurage, la décantation et le stockage. L'huile d'olive ainsi produite doit alors être conservée à l'abri de l'air et de la lumière.

L'huile d'olive est composée d'environ 99% de matières grasses .le 1% restant constitue les composés mineurs, il s'agit des alcools, des stérols, des phénols. Elle est très riche en vitamines (A, B, K et E), en provitamine A (carotène) et en sels minéraux.

Chapitre 2 :

Le raffinage des huiles

I. Définition :

Le raffinage constitue une étape clé de la technique de production des huiles et corps gras d'origine végétale ou animale, permettant d'obtenir une qualité conforme aux exigences des différents secteurs utilisateurs : alimentation humaine, alimentation animale, cosmétique, pharmacie, chimie verte...

Les huiles brutes sont importées de plusieurs pays à citer ; le Canada, le Brésil, l'Argentine et l'Espagne, puis sont stockées dans le COSTOMA (compagnie de stockage marocaine) qui distribue aux diverses huilières du Maroc.

Cette distribution se fait inégalement pour les différentes sociétés, et cela selon le pourcentage précisé par l'Etat : SIOF bénéficie d'environ 21 % du total de cette opération alors que le premier concurrent **LESIEUR** et **CRISTEL** touche le plus grand pourcentage qui est de 75 %.

II. Principe du raffinage :

Le procédé de raffinage des huiles brutes consiste à corriger des défauts non désirés, comme l'acidité, la couleur, l'odeur et la saveur. C'est l'ensemble des opérations qui servent à transformer l'huile brute en un produit comestible et à obtenir une huile aux qualités organoleptiques et chimiques satisfaisantes, en éliminant les substances indésirables et nuisibles à la qualité de l'huile.

Le raffinage reste cependant une technique dépendant bien sûr du savoir faire et de bonnes pratiques de conduite mais aussi, d'une connaissance suffisante des propriétés physico-chimiques spécifiques et de la stabilité des corps gras glycériques. Cette double maîtrise est indispensable pour adapter à chaque corps gras brut les paramètres opératoires qui permettront d'éliminer efficacement les composés indésirables, sans dégrader ou perdre les constituants utiles, tels que les acides gras poly-insaturés, les stérols ou la vitamine E.

Le raffinage effectué au niveau de la SIOF est un raffinage chimique comprend plusieurs opérations élémentaires pour le but d'éliminer certains composés constitués l'huile :

Opération	Composés éliminés ou réduits en quantités
Démucilagination	-Produits hydratables non gras, principalement hydrates carbone et protéines partiellement extraits. - Lipides non glycéridiques hydratables tels que phospholipides partiellement extraits - Chlorophylle (partiellement extraite), surtout si l'acide phosphorique est utilisé.
Neutralisation alcaline	-Acides gras libres et autres produits extraits. - Phospholipides résiduels extraits. - Composés protidiques réduits. - Matières colorantes réduites.
Lavage	-L'excès de soude. - Les phospholipides. - Les traces de savon.
Séchage	-Humidité
Décoloration	-Caroténoïdes extraits. -Chlorophylles et ses produits de décomposition extraits. -Pigments analogues au gossypol extraits. -Agents toxiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques extraits.
Désodorisation	-Acides gras libres, produits de décomposition des peroxydes, principes colorants et leurs produits de décomposition éliminés. - Stérols et esters de stérols réduits - Tocophérols réduits

Tableau 3 : les produits éliminés et réduits dans chaque étape.

III. Description des différentes étapes du raffinage :

1. La Réception des huiles brutes :

- Pesage des huiles brutes.
- Déchargement des huiles des citernes aux cuves de stockage en acier inoxydable, au moyen de tuyaux munis d'un filtre destiné à retenir les éventuels corps étrangers.
- Stockage temporaire des huiles dans les cuves de stockage, au niveau de la SIOF il y a 5 cuves de stockage (3 cuves pour l'huile de soja ,1 pour l'huile de tournesol et 1 pour l'huile de grignon).

2. Préparation de l'huile :

L'huile brute (froide) venant du bac de stockage reçoit un appoint de 2 à 3% d'eau dans les maturateurs pour gonfler les phospholipides hydratables pour qu'ils soient faciles à les séparer, puis elle passe par un échangeur à plaques à contre-courant, elle est préchauffée à 60°C avec l'huile désodorisée (chaude), avant de la refouler à la cuve de lancement.

L'huile est ensuite filtrée dans un filtre à double corps contenant chacun d'eux un tamis pour éliminer les grosses substances, puis chauffée à 85-90°C dans un échangeur à spirale avec de la vapeur des eaux adoucies venant de la chaudière, cette opération a pour but de diminuer la viscosité de l'huile qui va être pompée vers le bac de contact.



Figure 6 : Echangeur tubulaire et Bac de lancement

3. Démucilagination ou dégomme :

Le dégomme consiste à hydrater les phospholipides et les matières mucilagineuses à une certaine température dans le but de réduire leur solubilité dans l'huile et ainsi faciliter leur élimination. Un acide du type phosphorique est avantageusement ajouté car il améliore la cinétique et permet la transformation des phospholipides non hydratables en hydratables. L'élimination parfaite du phosphore est une opération très importante pour obtenir une bonne qualité de l'huile de soja.

Les principaux inconvénients des phospholipides sont présentés comme suit:

- ◆ Ils forment en présence d'eau des précipités peu souhaitables dans le produit fini.
- ◆ Les phospholipides sont souvent liés à des métaux lourds comme le fer et le cuivre qui sont de puissants catalyseurs d'oxydation, surtout le cuivre qui présente une activité dix fois supérieure à celle du fer.
- ◆ Ils présentent des propriétés émulsifiantes (pertes au raffinage).
- ◆ Ils réduisent le rendement lors de l'opération de filtration (colmatage des filtres).
- ◆ Ils réduisent l'activité des terres de blanchiment. - Leur présence conduit à des phénomènes de mousse lors de l'opération de désodorisation.
- ◆ Ce sont de puissants inhibiteurs des catalyseurs d'hydrogénation.

La démucilagination sert à éliminer aussi **les sucres libres et glycolipides**, les pigments et notamment les chlorophylles, les composés protidiques. Les matériaux hydratés précipitent dans l'huile après le refroidissement et sont éliminés par centrifugation. La teneur élevée en phospholipides des huiles de soja donne lieu à la production de lécithine qui est récupérée spécifiquement et valorisée industriellement après séchage et traitement.

Les principaux facteurs qui influencent l'efficacité de dégomme sont : la concentration d'acide, la température et le temps d'opération.

À noter que la teneur en phospholipides est mesurée analytiquement par la teneur en phosphore par absorption atomique ou spectrophotométrie.

Remarque :

L'action de l'acide phosphorique a quelques inconvénients sur l'huile :

- Elle renforce la couleur de l'huile.
- L'altération de la qualité de l'huile.



Figure 7 : Bac de contact

4. Neutralisation :

a. Principe :

L'huile brute contient toujours des acides gras libres qu'il faut éliminer. Ces derniers sont indésirables dans l'huile car ils sont des catalyseurs d'oxydation.

La neutralisation à la soude est très intéressante **car elle élimine aussi les pigments colorés et les traces de métaux** qui peuvent accompagner l'huile lors du stockage. L'huile venant de la démulcination est mélangée avec de la soude caustique, **la quantité de soude qu'il faut ajouter, doit tenir compte de la quantité d'acide phosphorique utilisée et de l'acidité de l'huile.**

Cette acidité (d'huile brute) dépend de :

- La nature de l'huile.
- Son origine.
- Conditions de la récolte.
- Techniques de trituration.
- La durée de stockage.

La réaction d'équilibre chimique entre les acides gras libres et la soude est la suivante :



Remarque importante :

Pour déplacer l'équilibre dans le sens d'une neutralisation complète, il est nécessaire d'employer **un léger excès de soude** de l'ordre de 5 à 10%. Cet excès doit être bien dosé afin d'éviter les pertes par saponification parasite des triglycérides.

b. Procédé :

- ⇒ A l'aide d'une pompe doseuse, la soude est injectée dans l'huile provenant du bac de contact : 16 à 18 degrés baumé (débit = 80 L / h) pour l'huile de soja et 20 D° baumé pour l'huile de grignon et de tournesol.
- ⇒ Le mélange d'huile et de soude passe dans un mixeur à grande vitesse pour éliminer tout risque de saponification parasite avant d'être envoyé vers le séparateur à bol auto-débordeur (RSA 150) destiné à séparer les pâtes de neutralisation.
- ⇒ Le mélange est divisé en deux phases :
 - **Phase lourde** : pâte de neutralisation.
 - **Phase légère** : huile neutralisée.
- ⇒ **À la sortie de l'étape de neutralisation, l'huile neutralisée doit avoir les caractéristiques suivantes :**
 - Acidité** : 0,02 – 0,04 %.
 - Traces de savon** : entre 1000 et 1200 ppm.



Figure 8 : Séparateur RSA150

5. Lavage :

⌘ But :

Cette opération permet d'éliminer les substances alcalines (savons et soude en excès) présentes dans l'huile sortante du séparateur de neutralisation, ainsi que les dernières traces de métaux, de phospholipides, et d'autres impuretés.

Remarque 1 :

Il est essentiel que l'huile brute ait subi une bonne démulcination. Dans le cas contraire, il peut se produire des émulsions importantes et une partie du savon risque de ne pas être éliminée.

❖ Conduite de lavage :

☪ Pour l'huile de SOJA :

- ◆ L'huile neutralisée du *soja* reçoit l'eau chaude (90°C) du lavage à 10 % introduites par une pompe doseuse dans une centrifugeuse auto-débordeuse (RSA60), le mélange riche en savon est brassé lentement dans un conducteur pendant 1 à 3 min sans risque d'émulsion.
- ◆ L'huile sortante du 1^{er} lavage reçoit à nouveau 5 % d'eau et d'acide citrique 30 % dans un séparateur manuellement débordeur (OSM8004), ce qui facilite l'élimination des savons, après elle passe dans un mélangeur rapide. Le mélange est séparé par centrifugation.

☪ Pour l'huile de Grignon et de Tournesol :

Après la neutralisation, l'huile va subir les opérations suivantes :

- ◆ On refroidit les huiles neutralisées dans un échangeur (1) b : huile – huile (*huile froide qui sort de décirage, va refroidir l'huile chaude qui sort de neutralisation*), et aussi un échangeur huile - eau jusqu'à 11°C.
- ◆ L'huile refroidit, est injectée par NaOH (2^{ème} soude) 15-16 degrés baumés **pour créer plus de savons qui vont jouer le rôle de combinaison des cires.**
- ◆ L'huile est conduite vers les maturateurs où on peut ajouter l'eau pour bien cristalliser les cires sous forme de graines pour qu'elles soient faciles à éliminer, sachant que l'huile passe d'un maturateur à l'autre dans un circuit plus long dans le but d'avoir un temps de séjour.
- ◆ Dès les 3^{èmes} maturateurs l'huile est pompée vers un échangeur huile – eau à 25°C qui va augmenter la température d'huile un peu près de 15-16°C en évitant la rupture des cires cristallisées.
- ◆ A l'aide de la force centrifugeuse du séparateur RSA150 on va séparer les cires (partie lourde) de l'huile (partie légère).
- ◆ L'huile décirée est chauffée par l'échangeur(1) : huile – huile (*huile chaude qui sort de neutralisation va chauffer l'huile froide qui sort de décirage*) et aussi par échangeur huile vapeur jusqu'à 90°C, et le lavage se poursuit comme pour le soja.

Remarque 2 :

- ✓ Pour l'huile de soja le lavage est effectué dans deux séparateurs (RSA150 et OSM8004) et pour l'huile de grignon et de tournesol le lavage s'effectue dans un seul séparateur : (OSM8004).
- ✓ Le lavage est utilisé en deux stades, l'eau utilisée est adoucie pour éviter l'encrassement des bols par dépôt de savons et de phosphates de calcium. L'eau de lavage doit être le plus chaud possible (environ 90°C) et représente 10 à 15 % de l'huile traitée.

6. Séchage :

⌘ But :

C'est une étape qui consiste à éliminer l'humidité présente dans l'huile lavée, avant l'opération de décoloration, car l'humidité peut provoquer un colmatage des filtres, surtout en présence du savon.

La technique de séchage est basée sur le phénomène de l'évaporation de l'eau à une température inférieure à sa température normale d'évaporation, en appliquant des pressions élevées.

❖ Procédé :

L'huile décirée sortante du lavage avec une température de 90°C, est pulvérisée dans une tour verticale maintenue sous vide appelé sécheur

À la sortie du sécheur on doit avoir :

- ❁ Une **acidité** inférieure à 0,04%.
- ❁ Une **humidité** inférieure à 0,1%(qui était à l'entrée du sécheur entre 0,5 et 0,7 %).
- ❁ Des **traces du savon** inférieure à 50 ppm ou égal à 0 ppm.
- ❁ Un **% en mucilages** ne dépassant pas 10 ppm.



Figure 9 : Sécheur sous vide

7. Décoloration :

❖ But :

C'est une opération qui consiste à éliminer les pigments colorés (chlorophylles, carotènes), une partie du phosphore, les peroxydes responsables de la couleur foncée de l'huile brute et que la neutralisation n'a que partiellement détruits. Cette décoloration dite aussi blanchiment fait intervenir un phénomène physique : adsorption, sur des terres décolorantes actives, de la quantité des agents décolorants en fonction de la coloration initiale et de la nature des pigments.

❖ Effet de la terre décolorante :

Les terres activées (terres décolorantes commerciales) en général, ne possèdent aucun pouvoir décolorant à l'état naturel. L'activation des terres consiste à transformer les silicates

en silice colloïdale qui possède un fort pouvoir absorbant. Cette opération est réalisée par voie chimique (action d'acide fort).

Les charbons actifs sont seuls capables d'éliminer les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui peuvent être présents en quantité non négligeable dans certaines huiles végétales.

❖ Conduite de décoloration :

A la sortie du sécheur, l'huile est séparée en 2 conduites :

- ◆ Une première conduisant 90% de l'huile directement vers un échangeur thermique à spirale (où elle sera chauffée à 100°C) puis vers le décolorateur.
- ◆ Une 2ème conduisant 10% vers un mélangeur de la terre (10% de charbon actif + 0,08% de terre). Après un temps de contact de 20 min (suffisant pour avoir un bon mélange), le mélange rejoint les 90% d'huile dans le décolorateur.



Figure 10 : Décolorateur

Remarque :

L'opération de la décoloration se fait à une $T = 110^{\circ}\text{C}$ et un vide de 60 mmHg dans un décolorateur muni d'un agitateur qui assure un bon contact entre l'huile et la terre, empêche les dépôts au fond du décolorateur et permet de limiter le temps de réaction à 20 minutes.

8. Filtration :

La séparation de l'huile et de la terre usée s'effectue par filtration à travers un milieu poreux constitué par de la toile filtrante, dont le diamètre des pores est inférieur au diamètre des particules de la terre, ce qui permet le passage de l'huile seule à travers le filtre.

A la sortie de la décoloration, le mélange huile-terre est filtré dans un filtre à plaque « AMAFILTER » et des filtres de polissage (de sécurité) pour éliminer les pigments en suspension.



Figure 11 : Filtre à plaques et Filtre à poches

9. Désodorisation :

C'est la dernière étape du raffinage, son but principal est l'élimination des substances odorantes telles que : les aldéhydes, les cétones les hydrocarbures, peroxydes (substance provenant de l'oxydation de l'huile), ainsi que certains pigments contenus dans les huiles, et ceci pour leur conférer les qualités requises pour la consommation. Ce procédé a l'inconvénient majeur de dégrader une partie des tocophérols, cette désodorisation s'effectue par distillation par l'injection de la vapeur sèche dans l'huile sous vide poussé à haute température, il s'agit d'un entraînement à la vapeur des substances plus volatiles que l'huile.

L'huile décolorée est stockée dans un bac, ensuite elle est pompée vers le 1^{er} échangeur à plaques à contre-courant ; elle y entre avec une température de 110°C et sort à 120°C, la quantité d'énergie qu'elle a reçue est fournie par l'huile désodorisée qui subit le refroidissement. L'huile chauffée est ensuite envoyée vers le dégazeur sous vide, celui-ci permet le séchage et la désaération par le système du vide .L'huile séchée passe ensuite dans un 2^{ème} échangeur de chaleur (toujours avec l'huile désodorisée), de laquelle elle sort à une température de 160°C .un dernier chauffage de l'huile avec un échangeur tubulaire augmente sa température jusqu'à 210°C par un échange de chaleur avec un fluide thermique : eau déminéralisée, provenant de la chaudière et circulant dans le serpentin.

L'huile ainsi obtenue à 210°C, est envoyée vers un désodoriseur fonctionnant en système continue, ce dernier est constitué de 5 compartiments, chacun d'eux a sa propre injection de vapeur sèche qui engendre le barbotage de l'huile et facilite l'entraînement des composés volatils vers la phase vapeur sous l'effet du vide .L'huile préchauffée entre par la partie supérieure du désodoriseur ,ensuite l'huile s'écoule par débordement du premier compartiment au deuxième et de la même manière jusqu'au 5^{ème} compartiment ou l'huile va être récupérée à une température de 210°C. Pour les acides gras issus de la désodorisation, ils sont aspirés dans un bac sous l'effet du vide, puis ils sont stockés dans des tanks de stockage des acides gras. L'huile désodorisée ainsi récupérée passe par les mêmes échangeurs à plaques qui ont assuré son préchauffage. Sa température baisse de 210°C à 160°C, de 160°C à 110°C et arrive jusqu'à 40°C.

À la fin l'huile finie passe dans des filtres en poches pour subir un polissage qui va éliminer toutes les impuretés qui ont persisté dans l'huile.

Après ces opérations, l'huile doit avoir :

☺ Acidité <0.1%.

- ☞ Teneur en phosphore <3 ppm
- ☞ Taux de savon =0 ppm
- ☞ Absence d'humidité car c'est un agent de lipolyse (c'est une réaction de dégradation des lipides).
- ☞ Absence de chlorophylle et de carotène car se sont des agents de photo oxydation.
- ☞ Absence de Fer et de cuivre car se sont des catalyseurs d'oxydation.
- ☞ Absence d'odeur et de flaveur.

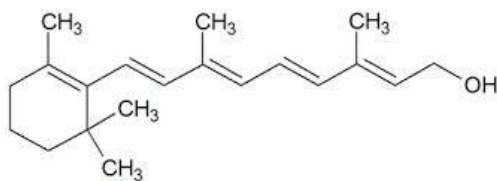


Figure 12 : Désodoriseur

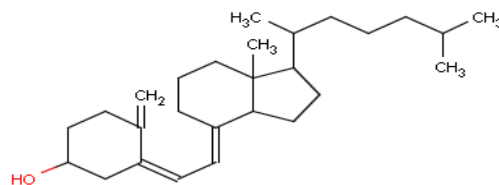
10. La fortification :

La malnutrition due aux carences en micronutriments surtout les vitamines A et D₃ affecte profondément l'état nutritionnel, la santé et le développement d'une proportion importante de la population marocaine. Ainsi plusieurs efforts sont faits pour se dépasser de ce problème, la solution la plus connue est la fortification des produits alimentaires (huile, margarine...etc.) par ces deux vitamines :

Vitamine A :



Vitamine D₃ :



La fortification des aliments est définie comme tout traitement ayant pour but essentiel d'élever la teneur en principe nutritif de ces aliments au-dessus de la valeur considérée comme normale. La fortification des aliments avec la vitamine A et D₃ est une stratégie très efficace pour lutter contre les troubles dus aux carences en ces deux vitamines. **L'huile finie de la SIOF est enrichie avec les vitamines A et D₃.**

IV. Emballage et conditionnement :

C'est la dernière étape de processus de production, il consiste à la fabrication de l'emballage plastique et la mise en bouteilles de l'huile raffinée. il est équipé par différentes machines françaises et italiennes.

Le magasin est constitué de deux lignes de production :

- Une ligne **2L/5L (PET)** dont laquelle le remplissage se fait d'une façon Volumique
- Une ligne **½L/1L (PET)** dont laquelle le remplissage se fait d'une façon massique.

↻ La description des étapes de conditionnement :

- ❖ **Le soufflage** : est une première étape qui contient plusieurs sous étapes:
 - ❖ Les préformes subissent **un chauffage** dans un four qui contient des lampes à IR pour que la matière devienne moule.
 - ❖ **Un étirage** par une tige d'élongation qui donne à la bouteille la hauteur prévue.
 - ❖ **Le présoufflage** avec une pression de **7 bars**, s'effectue pour préparer la matière à subir une haute pression lors du soufflage.
 - ❖ **Le soufflage** a une pression de 40 bars.
 - ❖ A l'aide du **dégazage**, la bouteille sort du moule avec le dégagement de l'air qui donne la forme finale à la bouteille.

Une fois les bouteilles soufflées sont obtenues ils sont acheminés par le convoyeur à air comprimé vers la remplisseuse.

- ❖ **Remplissage et bouchage** : Cette étape consiste à remplir les bouteilles par l'huile à l'aide de la remplisseuse, qui seront par la suite fermés par la boucheuse. Les bouteilles ainsi remplies et fermées sont amenées vers l'élément de transport (le convoyeur).
- ❖ **Étiquetage et codage** : Après vient le rôle de l'étiqueteuse pour étiqueter les bouteilles en utilisant une colle spécifique chauffée à plus de 150°C. Une fois étiquetées, elles seront datées et dirigées vers l'encaisseuse.
- ❖ **Mise en carton** : Après cette étape les bouteilles sont dirigées vers une encaisseuse ou elles seront remplies dans des cartons qui sont remis par la formeuse et qui leur donnent une forme parallépipédique. Les cartons sont par la suite fermés et datés puis encaissés manuellement et enfin stockés.

V. Les analyses effectuées au sein du laboratoire :

Le rôle de laboratoire dans l'usine, intervient à tous les niveaux depuis la réception des huiles brutes jusqu'à l'obtention d'une huile raffinée, par des analyses effectuées soit sur demande dans le cas d'un phénomène anormal, soit dans un intervalle de temps régulier afin de suivre la qualité de raffinage pour améliorer les conduites de l'opération.[2]

Lors de chaque contrôle des analyses, les responsables de laboratoire renseignent les techniciens de raffinage en cas de non-conformité, ce qui fera l'objet d'une intervention corrective. La prise des échantillons se fait régulièrement à chaque étape de raffinage par le service de laboratoire comme suit:

Echantillon	Analyses
Huile brute(HB)	Acidité, taux d'impuretés
Huile déémucilaginée (HM)	Acidité
Huile neutralisée (S1)	Taux de savon, acidité, excès de soude
Pâte de neutralisation	Acidité
Huile séchée (HS)	Taux de savon, acidité, taux de phosphore
Huile filtrée (HF)	Acidité
Entrée de désodoriseur (ED)	Acidité, savon
Sortie de désodoriseur (SD)	Acidité, savon, transmittance
Conditionnement	Acidité, taux de phosphore, indice de peroxyde

Tableau 4 : Les Analyses effectuées sur chaque étape du raffinage.

1. Analyses instrumentales:

A. transmission (coloration) :

C'est un test qui est effectué sur les huiles désodorisées et qui définit le pourcentage de la coloration par rapport à l'eau distillée.

Ce test vise à mesurer la transmittance à une longueur d'onde de 420 nm en prenant l'eau comme référence.

↻ Mode opératoire :

- Pour faire l'étalonnage on remplit deux cuves par l'eau distillée.
- On prend la cuve en amont et on la lave par l'alcool et on la met dans l'étuve.
- On la sort de l'étuve et on la lave avec l'huile à analyser 2 fois puis on la remplit par l'huile.
- On essuie bien la cuve et on la met dans le spectrophotomètre (visible).
- La valeur de transmittance est lue directement.

⌘ **La coloration de l'huile doit être dans les environs de 80% (Huile Soja), dans la plupart des cas on la trouve dans les normes.**

B. Dosage de phosphore :

Cette analyse a pour but de déterminer la quantité totale de phosphore contenue dans les huiles. Une partie du phosphore se trouve dans les huiles sous forme d'ester d'acide phosphorique (phospholipides).

↻ Mode opératoire :

Pour cette analyse on va suivre le protocole suivant :

- on pèse 10g d'huile à analyser (huile séchée, huile désodorisée) dans un creuset en silice.
- On ajoute une pincée d'oxyde de magnésium, pour détruire la matière organique et minéraliser l'huile.
- On met le creuset sous feu vif jusqu'à calcination totale
- on introduit le creuset dans le four à moufle réglé à une température de 700°C pendant 1h (obtention des cendres blanches)

- Après refroidissement on verse 10 ml d'acide nitrique 10 % pour la dissolution de la cendre blanche et on chauffe pendant 5 min.
- On transvase le contenu du creuset dans une fiole à travers le papier filtre en rinçant par l'eau distillée (le creuset et le filtre) et on complète le volume par l'eau distillée jusqu'au trait de jauge de la fiole.
- On met dans des petites bouteilles 10 ml de la solution contenue dans la fiole et on ajoute 10 ml du réactif nitro-vanado-molybdique (solution C) qui va jouer le rôle d'un complexant du phosphore.
- La détermination du phosphore se fait par spectromètre, on met l'échantillon de témoin dans l'une des deux cuves qu'on place parallèlement dans le spectromètre, ainsi on aura la mémorisation de la ligne de bas, après on met l'échantillon analysé dans l'un des deux cuves, suivant la relation de Béer-Lambert : $A = l \times \epsilon \times C$

Avec :

- ✿ ϵ : coefficient d'extinction molaire.
- ✿ C : concentration (mol/l).
- ✿ l : longueur de la cuve (1cm).
- ✿ A : absorbance.

Remarque :

- ❖ La teneur en phosphore est exprimée en ppm.
Norme : inférieure à 5 ppm.
- ❖ On utilise une longueur d'onde $\lambda = 420$ nm.

2. Analyses non instrumentales :

A. Contrôle de l'acidité :

C'est la quantité d'acides gras exprimée conventuellement en acide oléique (en gramme) présente dans 100 g de matière grasse.

↻ Mode opératoire :

- on met 100 ml d'alcool distillé dans une fiole de 250 ml comme solvant.
- On ajoute 2 à 3 gouttes de la phénophtaléine comme indicateur spécifique.
- On neutralise l'alcool qui a un caractère acide par KOH de 0,1 N (coloration rose).
- on pèse la quantité d'huile nécessaire au dosage :
 - 5g pour l'huile brute.
 - Plus que 10 g pour l'huile neutralisée, séchée, décolorée, filtrée, et désodorisée.
- On titre par KOH 0,1 N le mélange d'huile et l'alcool neutralisé jusqu'à la zone de virage ce qui signifie que tous les acides gras (acide oléique est neutralisé).

↻ Expression des résultats :

Donc l'acidité est calculée par :

$$\%AC = V \times 282 / PE$$

- ✿ **282** : Masse molaire d'acide oléique. (g·mol⁻¹)
- ✿ **V** : Volume de KOH versé (ml).
- ✿ **PE** : Prise d'essai (g).

B. Taux de savon :

C'est la détermination de la quantité de savon contenu dans les huiles raffinées, pour savoir si on a une perte d'huile ou non.

Mode opératoire :

- On met 40 ml d'acétone à 3% dans un ballon
- On ajoute 7 gouttes de bleu de bromophénol.
- On ajoute 10 g d'huile de Séparateur 1 ou huile séché.
- On titre par HCl (0,01 N).

Lorsqu'on ajoute l'huile :

- Si l'huile ne contient pas de savon la coloration reste jaune et on ne titre pas.
- Si l'huile contient du savon on a un changement de couleur de jaune en vert foncé et dans ce cas on titre avec HCl (0,01 N) jusqu'à obtention d'une coloration jaune.

Expression des résultats :

$$\text{Taux da savon} = (V * 3040) / PE$$

- ✿ **3040** : Masse molaire du savon ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$).
- ✿ **V** : Volume de HCl versé (ml).
- ✿ **PE** : Prise d'essai (g).

Remarque :

- ❖ La teneur en phosphore est exprimée en ppm.
Norme : inférieure à 5 ppm.
- ❖ On utilise une longueur d'onde $\lambda = 420 \text{ nm}$.

C. Dosage des impuretés :

La teneur en matière insoluble : poussière et autres matières étrangères non solubles dans l'hexane dans des conditions spécifiées, est exprimée en pourcentage massique.

Ces impuretés comprennent les matières minérales, les hydrates de carbone, les matières azotées, diverses résines, les savons de calcium, les acides gras oxydés, les lactones d'acides gras...etc.

- On rince le papier-filtre avec l'hexane puis on le sèche dans l'étuve et on le laisse refroidir dans le dessiccateur qui va le conserver contre l'humidité avant de le tarer dans un cristallisoir.
- 20 g de l'échantillon sont placés dans un erlenmeyer, auquel on ajoute 150 ml d'hexane. Le tout est agité pendant quelques minutes. Ensuite, le mélange est laissé au repos à une température avoisinant 20°C durant 30 minutes.
- Ensuite le mélange est filtré sur papier filtre préalablement taré, et lavé avec l'hexane afin d'éliminer la totalité de la matière grasse.
- Après filtration, le papier-filtre est séché à l'air libre, puis à l'étuve pour se débarrasser de la totalité du solvant.
- On le laisse refroidir dans le dessiccateur puis on le pèse.

La teneur en impuretés insolubles est exprimée en pourcentage massique par la relation suivante :

$$\% \text{ d'impuretés} = (M - T) / PE * 100$$

- **PE** : Prise d'essai. (g)
- **M** : Masse de papier filtre contenant les impuretés. (g)
- **T** : Masse de papier filtre. (g)

D. Humidité de l'huile :

L'humidité est déterminée par perte en poids pour un échantillon ayant séjourné un temps suffisant et à une température suffisante dans une étuve pour éliminer l'eau et les matières volatiles par vaporisation.

Mode opératoire :

- On tare un petit cristalliseur M puis on pèse $m=10g$ d'échantillon et on le met dans l'étuve pendant 3h puis on le met dans le dessiccateur pendant 5 min qui va conserver l'humidité d'huile et on le pèse, soit M' la masse après l'opération de chauffage et de refroidissement.
- On répète l'opération de chauffage et de refroidissement dans le dessiccateur et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas $0,002g$ jusqu'à M' reste constante.

Calcul :

Le pourcentage d'humidité du corps gras est donné par la formule :

$$\% \text{ humidité} = PE - (M-T) / PE * 100$$

- **PE**: Prise d'essai. (g)
- **M** : Masse de cristalliseur + échantillon à analyser après étuvage. (g)
- **T** : Cristalliseur vide. (g)

E. Dureté de l'eau :

La dureté de l'eau est principalement causée par la présence d'ions Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}) et Bicarbonate (HCO_3^-) dans l'eau.

Une eau dure peut poser des problèmes d'entartrage des appareils et des canalisations d'eau chaude. Il est possible de réduire la dureté de l'eau de tour et de la chaudière en l'adoucissant par un système de résines échangeuses d'ions.

Mode opératoire :

Le protocole suivi dans cette analyse est :

- ⌘ Dans un erlenmeyer rincé par l'eau à analyser on verse 100 ml de cette eau.
- ⌘ On ajoute 5 ml de la solution tampon qui contient l'ammoniaque à caractère basique et qui va augmenter le ph jusqu'à $ph=10$, à ce ph l'EDTA devient de la forme Y_4^- .

- ⌘ On ajoute quelques gouttes de noir d'eriochrome qui a une coloration bleu foncé, sa complexation avec (Ca^{2+}) et (Mg^{2+}) se traduit avec la coloration violette.
- ⌘ On titre avec une solution d'EDTA, pour complexer les ions (Mg^{2+}) et (Ca^{2+}) en relâchant le noir d'eriochrome c'est ce que signifie la coloration bleu foncé pendant le point de virage.

La dureté est donnée en degrés français ($^{\circ}\text{F}$) en prenant : 1 ml d'EDTA versé = 2°F .

F. excès de soude :

Le but de cette manipulation est d'évaluer l'efficacité de l'opération de neutralisation .L'excès de soude doit être contrôlé pour qu'il n'y est pas de perte dans l'huile neutralisée (saponification parasite).

Mode opératoire :

- On prélève dans un bécher 100 ml d'huile du mixeur avant le séparateur S1 (huile + acide phosphorique + la soude).
- on ajoute 2 ml de la solution alcoolique de thymolphtaléine comme indicateur coloré (0,4 de thymolphtaléine pour 100 ml de d'alcool) et on agite énergiquement.
 - Si le mélange ne change pas de couleur c'est qu'il n'y a pas d'excès de soude.
 - Si le mélange se colore en vert, c'est qu'il y a présence de soudes, et dans ce cas, on effectue des ajouts de 5 ml répétés de volumes d'huile brute (même origine) pour la neutralisation de la soude jusqu'à la décoloration par agitation énergétique.

Le pourcentage d'excès de soude est exprimé par le volume d'huile brute ajoutée :

$$\text{Excès de soude} = n * 5\%$$

- n : nombre de fois d'ajout de 5 ml d'huile brute.
- ⌘ **Le pourcentage d'excès de soude ne doit pas dépasser 10 %, la plupart du temps on le trouve entre 5% - 10%.**

G. analyse de la pâte :

Cette analyse permet de savoir s'il y a une perte dans la pâte de neutralisation.

Mode opératoire :

- On introduit environ 10 g de la pâte dans un ballon taré, on joute 30 ml de dioxane pur, 7 ml d'acide sulfurique et quelques gouttes d'orange de méthyle comme indicateur.
- On met le ballon sur le chauffe-ballon (réglé à 5°C), et on laisse le mélange chauffé jusqu'au virage de coloration vers le marron. Après il est versé dans une ampoule à décanter où il y a séparation de 2 phases : phase aqueuse qui est lavée 2 fois avec 25 ml d'hexane par contre la phase qui contient la matière grasse est lavée 2 fois avec l'eau chaude, puis filtrée sur un papier-filtre contenant le sulfate de sodium pour éliminer les traces d'eau ensuite on met le ballon sous le Soulet (le chauffe-ballon est réglé à 10°C), pour éliminer les traces d'huile collant sur le papier filtre.
- L'huile obtenue est mise dans l'étuve à 103°C pendant 15 min puis refroidis dans le dessiccateur.
- On pèse la quantité de matière grasse et on détermine son acidité en ajoutant 100 ml d'alcool neutralisé par la phénolphtaléine et on titre avec KOH (1N) jusqu'au virage au rose pâle.

➤ Expression des résultats :

Le pourcentage de la matière grasse est déterminé par la relation suivante :

$$\% \text{ Matière grasse} = (M - T) * 100 / PE = (MMG * 100) / PE$$

$$\% \text{ Acidité} = (V * 2,82) / PE$$

- ✿ **M_{MG}** : Masse de matière grasse. (g)
 - ✿ **Tare** : Ballon vide. (g)
 - ✿ **M** : Masse du ballon + matière grasse. (g)
 - ✿ **PE** : Prise d'essai. (g)
 - ✿ **V** : Volume de KOH versé. (ml)
- ⌘ **L'acidité doit être supérieure 60 % pour qu'il n'y est pas d'entraînement d'huile dans la pate.**

Chapitre 3 :

Effet de la soude sur la décoloration

I. Introduction :

Les huiles, qui doivent être décolorées, montrent des caractéristiques différentes selon le type, l'origine, les conditions de stockage et le prétraitement. Un contrôle de qualité pendant la production et avant la décoloration est nécessaire.

Ce présent chapitre est consacré à la description de l'ensemble des expériences effectuées qui concernent dans une première étape, l'analyse de l'influence de la soude caustique à différentes concentrations (16,18,20°Bé) sur l'étape de la neutralisation, et bien précisément sur la patte de neutralisation formée lors de la séparation de cette dernière d'huile de soja analysée.

Dans une deuxième étape, des tests de décoloration d'une huile végétale par la terre décolorante (Pro- active) ont été réalisés dans le but de savoir et découvrir l'influence de la soude (16, 18,20°Bé) sur la coloration (transmission) des huiles.

1. Préparation de la soude caustique :

- ◆ Dans la partie expérimentale, on a travaillé avec la soude caustique (hydroxyde de sodium) avec une concentration de 16 degrés baumé.
- ◆ la quantité de la soude en pastille qui doit être prélevée pour préparer la solution est calculée à partir la règle des trois suivants :

$$124,4 \Rightarrow 1000 \text{ ml}$$

$$X \Rightarrow 100 \text{ ml}$$

$$\text{Alors : } X = 100/1000 * 124,4 \Rightarrow X = 12,44\text{g}$$

Donc 12, 44 g de la soude en pastille est pesé, puis mis dans une fiole de 100 ml, en la complétant avec l'eau distillée jusqu'au le trait de jauge.

Pour vérifier que la solution de la soude préparée est avec une concentration de 16°Bé, il faut faire le dosage suivant :

- 5 g de la soude est dissoute dans 100ml de l'eau distillée.
- Avec 1 à2 gouttes de phénophtaléine.
- Puis on titre avec HCl (1,207 N) jusqu'à décoloration de la solution.

Expression des résultats :

$$\% \text{NaOH} = (4 * 1,207 * V) / PE$$

2. Neutralisation ou démulcination :

La neutralisation se fait par injection de la soude par une pompe. Le mélange d'huile et de soude passe dans un mélangeur à grande vitesse pour éliminer tout risque de saponification parasite avant d'être envoyé vers le séparateur à bol auto-débourbeur destiné à séparer les pâtes de neutralisation.

La quantité de la soude ajoutée est en fonction de l'acidité d'huile qui est déterminée dans le laboratoire de contrôle de qualité de la SIOF par un dosage acido-basique.

❖ Calcul du volume de NaOH à ajouter pour la neutralisation :

Donnés :

- ⊗ Acidité d'huile brute=0,52.
- ⊗ Acidité d'huile neutre=0,01 /0.03/0.06
- ⊗ Débit d'huile neutre= 300 ml/h
- ⊗ Concentration de la soude caustique : 16, 18 et 20°Bé.
- ⊗ H₃PO₄ 1%.
- ⊗ L'excès de soude=0.
- ⊗ La masse molaire de l'acide oléique=282g /mol.
- ⊗ La masse molaire de la soude=40 g/mol.
- ⊗ La masse molaire de l'acide phosphorique=98 g /mol

Pour calculer cette quantité il faut prendre en considération la neutralisation des acides gras libres et de l'acide phosphorique, donc on doit chercher deux masses.

↪ La quantité nécessaire à la neutralisation des acides gras libres :



Donc une mole d'acide gras réagit avec une mole de soude : $n(\text{NaOH}) = n(\text{RCOOH})$

$$\text{Alors : } \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{m(\text{RCOOH})}{M(\text{RCOOH})} \rightarrow m(\text{NaOH}) = m(\text{RCOOH}) * \frac{M(\text{NaOH})}{M(\text{RCOOH})}$$

Et puisque l'acide oléique est l'acide gras le plus abondant dans les huiles brutes, donc on obtient:

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{acide oléique}) * M(\text{NaOH}) / M(\text{acide oléique}) \quad \text{①}$$

Sachant que: % acidité = $M(\text{Acide oléique}) / \text{Débit} * 100$

Alors : $M(\text{Acide oléique}) = \% \text{ Acidité} * \text{Débit} / 100$

Or, à La sortie du séparateur, l'acidité doit passer de 0,52 à 0,01/0.03/0.06, donc on doit neutraliser $(0,52 - 0,04) = 0,48\%$

$$\text{D'où: } M(\text{acide oléique}) = 0,48 * \frac{0,3}{100}$$

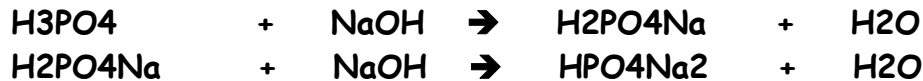
$$M(\text{Acide oléique}) = 0,00144 \text{ kg}$$

En remplaçant cette masse dans l'équation ①, on obtient :

$$m(\text{NaOH}) = 0,00144 * \frac{40}{282} \rightarrow m_1 = 0,00020 \text{ kg}$$

Donc la quantité de soude nécessaire à la neutralisation des acides gras libres est 0,00020 Kg pour un débit d'huile est égale à 0,3 L /h.

⇒ La quantité de soude nécessaire à la neutralisation de l'acide phosphorique :



On a deux moles de soude réagissent avec une mole d'acide phosphorique, donc :

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{n(\text{NaOH})}{2} \quad \text{donc} \quad \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{1}{2} \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})}$$

$$m(\text{NaOH}) = 2 * m(\text{H}_3\text{PO}_4) * \frac{M(\text{NaOH})}{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}$$

Or, H_3PO_4 :1%: 1 Kg de H_3PO_4 → 1000 Kg de l'huile

$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,0003 \text{ Kg} \rightarrow 0,3 \text{ Kg de l'huile}$

D'où: $m_2(\text{NaOH}) = 2 * 0,0003 * 40/98$

$$m_2(\text{NaOH}) = 0,00024 \text{ Kg}$$

Alors la masse de soude totale nécessaire à la neutralisation par heure est égale :

On a $m_T = m_1 + m_2$ donc $m_T = 0,00020 + 0,00024$

Alors : $m_T = 0,00044 \text{ Kg}$

➤ Pour $[\text{NaOH}] = 16^\circ\text{Bé}$:

D'après la table des masses volumiques, on a pour une concentration de soude est égale à 16°Be , la masse volumique est égale à 124,4 g /l.

Donc : $\rho(\text{NaOH}) = 124,4 \text{ g /l} = 0,1244 \text{ Kg/l}$

Et puisque : $\rho = m/V \rightarrow \rho(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH})/V(\text{NaOH})$

Donc : $V(\text{NaOH}) = m_t(\text{NaOH})/\rho(\text{NaOH})$

Alors : $V(\text{NaOH}) = 0,00044/0,124$

$$V(\text{NaOH}) = 0,0035 \text{ l} = 3,5 \text{ ml}$$

⇒ Résultats expérimentaux :

Avec une même huile brute et de la même façon on calcule le volume nécessaire de la soude à ajouter pour la neutralisation pour les concentrations 18°Bé et 20°Bé :

Concentration (°Bé)	Volume de soude à ajouter pour la neutralisation (ml)
16	3,5
18	3,03
20	2.98

Tableau 5 : Les volumes de NaOH à ajouter pour la neutralisation d'huile.

❖ L'ajout de la soude caustique (16°Bé) sur l'huile de Soja :

∞ Mode opératoire :

- On pèse 300 g de l'huile de soja (déjà mixée avec l'acide phosphorique) dans un bécher.
- On pose le bécher sur une plaque chauffante équipée d'un thermomètre et on laisse l'échantillon chauffé jusqu'à $T = 90^{\circ}\text{C}$.
- Ensuite, on verse à l'aide d'une pipette le volume de la soude (voir tableau 6) tout en agitant à une température constante ($T = 90^{\circ}\text{C}$).
- Puis, On verse le mélange dans des tubes et on les met dans la centrifugeuse en fixant le temps de séparation.
- La pâte de neutralisation se forme et on observe la formation de deux phases séparées (l'huile et la pâte dessus).
- On récupère l'huile neutralisée et on fait un dosage de son acidité afin de vérifier la diminution de l'acidité d'huile brute vers 0,04 et on fait aussi un dosage de taux de savons.
- Pour la pâte de neutralisation on l'analyse afin d'obtenir son acidité.

3. Lavage :

Après avoir fait sorti l'huile de la centrifugeuse, on la met dans une ampoule à décanter dans le but d'éliminer les phospholipides et les traces de savon et l'excès de soude résultant de la neutralisation.

❖ Mode opératoire :

- On lave l'huile avec 25 ml de l'eau chaude + quelque goutte de l'acide citrique.
- Une fois, il ya l'apparition de deux phases bien séparées, on laisse découler la phase aqueuse.
- Après on doit faire le test de taux de savon pour ce mélange d'huile lavée pour s'assurer que le % de savon dans cette huile inférieure à 50 ou égale à 0 ppm.
 - ✓ Si $\text{TS} < 50$ ppm ou $\text{TS} = 0$ ppm, donc l'huile est prête pour être séchée.
 - ✓ Sinon, on doit répéter le lavage encore une fois avec 25 ml de l'eau chaude jusqu'à la disparition des savons.

4. Séchage :

L'huile lavée est ensuite déposée dans l'étuve pour éliminer l'humidité, pendant 1-3h : le temps nécessaire pour éliminer toutes les traces d'eau résultant de l'étape de lavage.

Une fois l'huile est bien séché et exempt de toutes traces d'eau on peut passer à l'étape de la décoloration avec la terre décolorante.

Remarque :

Pour suivre les changements effectués sur l'huile pendant toutes les étapes de raffinage, on doit faire le test d'acidité pour l'huile lavée pour savoir l'influence de lavage et bien précisément l'influence de la disparition des savons sur l'acidité, et également on doit effectuer ce test pour l'huile séchée pour savoir l'effet de la présence d'eaux résultant du lavage sur l'acidité d'huile.

❖ Paramètres influençant sur la neutralisation :

∞ Température :

La température est un facteur important pendant la neutralisation. La réaction de saponification est caractérisée par sa lenteur se qui peut causée la saponification de l'huile neutre et pour cela dès le début de raffinage, l'huile brute est portée de la température ambiante (température de stockage extérieure) à une température qui avoisine les 90C° pour accélérer la réaction de saponification.

∞ Temps de séparation :

Comme son nom l'indique c'est le temps nécessaire pour séparer les deux phases légères qui contient de l'huile neutre et la phase lourd composée de pâte de neutralisation, et il varie d'une huile à l' autre selon sa qualité et la quantité des impuretés qu'elle contient .

∞ La pression :

La contre pression est un élément aussi important et qu'il faut contrôler tout au long de notre opération, l'intervalle de variation de pression est limité entre 1bar à 2 bar. Car si on dépasse cette limite de 2 bar on a risque du passage d'huile dans la pâte de neutralisation; et si on a atteint pas 1bar on a risque de passage d'une grande quantité des savons dans l'huile neutralisation.

∞ Concentration de la soude :

La soude caustique ajoutée est de concentration variante entre 16-20 Be° selon la qualité de l'huile brute, il faut respecter cet intervalle car si on le dépasse on a la possibilité de produire une saponification partielle des triglycérides composants de l'huile brute. Cette réaction, appelée «saponification parasite », est totalement nuisible puisqu'elle augmente en grande mesure les pertes et doit donc être évitée. Et si la concentration est inférieure à 16 Be°, les acides gras risquent de ne pas être tous neutralisés et donc avoir une mauvaise qualité de l'huile neutre.

5. Décoloration :

❖ Introduction :

Presque toutes les huiles sont soumises à une opération de décoloration pendant le traitement. Le but de cette étape n'est pas seulement réduire la couleur de l'huile, mais aussi, enlever ou convertir les produits indésirables des graisses et des huiles.

La décoloration au laboratoire est une possibilité très avantageuse surtout de point de vue coud pour déterminer l'exactitude de dosage de la terre décolorante et, la nécessité de l'utilisation du charbon actif pour avoir les paramètres désirés de l'huile décolorée.

❖ Paramètres influençant sur la décoloration :

La décoloration est influencée par l'effet de la température, de la période de la décoloration, de la quantité et de l'activité de la terre décolorante. [1]

↻ Influence de la température :

Le temps de décoloration ne doit pas être trop long pour éviter des réactions indésirables et maintenir ainsi une qualité supérieure et une longue conservation de l'huile. La plupart des huiles sont traitées à une température oscillante entre 80-100°C.

↻ Influence du temps :

La durée de la décoloration est responsable du problème du retour de couleur et que ceci se produit très souvent. L'expérience pratique et les essais en laboratoire aussi bien que de la décoloration industrielle, prouvent que la durée de la décoloration devrait être de 20 à 30 minutes pour la plupart des huiles.

↻ Influence de pression :

Les résultats prouvent que pour les suifs, la décoloration atmosphérique à 90°C apporte une meilleure amélioration de couleur que la décoloration sous vide. La teneur en peroxyde reste la même ou elle peut augmenter pendant la décoloration atmosphérique. Evidemment, l'oxydation des graisses est donc à éviter. Ceci s'applique en particulier à l'étape de la décoloration. La terre décolorante accélère l'oxydation en raison de sa haute surface spécifique et sa haute activité catalytique.

La décoloration doit donc être faite sous le vide. La désaération de la terre décolorante fournit une influence avantageuse.

↻ Influence de la quantité de la terre décolorante :

Pendant la filtration de la terre décolorante, on observe qu'on a encore une autre amélioration des couleurs de l'huile décolorée ou des graisses; c'est l'effet de pression. L'effet est rapproché du fait que pendant la filtration l'huile passe par la couche de la terre décolorante sur le filtre et ainsi est épurée plus lentement en raison de la haute concentration de terre décolorante. Il y a, cependant, un autre paramètre, qui influence la quantité minimum pour la décoloration, c'est la forme des particules de la terre décolorante, ou plus spécifiquement, de la forme chargée des particules de la terre décolorante dues à l'adsorption des contaminants et au changement des propriétés extérieures.

❖ Mode opératoire :

Pour commencer l'étape de la décoloration, on doit tout d'abord calculer la quantité de la terre décolorante à ajouter suivant les étapes suivantes :

- ✓ On doit calculer la masse d'huile séchée qu'on a.
- ✓ On applique la relation suivante pour déterminer la masse de la terre nécessaire pour avoir une bonne décoloration.

$$M_{\text{terre}} = M_{\text{huile}} * 0,6/100$$

- ✓ L'huile prétraitée est chauffée à une température de (80-120°C) ; dans un flacon à fond arrondi équipé d'un agitateur, d'un thermomètre de contact, et mélangée dans le réacteur avec la terre décolorante et d'autres produits de traitement (si nécessaire).
- ✓ Après que l'huile soit décolorée (c.-à-d d'après le passage du temps de conservation), la terre décolorante est séparée par filtration et la couleur comme d'autres paramètres du filtrat sont mesurés. Cette méthode permet au laboratoire de simuler les conditions de décoloration.

II. Résultats et discussion :

1. Résultats pour la neutralisation :

	Acidité de neutralisation	Taux de savon	Acidité de la pate
16° Bé	0.016%	2100ppm	72%
	0.031%	1654ppm	69%
	0.059%	1567ppm	61%
18° Bé	0.014%	2124ppm	71%
	0.034%	1694ppm	66%
	0.061%	1345ppm	59%
20° Bé	0.012%	2216ppm	73%
	0.038%	1748ppm	68%
	0.065%	1236ppm	64%

Tableau 6 : résultats obtenus pour la neutralisation.

☪ Observation:

D'après les résultats obtenus, on observe que lorsque l'acidité de l'huile neutralisée augmente, l'acidité de la pâte de neutralisation et le taux de savon diminuent progressivement pour les trois concentrations.

☪ Interprétation :

D'après les observations, on peut dire qu'une faible quantité de la soude ajoutée pendant la neutralisation, résulte une faible quantité de savon et un faible rendement de la pâte.

2. Résultats pour la décoloration:

	Acidité de neutralisation	Acidité d'huile décolorisée	La transmittance
16° Bé	0.016%	0.052%	40%
	0.031%	0.074%	44%
	0.059%	0.091%	53%
18° Bé	0.014%	0.053%	41%
	0.034%	0.073%	45%
	0.061%	0.092%	50%
20° Bé	0.012%	0.054%	42%
	0.038%	0.073%	45%
	0.065%	0.094%	49%

Tableau 7 : résultats obtenus pour la décoloration.

ॐ Observation :

C'est bien évident que le taux de savon égale à 0, car toute la quantité de savon qu'on a au début est éliminée pendant l'étape de lavage, et on observe aussi que l'acidité de l'huile décolorée augmente par 0.03-0.04 par rapport à l'acidité d'huile neutralisée, ce qui permet l'augmentation du pourcentage de la décoloration d'huile.

ॐ Interprétation :

Après l'analyse des observations, on peut dire que pour un faible pourcentage d'acidité de neutralisation (grande quantité de soude), on obtient une mauvaise décoloration car la terre n'arrive pas à éliminer tous les pigments colorés présents dans l'huile, et ça revient à la grande quantité de soude encore présent dans l'huile, donc la terre décolorante va jouer deux rôles : le 1^{er} c'est l'absorption des pigments colorés, et le 2^{ém} c'est l'élimination de l'excès de la soude déjà présent dans l'huile.

Conclusion générale

La société industrielle oléique de Fès est parmi les entreprises qui veulent s'imposer dans le domaine de la production des huiles. C'est dans ce cadre que SIOF est appelée d'une part, à développer ses procédés de production sur le plan qualitatif, d'autre part à améliorer sa capacité de satisfaire les besoins des consommateurs.

Pour aboutir à cette fin, plusieurs démarches ont été entreprises, à savoir l'installation d'un équipement sophistiqué et l'application d'une bonne gestion des ressources disponibles tant humaines que matérielles.

Le chemin devant SIOF s'annonce très long pour que son statut occupera le marché national, cependant plusieurs pas sont à accomplir comme la qualité qui s'impose comme une nécessité impérieuse pour toute unité de production.

Au terme de ce stage. Il m'a permis de maitre en pratique mes modestes connaissances acquises pendant mes trois années d'études universitaires.

Ce stage était aussi une bonne occasion pour m'impliquer davantage dans l'industrie agroalimentaire, et acquérir de nouvelles connaissances. Ainsi j'ai eu des contacts directs avec les experts du domaine oléicole, qui m'ont fait part de leurs expériences professionnelles et techniques.

Références bibliographiques

[1] : M^{lle} Tahraoui Sarah, mémoire de fin d'étude, décoloration d'une huile végétale (huile de lin) par différentes bentonites actives, Université ABOU BEKR BELKAID-Tlemcen, juillet(2013).

[2] : Mlle Babaya Jihane, projet de fin d'étude, le raffinage discontinu de l'huile de grignon, Faculté des sciences et techniques, juin (2011).

<http://www.master.logistique.com/>

<http://www.dissertationsgratuites.com/dissertations/Raffinage-Des-Huiles/191444.htm>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Spectroscopie_ultraviolet-visible