

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
**Université A. MIRA – Béjaia**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des sciences alimentaires**  
**Spécialité : Sciences des corps gras**



Réf : .....

*En vue de l'obtention du diplôme MASTER en Biologie*

**Option : Science des Corps Gras**

**Thème :**

*L'influence de la concentration de l'acide citrique sur  
l'élimination des phospholipides dans l'huile de soja  
brute*

*Présenté par :*

**Mlle SEBBANE Fatma & Mlle AIT YAHIA Chanez**

**Soutenu le 25 Juin 2023 devant le jury composé de :**

<b>Président</b>	<b>Mme.Nadia OUCHEMOUKH</b>	Professeur	U.A.M.Bejaia
<b>Examinatrice</b>	<b>Mme.Amel Aidli</b>	MCA	U.A.M.Bejaia
<b>Promotrice</b>	<b>Mme.Fella SAMIRA</b>	MCB	U.A.M.Bejaia

**Année Universitaire : 2022-2023**

# Remerciements

*Au nom de la grâce d'Allah, le Tout-Puissant et Miséricordieux, je souhaite débiter mes remerciements en exprimant ma profonde gratitude envers mon Créateur qui m'a guidé et béni tout au long de ce voyage académique. C'est grâce à Sa miséricorde infinie que j'ai pu accomplir ce mémoire de fin d'étude.*

*Je tiens également à adresser mes remerciements les plus sincères à Monsieur Addar pour son soutien constant, son encadrement précieux et son expertise inestimable. Sa passion pour l'enseignement, sa disponibilité et ses conseils éclairés ont grandement contribué à mon développement académique. Je suis reconnaissante pour la chance d'avoir bénéficié de ses enseignements.*

*Je souhaite exprimer toute ma gratitude envers Mme Djamila et l'équipe du laboratoire COGB sur tout Lisa et Bilinda pour leur accueil chaleureux, leur support et leur collaboration précieuse. Leur expertise, leur dévouement et leur esprit d'équipe ont créé un environnement d'apprentissage enrichissant où j'ai pu élargir mes connaissances et développer mes compétences. Je leur suis infiniment reconnaissante.*

*Un remerciement spécial à mon encadrante, Mme Fella, pour son dévouement et son soutien indéfectible tout au long de ce projet. Je suis reconnaissante d'avoir eu l'opportunité de bénéficier de ses conseils et de son mentorat.*

*Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude envers ma famille mon père, ma mère mes deux chères sœurs Lynda et Amel, mes deux petits frères Madjid et Rachid, sur tout mon grand père Rahmani Mokran, mes proches, pour leur amour inconditionnel, leur soutien inébranlable et leurs prières incessantes. Leur confiance en moi et leur encouragement constant ont été ma source de force et de motivation tout au long de ce parcours. Je leur suis éternellement reconnaissante pour leur soutien sans faille.*

*Je tiens à adresser des remerciements spéciaux à mes chères amis, Bochra et Dassine. Vous êtes la plus douce des bénédictions dans mon parcours universitaire. Je vous remercie infiniment d'avoir partagé ces précieux moments et souvenirs avec moi. Les années*

*passées ensemble, entre rires et anxiété des examens, resteront gravées dans ma mémoire. Votre amitié sincère a été un réconfort et une inspiration pour moi.*

*Un mot spécial de gratitude à Yougarithene pour ta présence et ton soutien inébranlable. Tes encouragements et ta bienveillance m'ont aidée à surmonter les obstacles et à persévérer dans ce voyage académique. Je t'en suis profondément reconnaissante.*

*Un autre remerciements pour ma binôme Chanez le travail avec toi était agréable, et son oublié ma copine de chambre Sara, et pour Tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude, je vous adresse mes remerciements les plus sincères. Votre soutien, vos conseils et votre présence ont été d'une importance capitale pour mon succès. Que nos chemins continuent de se croiser dans nos futurs accomplissements et que notre amitié perdure au-delà de ce parcours académique.*



*S.Fatma & A.Chanez-*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail*

*A mes parents*

*Papa*

*&*

*Mama*

*Que j'aime trop.*



# *Dédicaces*

*À mes chers parents,*

*Je souhaite dédier ce travail à deux personnes extraordinaires  
qui ont été mes piliers tout*

*au long de ma vie,. Grâce à votre présence inspirante, J'ai pu  
surmonter les obstacles,*

*Grandir en confiance et réaliser mes rêves. Votre dévouement  
et vos encouragements*

*Constants m'ont guidé sur le chemin de la réussite. Votre  
amour désintéressé et vos valeurs*

*Exemplaires ont forgé la personne que je suis aujourd'hui. Vous  
méritez tout le meilleur que*

*La vie a à offrir. Je prie le Très-Haut de vous accorder santé et  
longévité. Merci, je vous*

*Aime infiniment.*

*À mes sœurs adorées, Nabila, Rima, Lilia, Kenza, ainsi qu'à  
mes deux frères,*

*Brahim et Massi. Votre amour inconditionnel, vos  
encouragements et votre soutien*

*Constant a été une source de force et de bonheur dans ma vie.  
Je suis reconnaissante*

*D'avoir une famille aussi merveilleuse que vous, Je vous aime  
tous tellement.*

*À mon mari, Tarek, Tu es mon compagnon de vie, mon soutien  
inconditionnel*

*Et mon meilleur ami. À travers les hauts et les bas, tu es  
toujours là pour moi, me soutenant,*

*M'encourageant et me donnant de l'amour. Je suis  
reconnaissante d'avoir un mari aussi*

*Aimant, attentionné et dévoué. Cette dédicace est un témoignage de mon amour éternel pour*

*Toi. Je t'aime plus que les mots ne peuvent l'exprimer.*

*A mes neveux bien-aimés : Ilyes, Cidra, Fares, Abe el-rahim, Acile, Meriem,*

*Fayecl, Iden et Maral. Votre présence dans ma vie est une bénédiction et vous êtes une*

*Véritable source bonheur pour moi. Que vous puissiez grandir et réaliser tous vos rêves. Je*

*Vous aime énormément.*

*A toute la famille Ait Yahia et Aissaoui, ainsi que ma deuxième famille Hammí.*

*A ma binôme, Sebbane Fatma, avec qui j'ai travaillé en étroite collaboration.*

*Nous avons accompli un travail dont nous sommes fières, grâce à notre complicité, notre*

*Accord amusant, nos moments de rigolade, mais surtout notre sérieux.*

*A mes amis Amira et Yacine, Mes cousines et copines Sarah, Dihia, Agnès, et tous*

*Mes camarades que j'ai connus durant ma carrière d'étude.*

*A Mme Fella Samira, ma promotrice, dont l'encadrement précieux a été d'une*

*Importance capitale dans le développement de mon travail.*



*A.Chanez -*

# *Table des matières*

# Table des matières

---

Remerciements	
Dédicaces	
Table des matières.	
Liste d'abréviation	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
<b>Introduction Générale</b> .....	<b>1</b>

## Partie théorique

### Partie I

#### Généralité sur les corps gras

1. Définition.....	4
2. Composition des corps gras.....	4
3. Constituants majeur d'acide gras.....	5
3.1. Triacylglycérols (TAG) ou triglyceride (TG).....	5
3.2. Glycérol.....	5
3.3. Acides gras.....	5
4. Propriétés physique et rôles des AG.....	7
5. Constituants mineurs des corps gras.....	7
5.1. Phospholipides.....	7
5.2. Insaponifiable.....	9

### Partie II

#### Généralité sur les corps gras

1. Définition d'huile de soja.....	12
2. Origine d'huile de Soja.....	12
3. Plante.....	12
4. Graine.....	13
5. Production.....	14
6. Composition des grains de soja.....	14
6.1. Protéines.....	14
6.2. Acides aminées.....	14
6.3. Phospholipides.....	15
6.4. Lécithine.....	15
6.5. Glucides.....	15

## *Table des matières*

---

7. Autres composants.....	16
<b>Partie III</b>	
<b>Le raffinage</b>	
1. Définition du raffinage .....	19
2. Objectif du raffinage.....	19
3. Constituants éliminés au cours du raffinage.....	19
3.1. Les phospholipides .....	19
3.2. Acides gras libre .....	20
3.3. Sucres libres et glycolipides .....	20
3.4. Glycérides partiels .....	21
3.5. Tocophérols et Stérols .....	21
4. Différents types de raffinage de l'huile de soja .....	21
5. Différentes étapes du raffinage.....	21
5.1. Démucilagination .....	21
5.1.1. Dégommage à l'eau.....	22
5.1.2. Dégommage à l'acide.....	22
5.1.3. Dégommage micellaire.....	23
5.1.4. Dégommage enzymatique .....	23
5.2. Neutralisation .....	23
5.3. Lavage et séchage.....	24
5.4. Décoloration .....	24
5.5. Filtration .....	24
5.6. Désodorisation .....	24
6. Avantages et inconvénients du raffinage chimique.....	25
<b>Partie pratique</b>	
<b>Résultats et discussion</b>	
1. Objectifs de l'étude.....	28
2. Echantillonnage .....	28
3. Réactifs utilisés.....	28
4. Traitement et préparation des échantillons.....	30
5. Analyse physique et chimique effectué sur l'huile de soja brute et les différentes échantionnes après filtration.....	32
5.1. Détermination de l'indice d'acidité .....	32
5.2. Détermination de la teneur en phosphatides.....	33

## *Table des matières*

---

5.3. Indice de peroxyde.....	34
5.4. Détermination de la couleur .....	35
5.5. Détermination de l'humidité .....	37
5.6. Détermination de l'indice de saponification .....	37
6. Résultats obtenus lors des analyses effectués sur l'huile soja brute.....	39
7. Résultats obtenus d'acidité et de la couleur.....	39
8. Résultats obtenus lors de la détermination de la teneur en phosphatides des échantillons obtenus après filtration .....	42
9. Réaction chimique entre l'acide citrique avec les phospholipides .....	45
10. Réaction chimique de l'acide phosphorique et les phospholipides .....	45
11. Etude comparative entre l'acide citrique et l'acide phosphorique .....	46
12. Avantages et les inconvénients du l'utilisation de l'acide citrique et de Acide phosphorique dans l'industrie alimentaires .....	48
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>49</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>52</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>56</b>

## *Liste d'abréviation*

### Liste d'abréviation

<b>AG</b>	Acide gras
<b>AGI</b>	Acide gras insaturés
<b>AGMI</b>	Acides gras monoinsaturés
<b>AGPI</b>	Acides gras polyinsaturés
<b>AGS</b>	Acide gras saturés
<b>ALA</b>	L'acide $\alpha$ -linoléinique
<b>AP</b>	Acide phosphatidiques
<b>CH4</b>	Methane
<b>CO2</b>	Dioxyde de Carbone
<b>COFRAC</b>	Comité français d'accréditation
<b>COGB</b>	Corps gras Bejaïa
<b>DAG</b>	diacylglycérol
<b>ENCG</b>	Entreprise national des corps gras
<b>H2</b>	D'hydrogène
<b>Kcal</b>	Kilo calorie
<b>PC</b>	phosphatidylcholine
<b>PE</b>	phosphatidyléthanolamine
<b>PF</b>	point du fusion
<b>PG</b>	phosphatidyl-glycerol
<b>PI</b>	phosphatidylinositol
<b>PL</b>	phospholipids
<b>PLC</b>	Catalyseur des phospholipids
<b>PLH</b>	phospholipids hydra tables
<b>PLNH</b>	phospholipids non hydra tables
<b>PS</b>	phosphatidylsérine
<b>SO.G.E.D.I.A</b>	Société de gestion et des projets de développement des industries alimentaires.
<b>TAG</b>	Triacylglycérols
<b>TG</b>	triglycerides

## *Liste des tableaux*

---

### **Liste des tableaux**

<b>Tableau I:</b> Les avantages et les inconvénients de raffinage. ....	25
<b>Tableau II:</b> Résultats des analyses effectuées sur l'huile brute du soja. ....	39
<b>Tableau III:</b> Résultats de l'acidité et de la couleur du différent échantillon à une quantité de 0,8g. ....	40
<b>Tableau IV:</b> Résultats de l'acidité et de la couleur du différent échantillon à une quantité de 1g. ....	40
<b>Tableau V:</b> Résultats de l'acidité et de la couleur du différent échantillon à une quantité de 1,25g. ....	41
<b>Tableau VI:</b> Résultats obtenus lors de la détermination de la teneur en phosphatides. ....	42
<b>Tableau VII:</b> Etude comparative entre Acide citrique et Acide phosphorique. ....	47
<b>Tableau VIII:</b> Avantages et inconvénients d'acide citrique et acide phosphorique. ....	48

**Liste des figures**

<b>Figure 1</b> : Structure de triglycéride.....	5
<b>Figure 2</b> : Structure chimique des phospholipides .....	8
<b>Figure 3</b> : Plante de soja .....	13
<b>Figure 4</b> : Graine de soja .....	13
<b>Figure 5</b> : Acide citrique.....	29
<b>Figure 6</b> : Structure chimique d'acide citrique (Anonyme) .....	29
<b>Figure 7</b> : Acide phosphorique utilisée.....	30
<b>Figure 8</b> : Structure chimique d'acide phosphorique (Anonyme).....	30
<b>Figure 9</b> : Appareil « LOVIBOND ».....	36
<b>Figure 10</b> : Teneur en phosphatides dans une quantité de 0,8.....	43
<b>Figure 11</b> : Teneur en phosphatides dans une quantité de 1g.....	44
<b>Figure 12</b> : Teneur en phosphatides dans une quantité de 1,25.....	44

# *Introduction Générale*

## *Introduction Générale*

---

La consommation d'huiles végétales est devenue de plus en plus populaire dans le monde, en raison de leurs avantages pour la santé et de leur disponibilité abondante.

Les huiles végétales sont des matières grasses qui sont extraites des graines, des fruits ou des noix de différentes plantes oléagineuses. Elles sont utilisées depuis des millénaires pour la cuisson, la cosmétique, la médecine et d'autres usages. L'une des huiles végétales les plus couramment utilisées dans le monde est l'huile de soja (*Karleskind, 1992*)

L'huile de soja brute est extraite des graines de soja, et souvent utilisée dans l'alimentation et l'industrie après le raffinage en raison de sa richesse en acides gras polyinsaturés, en particulier l'acide gras oméga 6 tels que l'acide linoléique et en vitamine E, ce qui en fait un choix populaire pour les personnes soucieuses de leur santé (**Joffre, 2016**).

En outre, elle contient naturellement des phospholipides, qui sont des composés indésirables, qui peuvent affecter la qualité et la stabilité de l'huile, Cependant l'élimination des phospholipides est une étape clé dans le processus de raffinage d'huile de soja brute.

L'entreprise COGB (La Belle) utilise l'acide phosphorique pour éliminer les phospholipides, mais elle recherche toujours de nouvelles méthodes efficaces pour éliminer les phospholipides afin d'améliorer la qualité de l'huile, d'un côté et d'un autre préserver mieux la santé du consommateur.

Dans notre étude, nous avons évalué l'effet de différentes concentrations d'acide citrique sur l'élimination des phospholipides dans des échantillons d'huile de soja brute, et on a effectué une comparaison entre l'influence de la concentration en acide phosphorique et la concentration de en acide citrique sur l'élimination des phospholipides dans l'huile soja brute.

Le travail comprend, un premier volet relatif à une étude bibliographique qui met l'accent sur des généralités sur les corps gras, l'étude de l'huile de soja et le raffinage. Une deuxième partie expose la partie pratique passant en premier lieu par matériel et méthodes mis en œuvre dans ce travail, et les différentes analyses effectuées sur l'huile brute et les échantillons obtenus après filtration. Et par la suite étalés les résultats obtenus et essayer de les discuter, et on termine par une petite conclusion.

## *Partie théorique*

*Partie I*

*Généralité sur les corps gras*

## **1. Définition**

Si l'on s'en réfère à la définition donnée par le Comité français d'accréditation (COFRAC) du terme corps gras, il s'agit « d'une substance naturelle ou élaborée, d'origine animale ou végétale, contenant principalement des triglycérides » (**Olle, 2002**).

Les lipides alimentaires, encore appelés matières grasses, corps gras, huiles ou graisses, représentent l'un des trois grandes classes de macronutriments de notre alimentation, avec les glucides et les protéides (**Bauer et al., 2010**).

Les corps gras ont des propriétés physiques, chimiques et physiologiques qui leur confèrent un rôle important aussi bien dans la nutrition de l'homme que dans la technologie alimentaire. Les lipides constituent un groupe de composés dont la nature chimique est extrêmement variée. Néanmoins, ils ont en commun la propriété d'être solubles dans les solvants d'origine organique : benzène, éther, chloroforme, etc. Ils sont donc insolubles dans l'eau, et c'est cette propriété fondamentale qui est à la source même des phénomènes particuliers qui accompagnent leur digestion, leur absorption, leur transport dans le sang et leur métabolisme au niveau cellulaire. C'est également cette propriété qui détermine les procédés particuliers d'extraction, de purification et de transformation devant être utilisés en technologie alimentaire (**Brisson, 1982**).

Les corps gras sont sur le plan nutritionnel les éléments ayant la valeur énergétique la plus élevée :

- 1 g de corps gras = 9 kcal = 37,6 kJ (**Olle, 2002**).

## **2. Composition des corps gras**

Un corps gras (huile ou graisse) est composé d'une grande variété de constituants que la figure 1 présente de façon panoramique ; les triglycérides sont très largement majoritaires (95-99 %) : ils sont composés de glycérol (3-5%) et d'acides gras (90-95%). D'autres constituants sont naturellement présents en plus faible quantité : des lipides à caractère polaire tels que les phospholipides (0,1-0,2 %) et des composés dits insaponifiables appartenant à une fraction non glycéridique (0,1 à 3 %) principalement représentés par les stérols et les tocophérols et tocotriénols mais contenant également des caroténoïdes, des alcools terpéniques, du squalène, des composés phénoliques, etc. (**Morin et Pagès-Xatart-Parès., 2012**).

### 3. Constituants majeur d'acide gras

#### 3.1. Triacylglycérols (TAG) ou triglycéride (TG)

Les triglycérides ou plus exactement les Triacylglycérols sont des triples esters d'acides gras et de glycérol. Il s'agit de molécules très hydrophobes, constituant une forme de réserve de l'énergie très courante dans le règne animal, au niveau du cytoplasme des adipocytes. La figure 2 ci-dessus présente la structure d'un triglycéride (Cuvelier, 2004).

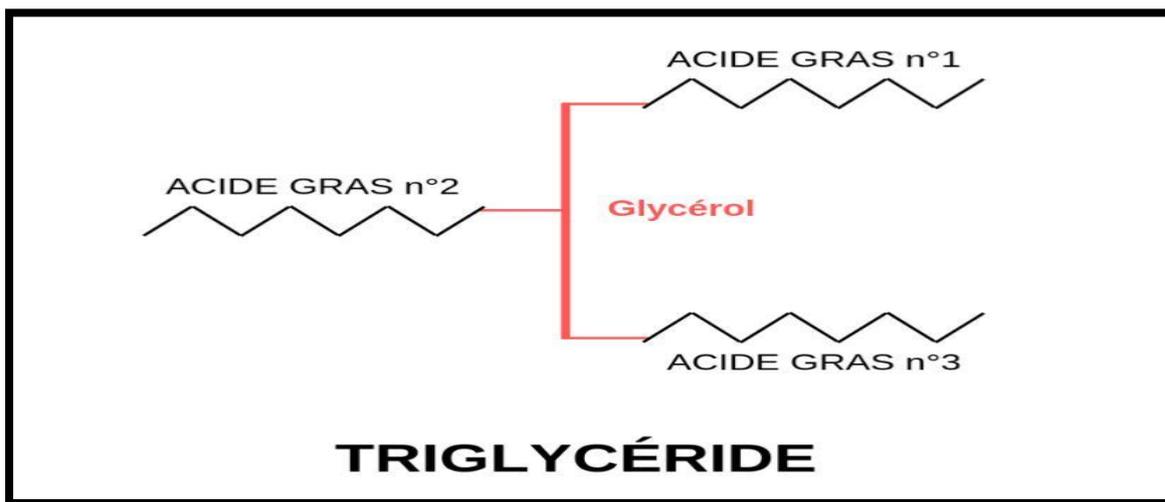


Figure 1 : Structure de triglycéride (Anonyme1).

#### 3.2. Glycérol

Le glycérol, couramment appelé glycérine, propane-1,2,3-triol, c'est un trialcool, soluble dans l'eau et les alcools, insoluble dans les solvants organiques à cause des groupements hydroxyle - OH du glycérol (Élie).

#### 3.3. Acides gras

Les acides gras (AG) sont des acides carboxyliques (R-COOH) constitués d'une chaîne hydrocarbonée, caractérisée par :

- Un nombre variable d'atomes de carbone (de 2 à 36), le plus souvent en nombre pair ;
- Un nombre variable de doubles liaisons (de 0 à 6) qui sont le plus souvent de configuration cis (c'est-à-dire avec deux groupement méthylène (-CH<sub>2</sub>) du même côté de la liaison, par opposition aux doubles liaisons de configuration trans, pour lesquelles les groupements -CH<sub>2</sub>- sont de cotés opposés ;
- Eventuellement, mais plus rarement, la présence de groupement tels que des méthyles

(-CH<sub>3</sub>, acides gras ramifiés), des hydroxyles (-OH) ou des cyclopropanes (**Bauer et al., 2010**).

Du point de vue **biochimique**, on distingue :

- Acides gras **saturés** : Les **AGS**, également connus sous le nom d'acides gras saturés, sont des acides gras dont chaque carbone est lié à un autre atome de carbone, ce qui signifie qu'il n'y a pas de double liaison entre eux. Ils sont représentés sous la forme « Cn:0 ». Ces acides gras se distinguent par leur structure linéaire et, du point de vue physique, par leur point de fusion élevé, ce qui leur confère une solidité à température ambiante (**Lecerf, 2016**).
- Acides gras **insaturés** : Les acides gras insaturés sont des acides qui portent au minimum une double liaison. Suivant le nombre d'insaturation. On distingue deux types **AGI** : Acides gras monoinsaturés AGMI et Acides gras polyinsaturés :
- Acides gras **monoinsaturés AGMI**: Chaînés hydrocarbonés comportant une double liaison, dont le principal représentant est l'acide oléique (C18 :1, n – 9 ou ω9) ; Comportent des liaisons simples, et une seule double liaison (**Alfos et Morin., 2008**).
- Acides gras **polyinsaturés** : Contenant au moins deux doubles liaisons entre les molécules de Carbone. Les acides gras polyinsaturés à moins de 18 atomes de carbone sont absents ou présents en quantités extrêmement faibles dans les graisses végétales et animales, mais les acides gras en C14 et en C16 ont été mentionnés dans les huiles d'animaux marins. Les acides gras polyinsaturés les plus importants et les plus répandus sont l'acide linoléique (C18 : 2(9,12)). Il est également un acide gras essentiel. Présent dans les huiles végétales (**Cuvelier et al., 2004**).
- Acides gras **essentiels** : L'acide α-linolénique (ALA) est considéré comme essentiel car notre organisme est incapable de le synthétiser et il doit donc être apporté par l'alimentation. Les plantes, qu'il s'agisse de fruits, de légumes verts, de graines ou des huiles extraites de ces graines, constituent une source principale d'ALA. Cet acide gras fait partie de la famille des acides gras oméga 3 (**Gontier et al., 2004**).

– Acides gras **non essentiels** : Comprennent tous les autres acides gras (saturés, monoinsaturés). Non essentiels car l'organisme est capable de les synthétiser, de les créer seul, sans aucun apport alimentaire (Joëlle, 2008).

#### 4. Propriétés physique et rôles des AG

Les propriétés des acides gras sont déterminées par la longueur des chaînes et par leur degré d'insaturations. La chaîne hydrocarbonée ne porte pas de charge, elle est non polaire, de ce fait les acides gras sont très peu solubles dans l'eau. Plus la chaîne est longue plus la solubilité est faible et d'autant plus faible que le nombre de doubles liaisons est élevé (Quentin, 2020).

De même, le point de fusion (PF) dépend à la fois de la longueur et du degré d'insaturations de la chaîne. Dans les acides gras saturés le point de fusion augmente avec la longueur de la chaîne. Les associations inter-chaînent, par interactions de Van der Waals, sont d'autant plus nombreuses que la chaîne est longue et l'énergie nécessaire à la fusion sera alors plus élevée. Par contre, les acides gras insaturés ayant peu de liaison inter chaîne le point de fusion est abaissé : l'acide stéarique (18 :0) saturé, a un PF proche de 70°C alors que celui de l'acide oléique (18 :1  $\Delta^9$ ) est de 13,4°C pour une même longueur de chaîne (Quentin, 2020).

Les acides gras sont rarement libres et le plus souvent associés à une autre molécule pour former un lipide, c'est ainsi qu'ils participent à la structure des membranes biologiques, ils sont précurseurs d'hormones et fournisseurs d'énergie (Quentin, 2020).

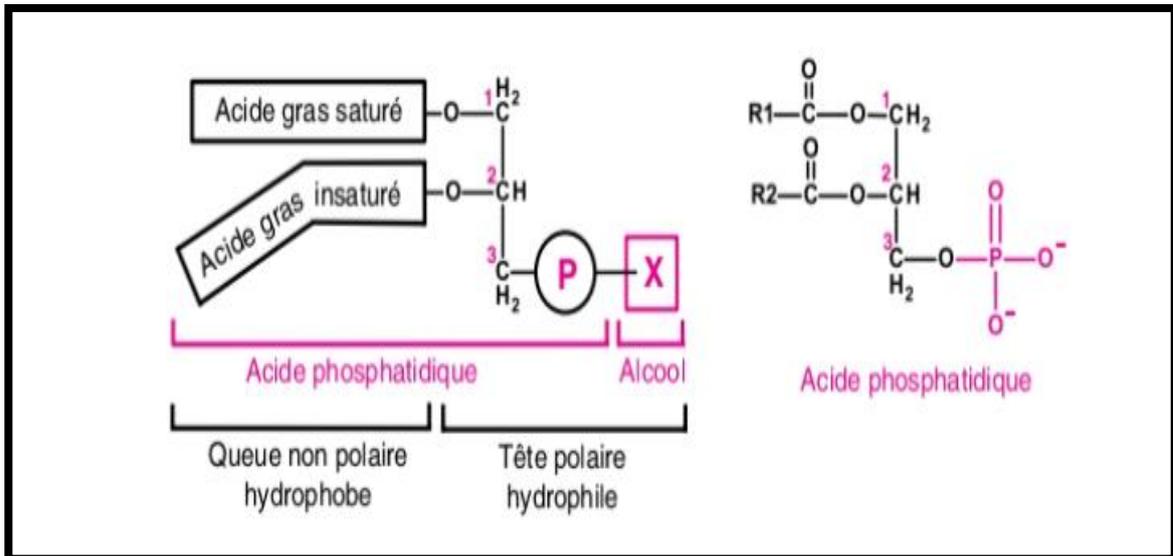
#### 5. Constituants mineurs des corps gras

Bien que présents en quantités relativement faibles, ces composés peuvent avoir une importance nutritionnelle significative. Ils se divisent en deux fractions distinctes : la fraction insaponifiable et la fraction soluble. Ces composés mineurs sont extrêmement nombreux et jouent un rôle essentiel dans les propriétés et le goût des huiles (Lecerf, 2011).

##### 5.1. Phospholipides

Les phospholipides sont les principaux lipides des membranes des eucaryotes et des bactéries. Ils dérivent de l'acide phosphatidique, constitué d'une molécule de glycérol dans laquelle les hydroxyles des carbones 1 et 2 sont estérifiés par des acides gras de 16 à 20

atomes de carbone. L'acide gras en position 2 est toujours insaturé. L'hydroxyle en 3 est estérifié par l'acide phosphorique (Quentin, 2020).



**Figure 2 :** Structure chimique des phospholipides (Quentin, 2020).

Dans les phospholipides, le phosphate en position 3 estérifie une seconde fonction alcool appartenant à un substituant polaire de nature variée (substituant X) comme la sérine, l'éthanol amine, le glycérol ou l'inositol. La nature du substituant X définit le phospholipide. Par exemple, la phosphatidylsérine, lorsque le substituant X est la sérine etc.

Le cardiolipide est un phospholipide particulier formé de l'association de deux molécules d'acide phosphatidiques reliées par une molécule de glycérol ; on l'appelle également diphosphatidyl-glycérol (Quentin, 2020).

Le groupement phosphoryle des phospholipides est ionisé. Son pKa est compris entre 1 et 2 et il porte donc une charge négative aux pH physiologiques. La charge globale de chaque phospholipide dépend de la nature du substituant X. Si ce dernier est neutre, la molécule de phospholipide est chargée négativement (PG, PS, PI). Si le substituant X porte une charge positive, le phospholipide est électriquement neutre (PC, PE).

Dans son ensemble la molécule de phospholipide est amphiphile, présentant une partie apolaire qui est constituée des chaînes hydrocarbonées des acides gras et une partie polaire, le phosphoglycérol substitué. Ces deux parties sont spatialement bien distinctes (Quentin, 2020).

Ces molécules s'associent dans une organisation qui limite au maximum le contact entre les parties apolaires et l'eau (Quentin, 2020).

### Types des phospholipides

On peut classer les types des phospholipides comme suit :

- **Phospholipides hydratables (PLH):** les charges positives et négatives de la phosphatidylcholine et le groupe hydrophile du phosphatidyléthanolamine les rendent facilement hydratables, qui seront ensuite tous éliminés avec le dégommeage à l'eau (Werner et al., 2010).
- **Phospholipides non hydratables (PLNH):** ce sont les sels de calcium et de magnésium des acides phosphoriques et des phosphatidylinositol (Platon, 2015). L'élimination de ces phospholipides est plus difficile et nécessite un traitement à l'acide. Ces formes non hydratables peuvent réagir avec des acides forts tels que l'acide phosphorique (0,1 à 0,3% d'une solution à 75%) ou l'acide citrique (0,1 à 1% d'une solution de 30 à 50%). En donnant des sels monovalents et des acides, elles deviennent alors hydratables et forment des composés insolubles dans l'huile. L'efficacité du dégommeage dépend essentiellement de la teneur en PLNH (Werner et al., 2010).

### 5.2. Insaponifiable

Ensemble des constituants insolubles dans l'eau, qui ne sont pas susceptibles d'être modifiés par la réaction de saponification en donnant un sel on distingue (Paquot, 1971).

#### ➤ Tocophérols

Le terme "vitamine E" est couramment utilisé pour faire référence aux différents tocophérols, dont les principaux sont l' $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\delta$ -tocophérol. Parmi ceux-ci, l' $\alpha$ -tocophérol est le plus fréquent dans la nature et possède la plus grande activité biologique. Les  $\beta$ - et  $\gamma$ -tocophérols ont une activité vitaminique réduite, représentant environ 30% et 15% respectivement de l'activité de la forme  $\alpha$ . En revanche, le  $\delta$ -tocophérol est pratiquement inactif en tant que vitamine. C'est pourquoi il est courant de mesurer la teneur en vitamine E en utilisant l'équivalent  $\alpha$ -tocophérol ( $\alpha$ -TE). Parmi les sources alimentaires riches en tocophérols, les huiles végétales occupent une place importante (Alfos et Morin., 2008).

➤ **Phytostérols**

Les huiles végétales renferment toutes des phytostérols, généralement présents à des concentrations de 0,1 à 0,5 %. Ces composés présentent une similarité structurelle avec le cholestérol (**Alfos et Morin., 2008**).

➤ **Composés phénoliques**

Les constituants connus sous le nom de "bio phénols" sont des substances naturelles présentes dans les huiles d'olive vierges. Ces composés sont caractérisés par de puissantes propriétés antioxydantes (**Alfos et Morin., 2008**).

➤ **Caroténoïdes**

Les caroténoïdes, des pigments lipophiles sensibles aux rayons ultraviolets et à la chaleur, agissent comme des précurseurs de la vitamine A. Parmi eux, le transe- $\beta$ -carotène est particulièrement important. Les huiles végétales non raffinées contiennent généralement de faibles quantités de caroténoïdes (environ 10 mg pour 100 g d'huile). Cependant, lors du processus de raffinage, une grande partie des caroténoïdes est éliminée (**Alfos et Morin., 2008**).

➤ **Cire**

Ce sont des esters d'acide gras et d'un alcool à longue chaîne aliphatique (**Naudet, 1992**).

## *Partie II*

# *Généralité sur les corps gras*

### **1. Définition d'huile de soja**

L'huile de soja est une huile fluide qui varie en couleur, allant du jaune clair au jaune foncé, en fonction des graines utilisées et des méthodes d'extraction. Fraîche, elle présente une saveur distincte de haricot qui s'atténue progressivement. Cette huile est riche en acides gras polyinsaturés, en particulier en acide gras essentiel alpha-linolénique. Elle est recommandée pour les assaisonnements **(Cossut et al., 2002)**.

Grâce à sa teneur élevée en lécithine, l'huile de soja est précieuse pour la reconstitution des cellules nerveuses et cérébrales. De plus, sa bonne digestibilité en fait une alternative intéressante à l'huile d'olive pour ceux qui ne peuvent pas la tolérer **(Cossut et al., 2002)**.

### **2. Origine d'huile de Soja**

Le soja, scientifiquement connu sous le nom de *Glycine max* (L) Merrill et faisant partie de la famille des légumineuses, plus précisément de la sous-famille des papilionoidae, est originaire d'Asie orientale, probablement de la Chine septentrionale et centrale. Depuis des milliers d'années, le soja est cultivé pour l'alimentation humaine en Chine, ainsi que dans d'autres pays d'Asie orientale et du Sud-est, où il reste un élément essentiel de l'alimentation quotidienne **(Berk, 1993)**.

Le soja est principalement cultivé à des fins industrielles pour la production d'huile et de protéines. Bien que les graines de soja aient une teneur relativement faible en huile (environ 20% de matière sèche), elles constituent la principale source d'huile alimentaire et représentent 50 % de la production mondiale d'huile dérivée de graines oléagineuses **(Berk, 1993)**.

### **3. Plante**

La culture du soja nécessite des conditions chaudes, et sa durée de croissance varie généralement de 100 à 160 jours, selon le climat régional et la précocité de la variété cultivée. La plante de soja a une apparence similaire à celle d'un haricot nain, avec des tiges dressées, ramifiées et non volubiles, atteignant une hauteur de 0,3 à 1 mètre. Les feuilles sont alternes et très feuillues, avec des folioles ovales et pubescentes. Les fleurs sont très petites et se trouvent directement à l'aisselle des feuilles, formant de petites grappes de 2 à 5 fleurs **(Bauer et al., 2010)**.

Elles peuvent être violettes ou blanches. Les gousses, qui deviennent brunes et velues à maturité, mesurent de 3 à 11 cm de long sur 1 à 2 cm de large, et contiennent généralement de 1 à 4 graines (**Baueret et al., 2010**).



**Figure 3 : Plante de soja (Nathalie Guellier 2017).**

#### **4. Graine**

Les graines de soja ont une forme sphérique à légèrement allongée. Elles sont recouvertes d'un tégument qui peut présenter différentes couleurs telles que le crème, le noir, parfois le vert, le jaune ou des motifs bicolores. Le hile, qui est le point d'attache de la graine à la plante, est bien visible sur la surface de la graine (**Bauer et al., 2010**).



**Figure 4 : Graine de soja (Anonyme 1).**

## **5. Production**

À chaque saison, les agriculteurs sèment, cultivent et récoltent jusqu'à six variétés de soja. Après la récolte, la plupart des graines de soja ne sont pas triées en fonction de leur variété ou de leurs caractéristiques spécifiques ; elles sont simplement commercialisées sous le nom générique de "graines de soja". Les agriculteurs ont le choix de stocker les graines à la ferme jusqu'à ce que les prix de vente soient favorables, ou bien de les vendre directement à des installations de stockage ou de transformation (**Debruyne, 2001**).

## **6. Composition des grains de soja**

Les graines de soja sont une excellente source de protéines, avec une teneur allant de 30 à 46 %. Elles sont riches en acides aminés essentiels et offrent une valeur nutritive élevée. De plus, le soja contient près de 20 % de lipides en poids, parmi lesquels l'huile de soja et les phospholipides sont les composants les plus importants (**Debruyne, 2001**).

### **6.1. Protéines**

La majorité des protéines présentes dans le soja sont des globulines. Elles sont insolubles à leur point isoélectrique, mais peuvent se dissoudre en présence de sel. Leurs points isoélectriques varient de (4,5 à 5,9). Les protéines peuvent être extraites à un pH neutre, puis fractionnées en quatre classes (2S, 7S, 11S et 15S) en fonction de leur coefficient de sédimentation lors de l'ultracentrifugation. En plus des protéines de stockage, le soja contient toute une série d'enzymes, dont les principales sont classées par ordre alphabétique. La solubilité des protéines de soja est influencée par le pH, la force ionique et la présence de minéraux multivalents, tels que les ions de calcium (**Bauer et al., 2010**).

### **6.2. Acides aminés**

Les protéines de soja présentent une composition en acides aminés très favorable aux besoins des animaux. Elles sont riches en lysine, tryptophane, isoleucine, et d'autres acides aminés essentiels. Cependant, on peut noter une légère insuffisance en acides aminés soufrés. Cependant, cette lacune est compensée lors de l'élaboration d'aliments composés en combinant les protéines de soja avec les protéines du blé, qui sont complémentaires sur le plan nutritionnel. Ainsi, cette combinaison permet d'obtenir un profil d'acides aminés équilibré et adapté aux besoins des animaux (**Debruyne, 2001**).

### **6.3. Phospholipides**

Les phospholipides sont des substances tensioactives présentes à la surface des corpuscules lipidiques. Dans les huiles de soja, la teneur en phospholipides est relativement élevée, deux à trois fois plus élevée que celle que l'on trouve généralement dans les autres huiles végétales. Cette particularité s'explique par la petite taille des corpuscules lipidiques présents dans l'huile de soja, ce qui entraîne une plus grande surface par unité de masse de lipide (**Berk, 1993**).

### **6.4. Lécithine**

Les lécithines, également connues sous le nom d'hémagglutinines, sont des émulsifiants intéressants. Ce sont des glycoprotéines qui présentent une grande affinité spécifique pour certains oligosaccharides ou polysaccharides. Elles ont la capacité de se lier aux érythrocytes, provoquant ainsi leur agrégation. Elles peuvent également interagir avec les composants des membranes biologiques et modifier leur perméabilité. Cependant, un traitement thermique est capable d'inactiver les lécithines, les rendant ainsi inactives sur le plan fonctionnel (**Bauer et al., 2010**).

### **6.5. Glucides**

Le soja contient divers oligosaccharides tels que le stachiose (3,7%) et le raffinose (1,1%) qui ne peuvent pas être métabolisés par l'organisme humain. Cependant, ces oligosaccharides sont utilisés par des microorganismes anaérobiques présents dans l'intestin, ce qui entraîne la production de gaz tels que le CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub> et l'H<sub>2</sub>, responsables du phénomène de flatulence. Pour réduire cet effet, les sucres flatulents peuvent être extraits du soja ou hydrolysés à l'aide d'enzymes, ce qui permet de diminuer leur présence dans les produits à base de soja et de réduire ainsi les troubles digestifs associés à la consommation de ces oligosaccharides (**Bauer et al., 2010**).

## 7. Autres composants

### ➤ Dans la phase lipidique

Les constituants mineurs de l'huile de soja, dont certains doivent être obligatoirement éliminés lors du raffinage, comprennent les insaponifiables, les phytostérols, les vitamines A et E, et les tocophérols antioxydantes (**Debruyne, 2001**).

Les insaponifiables, présents dans l'huile brute de soja, représentent environ 1,6% en masse. Ils comprennent les stérols, les tocophérols et les caroténoïdes. Les phytostérols sont des stérols végétaux et sont présents dans la phase lipidique de l'huile de soja. Par exemple, 100 g d'huile brute de soja contiennent environ 183 mg de  $\beta$ -sitostérol, 68 mg de campe stérol, 70 mg de stigmastérol et 12 mg d'aven stérol. En revanche, le cholestérol n'est pas présent dans l'huile de soja antioxydant (**Debruyne, 2001**).

En ce qui concerne les vitamines, seules les vitamines A et E sont solubles dans l'huile. Les graines de soja mûres contiennent une quantité limitée de vitamine A et de provitamine  $\beta$ -carotène. La vitamine E est présente sous forme de quatre isomères de tocophérol : l' $\alpha$ -tocophérol (9 à 12 mg/g), le  $\beta$ -tocophérol (3 à 5 mg/g), le  $\gamma$ -tocophérol (74 à 102 mg/g) et le  $\delta$ -tocophérol (24 à 30 mg/g). Les tocophérols sont extraits avec l'huile (représentant environ 0,15 à 0,21% dans l'huile brute) et jouent un rôle protecteur contre l'oxydation (**Debruyne, 2001**).

Ces constituants mineurs de l'huile de soja sont importants sur le plan nutritionnel et contribuent à ses propriétés antioxydantes (**Debruyne, 2001**).

### ➤ Dans la phase aqueuse

La plupart des minéraux dans la graine de soja (taux de cendres en moyenne de 5 % en masse) sont des sulfates, des phosphates et des carbonates, avec le potassium comme élément dominant, suivi du phosphore, du magnésium, du soufre, du calcium, du chlore et du sodium. Des métaux, comme le fer, sont également présents.

L'acide pythique, ou hexa phosphate d'inositol, est un composant typique des céréales et des oléagineux. Sa teneur dans la graine de soja varie de 1,0 à 1,5 % en masse. Cette molécule est une source importante de phosphore, mais par sa nature chimique, ce phosphore n'est presque pas disponible dans les aliments composés. De plus, cette molécule forme des

complexes très stables avec les métaux bis- ou polyvalents comme le fer, le cuivre, le calcium et le magnésium (**Debruyne, 2001**).

## *Partie III*

### *Le raffinage*

### 1. Définition du raffinage

Procédé qui compte une succession d'opérations qui permettent de fabriquer à partir d'un produit brut un produit fini commerciale. En industrie alimentaire cette terminologie est surtout utilisée dans deux secteurs dans lesquels les traitements chimiques sont prépondérants à savoir l'huilerie et la sucrerie (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**).

### 2. Objectif du raffinage

L'objectif du raffinage des huiles végétales est de fournir des huiles répondant aux attentes du consommateur et de l'industriel utilisateur (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**):

- Vis-à-vis du consommateur que nous sommes, il s'agit de proposer une huile qui soit saine, d'aspect limpide et brillant, peu colorée et de caractéristiques organoleptiques neutres ;
- Pour les industriels de l'agroalimentaire, l'huile doit satisfaire aux exigences d'un cahier des charges très complet : une excellente qualité du produit est demandée ainsi qu'une traçabilité des lots, l'absence de contaminants et de composés indésirables ainsi qu'une bonne stabilité au cours du temps (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**).

### 3. Constituants éliminés au cours du raffinage

Les huiles brutes obtenues renferment un certains nombre d'impuretés indésirables, responsables du goût et de l'odeur désagréables et de leur mauvaise conservation. Le raffinage a pour but, d'éliminer les acides gras libres, les produits d'oxydation, les arômes désagréables, les colorants, les produits toxiques (tels que les pesticides, les glycosides) mais également les phospholipides ainsi que les métaux tels que le fer et le cuivre présents à l'état de traces et généralement liés à des composés organiques (**Mohtadji-Lamballais, 1989 ; Jamil et al., 1998**).

Dans le même temps, il est important de conserver dans l'huile raffinée les composés mineurs qui présentent un effet bénéfique pour l'huile et notamment certains composés de l'insaponifiable tels que les tocophérols et les phytostérols (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**). Donc les constituants éliminés sont les suivants :

#### 3.1. Les phospholipides

Les phospholipides (PL) sont présents dans les huiles végétales dans des proportions variables suivant la nature de l'huile et leurs conditions d'obtention. Ils peuvent représenter

2% de l'huile de soja (30 % de lécithine, 30 % de céphaline et 40 % d'inositol) (**Denise, 1992**).

La teneur élevée en phospholipides des huiles de soja donne lieu à la production de lécithine brute qui est récupérée spécifiquement et valorisée industriellement après séchage et traitement. Les PL contenus dans les huiles peuvent être sous forme hydratables ou non hydratables. Ces derniers sont le plus souvent les sels de calcium et/ou de magnésium de l'acide phosphatidiques (AP) et de la phosphatidyléthanolamine (PE).

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 (**Platon, 1988 ; Denise, 1992**).

Les principaux inconvénients des phospholipides sont présentés comme suit :

Ils réduisent le rendement lors de l'opération de filtration (colmatage des filtres); Ils réduisent l'activité des terres de blanchiment; Ce sont de puissants inhibiteurs des catalyseurs d'hydrogénation; Leur présence conduit à des phénomènes de mousse lors de l'opération de désodorisation; Une huile raffinée mal débarrassée de ses phospholipides s'acidifie, s'oxyde et prend rapidement un goût désagréable (**Denise, 1992 ; Jamil et al., 1998**).

### **3.2. Acides gras libre**

Ils sont naturellement présents dans la graine où ils participent aux réactions biochimiques de la liposynthèse. Ils proviennent également de réactions d'hydrolyse enzymatique qui se produisent dans les huiles brutes soit au cours de leur obtention, soit au cours de leur stockage. Leur présence dans un corps gras peut être assimilée à celle d'un catalyseur d'oxydation (**Denise, 1992**).

### **3.3. Sucres libres et glycolipides**

Ils proviennent des glucides présents dans les graines au moment de la récolte. Certains de ces composés forment avec l'eau des solutions colloïdales communément appelées « mucilages » et qui sont émulsifiantes. Les mucilages précipitent en présence d'alcali: La neutralisation chimique les fait donc disparaître complètement (**Denise, 1992**).

### 3.4. Glycérides partiels

Souvent considérés comme des agents émulsifiants très gênants, ils peuvent entraîner des pertes importantes lors des centrifugations qui entrent dans le procédé de raffinage (Denise, 1992).

### 3.5. Tocophérols et Stérols

- La partie insaponifiable de l'huile représente 1,6 % de l'huile brute et 0,6 % à 0,7 % de l'huile raffinée. Elle se compose essentiellement de stérols et de tocophérols (Pouzet, 1992).
- Les tocophérols : Ce sont des antioxygènes. 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 avec une répartition de: Alpha tocophérol 10 %, beta tocophérol 3 %, gamma tocophérol 63 %, delta tocophérol 24 %. Activité antioxydants : alpha < beta < gamma < delta (Pouzet, 1992).

## 4. Différents types de raffinage de l'huile de soja

Il existe deux principaux types de raffinage : le raffinage chimique et le raffinage physique. Dans le raffinage chimique, les acides gras libres, la plupart des phospholipides et d'autres impuretés sont éliminés à l'étape de neutralisation avec des solutions de bases, le plus souvent de la soude. Dans le raffinage physique, les acides gras libres sont éliminés par distillation à température élevée. Le choix entre raffinage physique et chimique se fait en fonction de la nature de l'huile, de sa qualité et des objectifs visés (Pagès-Xatart-Parès, 2008).

## 5. Différentes étapes du raffinage

Le raffinage d'un corps gras met en œuvre une série d'étapes qui présentent chacune ses objectifs :

### 5.1. Démucilagination

La démucilagination ou dégommage des huiles brutes consiste à leur appliquer un traitement à l'eau, aux acides dilués (citrique ou phosphorique) ou, plus rarement, à la soude diluée afin d'en éliminer les phospholipides et les matières mucilagineuses. Cette étape est nécessaire car les phospholipides forment en présence d'eau des précipités peu souhaitables dans le produit fini (Kartika, 2005).

Ils retiennent les métaux pro-oxydants, nuisent à la stabilité organoleptique de l'huile et provoquent des problèmes de coloration de l'huile au cours de son chauffage. Enfin, ils présentent des propriétés émulsifiantes bien connues entraînant une augmentation des pertes au raffinage (**Kartika, 2005**).

Le dégommeage consiste à hydrater rapidement ou lentement 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 ou citrique est avantageusement ajouté car il améliore la cinétique et permet la transformation des phospholipides non hydratables en hydratables. L'eau est utilisée à hauteur de 2 à 4 % (par rapport à l'huile), l'acide phosphorique de 0,1 à 0,3 % d'une solution à 85 % et l'acide citrique de 0,1 à 1 % d'une solution à 30 %.

Dans les procédés de déémucilagination, les phospholipides précipités sont séparés de l'huile brute (généralement par centrifugation) avant l'étape suivante de raffinage; dans ce cas, on récupère spécifiquement des lécithines brutes. Il existe différents types de protocoles de dégommeage de l'huile de soja (**Kartika, 2005**).

#### 5.1.1. Dégommeage à l'eau

Le dégommeage à l'eau est un processus qui utilise l'eau chaude pour insolubiliser et éliminer les phospholipides et les matières colloïdales présentes dans l'huile brute. Il comprend le chauffage de l'huile, l'ajout d'eau chaude, le mélange rapide, la réaction dans un contacteur à axe vertical, et la centrifugation pour séparer les gommages. Ce processus permet de purifier l'huile et d'améliorer sa qualité avant son utilisation ultérieure (**Motri et al., 2017**).

#### 5.1.2. Dégommeage à l'acide

Le taux de phosphores de l'huile brute dégommée à l'eau, passe de 800 ppm à 150 - 200 ppm ces derniers représentent principalement les phospholipides non hydratables dont l'élimination est nécessaire pour le raffinage physique, et peut être réalisée grâce à un dégommeage à l'acide (**Jamil et al, 1998**). Il consiste à disperser dans l'huile brute des acides comme les acides phosphorique, citrique, acétique, oxalique, mais de façon générale, l'acide phosphorique est largement utilisé, car il se forme une liaison forte entre les groupements phosphates et les ions calcium, fer et magnésium (**Kartika, 2005**).

On ajoute 1 à 3 % d'acide phosphorique commercial à 75%, l'huile brute chauffée jusqu'à 60°C. Après un brassage durant 20 minutes, le mélange est réchauffé à 90°C et reçoit un ajout de 2 à 3 % d'eau avant d'être brassé à nouveau pendant 20 minutes pour permettre l'hydratation des phospholipides. Le mélange est ensuite refroidi jusqu'à 50°C pour insolubiliser les phosphatides avant leur séparation par centrifugation (**Denise, 1992**).

Les principaux facteurs qui influencent l'efficacité de ce type de dégommage sont la concentration d'acide, la température et le temps d'opération (**Ruiz-Mendez, 1999**).

### **5.1.3. Dégommage micellaire**

Le dégommage micellaire est une méthode membranaire simple et efficace pour éliminer les phospholipides des huiles tout en préservant d'autres composants importants (**Kartika, 2005**).

### **5.1.4. Dégommage enzymatique**

Le dégommage enzymatique est un processus qui utilise une enzyme spécifique, telle que l'enzyme Purifine PLC, pour catalyser la réaction d'élimination des phospholipides et autres impuretés présentes dans l'huile brute. Les étapes comprennent l'homogénéisation de l'échantillon, le chauffage de l'huile, l'ajout de solution de NaOH, le mélange avec l'enzyme, le temps de rétention de la réaction enzymatique, l'inactivation de l'enzyme et la centrifugation pour éliminer les impuretés. Le dégommage enzymatique permet d'améliorer la qualité de l'huile en éliminant spécifiquement les phospholipides, tout en conservant certains composés tels que les diacylglycérol (DAG) qui contribuent au rendement en huile raffinée (**Motri et al., 2017**).

## **5.2. Neutralisation**

Les huiles prétraitées subissent une saponification pour éliminer les acides gras libres. On ajoute une quantité calculée de soude à l'huile dégommée ou traitée à l'acide. Les lignes de production comprennent un échangeur de chaleur pour chauffer l'huile à environ 85°C et un mélangeur statique/dynamique pour un mélange efficace. Une centrifugeuse sépare ensuite l'huile neutralisée des savons. Les savons sont éliminés par lavage à l'eau adoucie et l'huile est séchée sous vide pour atteindre une faible humidité résiduelle. Ce processus élimine les impuretés, réduit la couleur de l'huile et génère des effluents à traiter (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**).

### **5.3. Lavage et séchage**

Le lavage est une opération qui consiste à éliminer les substances alcalines, les savons et les impuretés présentes dans l'huile brute, tandis que le séchage est l'étape suivante qui vise à éliminer l'humidité de l'huile lavée. Ces étapes sont essentielles pour obtenir une huile raffinée de haute qualité (**Denise, 1992**).

### **5.4. Décoloration**

La décoloration des huiles raffinées vise à éliminer les composés indésirables tels que les produits d'oxydation, les traces de métaux, les résidus de phospholipides, de savons, de pesticides, et les hydrocarbures polycycliques aromatiques lourds. Le processus comprend l'utilisation d'adjuvants tels que les terres décolorantes activées (montmorillonites), les terres non activées, le charbon actif spécifique et la silice synthétique. L'huile est chauffée avec l'adjuvant, filtrée, et la filtration peut être assistée par des terres de diatomées. L'objectif est d'obtenir une huile de couleur conforme aux normes, tout en éliminant les contaminants et en améliorant la qualité de l'huile (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**).

### **5.5. Filtration**

L'huile décolorée obtenue va être directement acheminée vers les filtres à plaques puis les filtres à poches pour débarrasser l'huile des particules fines et des terres de décoloration.  
REF.

### **5.6. Désodorisation**

La désodorisation est la dernière étape du raffinage de l'huile, visant à éliminer les saveurs pour obtenir une huile sans goût ni odeur selon les préférences des consommateurs. L'huile est chauffée à haute température sous vide et de la vapeur d'eau est injectée, ce processus dure environ 2 heures. Les équipements de désodorisation ont été développés pour préserver la qualité et les caractéristiques nutritionnelles de l'huile, tout en réduisant la consommation d'énergie. Différents types de désodoriseurs sont utilisés pour éliminer les composés indésirables tels que les hydrocarbures aromatiques, les résidus de pesticides et les produits d'oxydation. La désodorisation produit une petite quantité de condensats contenant des acides gras, des tocophérols et des stérols, qui peuvent être valorisés. L'huile est généralement inertée avec de l'azote avant d'être conditionnée (**Pagès-Xatart-Parès, 2008**).

### 6. Avantages et inconvénients du raffinage chimique

Le raffinage de l'huile de soja brute permet d'éliminer les impuretés, les acides gras libres et les substances indésirables, ce qui améliore sa qualité, sa stabilité et sa durée de conservation. De plus, cela permet d'obtenir des produits dérivés de l'huile de soja tels que les margarines et les graisses végétales utilisées dans l'industrie alimentaire. Comme il peut entraîner une perte de certaines substances bénéfiques présentes dans l'huile de soja brute, tels que les antioxydants naturels. De plus, certaines méthodes de raffinage peuvent impliquer l'utilisation de produits chimiques, ce qui soulève des préoccupations environnementales et de santé (Adrian et al., 1998). Les avantages et les inconvénients du raffinage chimique sont présentés dans le tableau ci-dessus :

**Tableau I:** Les avantages et les inconvénients de raffinage.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Élimination totale des substances indésirables telles que les traces métallique, avec une présence de 2à 5 ppm/kg de phosphore.</li> <li>-Effet décolorant de la neutralisation à la soude, ce qui facilite les étapes de décoloration et de désodorisation.</li> <li>-Le dosage de la terre décolorante est inférieur à celui de raffinage enzymatique.</li> <li>-Récupération des huiles acides d'une moindre que celle du raffinage enzymatique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Produits d'importants volumes de pates de neutralisation.</li> <li>-Les pertes d'huile par entrainement dans les pates de neutralisation, dans les eux de lavage et dans les terres décolorantes.</li> <li>-Destruction de la vitamine E anti-oxydante, essentielles à la prévention de l'oxydation de milieu intérieur.</li> <li>-Le procédé chimique utilise d'importantes quantités de produits chimique agressifs, qui pouvant avoir un impact négatif sur l'environnement.</li> <li>-Consommation de l'énergie électrique plus importante.</li> </ul>

# *Partie pratique*

## *Résultats et discussion*

### **1. Objectifs de l'étude**

L'objectif de notre étude était de comprendre comment la concentration d'acide citrique dans l'huile de soja brute influençait l'élimination des phospholipides. Nous avons comparé les effets de différente concentration d'acide citrique et phosphorique sur la démucilagination. Cette étude fournit des informations précieuses pour l'industrie agroalimentaire afin d'améliorer la qualité de l'huile de soja brute et de satisfaire les consommateurs.

Dans ce chapitre on va présenter les méthodes et les expériences que nous avons faites, et les analyses réalisées, ainsi que les résultats obtenus et leur discussion.

### **2. Echantillonnage**

Lors de notre étude, nous avons utilisé des échantillons d'huile de soja provenant de l'atelier de raffinage de C.O.G.B. Les spécimens ont été prélevés avec la collaboration aimable des laborantins et des opérateurs de la raffinerie, à partir des bacs de stockage pour l'huile brute. Les huiles démucilaginées ont été préparées à partir de l'huile brute selon la procédure mentionnée dans le traitement des échantillons.

### **3. Réactifs utilisés**

#### ➤ **Acide citrique**

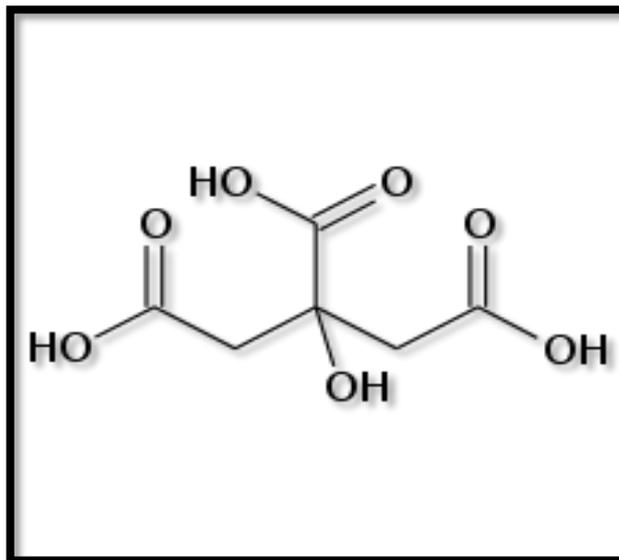
L'acide citrique est un acide organique naturellement présent dans de nombreux fruits et légumes, notamment les agrumes. Il est largement utilisé dans l'industrie alimentaire et d'autres domaines en raison de ses propriétés acides, de son pouvoir antioxydant et de sa capacité à réguler le pH (**Anonyme, 2020**).

L'acide citrique est un composé cristallin blanc, soluble dans l'eau. Il a un goût acide et est souvent utilisé comme additif alimentaire pour améliorer le goût, la conservation et la stabilité des produits alimentaires.

Il est également utilisé comme agent de chélation pour se lier aux métaux indésirables dans les produits alimentaires et les boissons ; l'image ci-dessus présente l'acide citrique utilisé dans l'entreprise (**Anonyme, 2020**).



**Figure 5 :** Acide citrique.



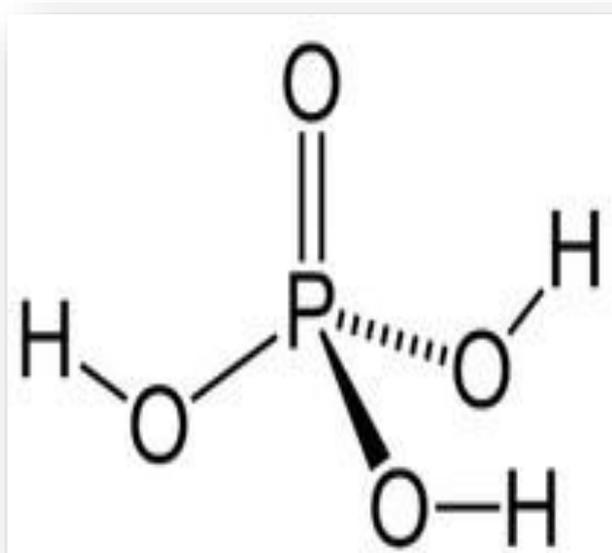
**Figure 6 :** Structure chimique d'acide citrique (Anonyme)

➤ **Acide phosphorique**

L'acide phosphorique est un acide inorganique essentiel à la chimie du phosphore. Il se présente sous la formule H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, et réagit comme un acide moyennement fort. Ses sels et esters sont appelés phosphates. En tant qu'additif alimentaire, il est connu sous le code E338. L'image ci-dessus montre l'acide phosphorique utilisé dans l'entreprise (**Anonyme, 2020**).



**Figure 7 :** Acide phosphorique utilisée.



**Figure 8 :** Structure chimique d'acide phosphorique (Anonyme).

#### ***4. Traitement et préparation des échantillons***

Tout d'abord, nous avons préparé différentes solutions d'acide citrique et phosphorique à différentes concentrations :

Première solution : consistait à peser 5 g d'acide citrique, puis ajouter 100 ml d'eau distillée pour obtenir une solution d'acide citrique d'une concentration de 5%.

## *Résultats et discussion*

---

Deuxième solution : consistait à peser 10 g d'acide citrique, puis ajouter 100 ml d'eau distillée pour obtenir une solution d'acide citrique d'une concentration de 10%.

Troisième solution : consistait à peser 15 g d'acide citrique, puis ajouter 100 ml d'eau distillée pour obtenir une solution d'acide citrique d'une concentration de 15%.

Enfin, la quatrième solution, est une solution d'acide phosphorique utilisée dans l'entreprise durant le dégommeage, avec une concentration déterminée de 85%.

Une fois que nous avons terminé la préparation de ces différentes solutions, nous avons procédé au mélange des solutions de différentes concentrations avec l'huile de soja brute, en suivant le protocole mentionné ci-dessus :

- Introduire 100 ml de l'huile brute dans un bécher, chauffer et agiter jusqu'à une température 80°C, ajouter l'acide citrique de concentration de 5% (à chaque essai on change la quantité le 1<sup>er</sup> essai 0,8g, après, le 2<sup>ème</sup> essai 1g, puis 1,25g), laisser chauffer pendant 7 minutes, puis ajouter 2ml de l'eau de robinet, agiter pendant 30s. filtrer le mélange sur le papier filtre.

Le même protocole est suivi à la concentration 10% et 15%, d'acide citrique et 85% d'acide phosphorique.

## **5. Analyse physique et chimique effectuée sur l'huile de soja brute et les différentes échantionnes après filtration**

Les indices physico-chimiques sont des critères essentiels pour la caractérisation des corps gras car, malgré les progrès des techniques analytiques, certains de ces critères sont toujours considérés pour une évaluation rapide et fiable de leur qualité. On peut considérer grossièrement que l'indice d'acide définit la qualité de la graine, l'indice de peroxyde caractérise l'âge de l'huile, l'indice de saponification offre des informations sur la longueur de la chaîne des acides gras.

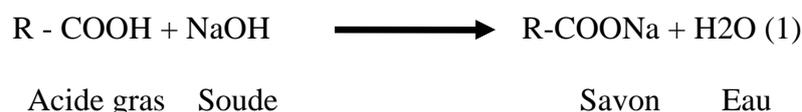
D'autre part, la différence entre l'indice de saponification et l'indice d'acide permet de déduire la teneur en glycérol, la valeur obtenue correspond à l'indice d'ester (**Adrian et al., 1998**).

### **5.1. Détermination de l'indice d'acidité**

L'indice d'acide d'un lipide est la masse d'hydroxyde de potassium (KOH), exprimée en milligrammes, nécessaire pour neutraliser l'acidité libre contenue dans un gramme de corps gras. La teneur en acides gras libres des corps gras augmente avec le temps: l'indice d'acide permet donc de juger de leur état de détérioration. Cet indice, contrairement à l'indice de saponification, est déterminé à froid. L'acidité est un paramètre important pour estimer l'efficacité de la démulcination effectuée pour l'huile brute et démulcinée **ISO 660(1998)**.

#### **➤ Principe :**

Cette méthode consiste en une neutralisation des acides gras libres présents dans l'huile par une base (solution de soude NaOH) en présence d'un indicateur coloré phénolphtaléine selon la réaction suivante **ISO 660(1998)**.



#### **➤ Mode opératoire**

On a pesé 10g d'huile à analyser dans un erlenmeyer puis on a ajouté 75 ml d'alcool éthylique neutralisé par la soude (0.036N) en présence de phénolphtaléine. Ce mélange a été ensuite titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) (0.036N) jusqu'à l'apparition

d'une coloration rose persistante durant environs une dizaine de secondes. Le volume de NaOH utilisé pour la neutralisation a été noté. Le taux d'acidité a été déterminé selon la formule suivante **ISO 660(1998)**:

$$A (\%) = (M.N.V) / (m.10)$$

Où :

**A%** : Acidité exprimée en pourcentage

**M** : Masse molaire d'acide oléique (M=282g /mol).

**N** : Normalité de NaOH (0.365N).

**V** : Volume de NaOH nécessaire pour la neutralisation (ml) **m** : Poids de la prise d'essai (g).

### **5.2. Détermination de la teneur en phosphatides**

Les phosphatides forment des mélanges complexes de plusieurs classes de composés où entrent les acides gras, le glycérol, l'acide phosphorique et, dans certains cas, des bases alcooliques azotées ou des acides aminés (**NF EN ISO 3657**).

#### ➤ **Principe**

Cette méthode a pour objet de déterminer le taux des phosphatides dans l'huile à traiter. Cette technique ne peut être appliqués aux huiles concrètes car les triglycérides saturés sont solubles dans l'acétone et sont de ce fait entraînés avec les phosphatides (**NF EN ISO 3657**).

#### ➤ **Mode opératoire**

Après avoir pesé un papier filtre vide ( $P_0$ ), on fait Dissoudre 25g d'huile dans 200 ml d'acétone. On laisse reposer 2 heure au moins à 4°C au réfrigérateur, puis on filtre sur filtre taré. Ensuite, on lave à l'acétone jusqu'à l'élimination totale du gras sur les parois du filtre. On pesé le filtre après séchage à 100-105°C, soit  $P_1$  ce poids (**NF EN ISO 3657**).

La teneur en phosphatides des échantillons se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Phosphatides\%} = P P_1/PE$$

Avec:

**PE:** Le poids de prise d'essai 25g.

**P1 :** Le poids de double filtre taré avant la filtration de l'huile.

**P :** Le poids de double filtre taré après filtration d'huile (**NF EN ISO 3657**).

Le pourcentage en phosphore est déduit selon la formule suivante en utilisant la concentration en phosphatides :

$$\text{Phosphore en \%} = \text{phosphore en \%} \cdot 30$$

Sachant que la masse atomique de phosphore égal à 30 u.

### 5.3. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde d'un corps gras est le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif de peroxyde contenu dans un kilogramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. L'indice de peroxyde renseigne sur le degré de l'oxydation de l'huile, il est exprimé en meq d'O<sub>2</sub>/Kg d'huile. En présence de certains facteurs (lumière, eau, chaleur, trace de métaux ...), les huiles peuvent s'oxyder. Cette oxydation conduit à la formation de peroxydes (ou hydro peroxydes) par fixation d'une mole d'oxygène sur le carbone situé en position  $\alpha$  par rapport à une liaison éthylénique des acides gras insaturés constitutifs des glycérides. L'indice de peroxyde est une mesure permettant d'estimer la qualité de peroxydes présents dans une matière grasse. Les peroxydes sont déterminés en se basant sur leur propriété de libérer l'iode de l'iodure de potassium dans les milieux acides **ISO 3960(2007)**.

#### ➤ Principe

L'huile est traitée en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium (KI). L'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à (0.01N) en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré **ISO 3960(2007)**.

### ➤ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer, un mélange a été préparé contenant 5g d'huile de soja, 10 ml de chloroforme 15mL d'acide acétique et 1 ml d'iodure de potassium (KI saturé). Après agitation pendant une minute et repos à l'abri de la lumière pendant 5 minutes, 75 ml d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon ont été additionnés au mélange précédent. La coloration bleu noirâtre apparaît. Après homogénéisation de ce dernier, nous avons procédé à un titrage par une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) (0,02 N) jusqu'à ce qu'elle soit transparente. Parallèlement, un essai à blanc (sans huile) a été effectué, les matériels utilisés sont montrés dans la figure N°8. La valeur de l'indice de peroxyde a été calculée selon la formule suivante **ISO 3960(2007)**.

$$I_s \text{ (mg KOH/g L'huile)} = (V-0) V \cdot N \cdot E_g / P$$

Où :

**IS:** Indice de saponification exprimée en mg /g ;

**V0:** Volume en ml de HCL utilisé pour l'essai à blanc;

**V:** Volume en ml de HCL utilisé pour l'échantillon à analyser;

**P:** Poids en gramme de la prise d'essai;

**N:** Normalité de l'acide chlorhydrique HCL 0.5N.

L'image suivante montre les matériels utilisés dans la détermination de l'indice de peroxyde **ISO 3960(2007)**.

### 5.4. Détermination de la couleur

La couleur joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité d'un élément. En effet, la couleur d'un aliment est souvent liée à sa maturité, à la mise en œuvre appropriée ou défectueuse d'un traitement technologique ou de mauvaise condition d'entreposage ou à un début de détérioration, l'appareil utilisé pour la détermination de la couleur est appelé « LOVIBOND » comme le montre l'image correspondante; (c'est un colorimètre) **ISO 15305(1998)**.



**Figure 9 :** Appareil « LOVIBOND ».

### ➤ Principe

Le principe de la détermination de la couleur consiste à faire une comparaison entre la couleur de la lumière transmise à travers une couche de graisse liquide et la couleur de la lumière provenant toujours de la même source transmise à travers les lames colorées standardisées, les lames colorées standardisées sont constituées de trois couleurs, qui sont : Jaune (J), Rouge(R) et Bleu (B), **ISO 15305(1998)**.

### ➤ Mode opératoire

Dans une cellule à un pouce (ou cinq pouces); l'échantillon à analyser est préalablement chauffé au bain marie pour qu'il devienne homogène, puis la détermination immédiate de la couleur correspondante est réalisée en faisant la comparaison avec les lames de couleur standard (réglage des deux faces observées jusqu'à l'obtention de la même couleur des deux côtés) **ISO 15305(1998)**.

### **5.5. Détermination de l'humidité**

C'est la perte de masse subite par le produit après chauffage à  $103 \pm 2$  °C dans l'étuve, exprimé en pourcentage **ISO 8573 (1999)**.

➤ **Principe**

Le principe de l'humidité est basé sur la détermination du poids de l'huile avant et après séchage à l'étuve, toute diminution du poids indique la présence d'humidité **ISO 8573 (1999)**.

➤ **Mode opératoire**

Un cristalliseur séché à l'étuve et refroidit dans un dessiccateur est pesé (soit P1 le poids correspondant). Puis, nous avons pesé 20 g d'huile dans ce cristalliseur, en notant le poids de cette huile P2. Ce dernier est introduit dans une étuve réglée à 103 °C pendant 2 heures, ensuite, il est pesé après refroidissement dans un dessiccateur, cette opération est répétée jusqu'à la stabilisation du poids (P3). Le taux d'humidité exprimée en pourcentage est déterminé par la relation suivante **ISO 8573 (1999)**.

$$\text{L'humidité \%} = [(P1 + P2 - P3) \times 100] / P2$$

Avec:

**P1:** Poids du bécher vide.

**P2:** Poids d'huile à sécher.

**P3:** Poids de l'échantillon après séchage.

### **5.6. Détermination de l'indice de saponification**

L'indice de saponification correspond au nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour saponifier les acides gras contenus dans un gramme de matière grasse (**NE 1.2- 49,/1985**).

➤ **Principe**

En traitant un ester par une solution de potasse concentrée et chaude, on régénère l'alcool et le sel de potassium de l'acide, formant ainsi un ester (**NE 1.2-49,/1985**).

### **Mode opératoire**

On pèse 2 g d'huile à analyser, que l'on introduit dans un ballon à col étroit. On ajoute ensuite 25 ml d'une solution de KOH dans de l'éthanol à 0,5 N, puis on chauffe le mélange à reflux pendant une heure. Après refroidissement, on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine comme indicateur coloré, puis on titre la solution avec de l'acide chlorhydrique HCL à 0,5 N jusqu'à la disparition de la couleur rose et la réapparition de la couleur initiale du mélange (transparente). L'indice de saponification est calculé à l'aide de la formule suivant (**NE 1.2-49,1985**).

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

Avec :

**IS**: l'indice de saponification.

**V<sub>0</sub>** : le volume en ml d'acide chlorhydrique d'HCL utilisé pour l'essai à blanc.

**V**: le volume en ml d'acide chlorhydrique d'HCL utilisé pour l'échantillon à analyser.

**N** : la normalité de l'acide chlorhydrique HCL (0,5 N).

**M** : la masse molaire de l'acide.

**P** : la prise d'essai en grammes.

## **6. Résultats obtenus lors des analyses effectués sur l'huile soja brute**

Les résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur l'huile de soja brute utilisée, et la comparaison des valeurs obtenues avec les normes, sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau II:** Résultats des analyses effectuées sur l'huile brute du soja.

<b>Analyses</b>	<b>Résultats</b>	<b>Norme de l'entreprise</b>
<b>L'acidité (%)</b>	0,55	1,5
<b>L'humidité %</b>	0,33	0,5
<b>La couleur (R/J)</b>	1,9R 70,0Y	R=2- 4      J=70
<b>Indice de peroxyde (meq/kg)</b>	0,5	Maximum 10
<b>Indice de saponification (Mg/KOH)</b>	192,17	189-195
<b>La teneur % en phosphatides (ppm)</b>	0,88%	200

Les analyses effectuées sur l'huile de soja brute ont donné des valeurs conformes aux normes de l'entreprise, ce qui indique que les opérations d'extraction et de stockage de l'huile de soja brute sont bien réalisées. Les résultats de l'étude physico-chimique nous permettent de conclure que les huiles soja brutes utilisées pour évaluer l'efficacité du processus de raffinage sont homogènes et conformes aux normes requises.

## **7. Résultats obtenus d'acidité et de la couleur**

Les tableaux ci-dessus montrent les résultats des analyses d'acidité et de la couleur des échantillons obtenus avec l'utilisation des différentes concentrations de l'acide citrique (5%,10%,15%) et une concentration déterminée de l'acide phosphorique (85%) à des différentes quantités (0,8g, 1g, 1,25g).

## *Résultats et discussion*

**Tableau III:** Résultats de l'acidité et de la couleur du différent échantillon à une quantité de 0,8g.

<b>Analyses</b>	<b>Acidité</b>	<b>Couleur</b>	
<b>Huile brute</b>	0,55	1,9R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 5%</b>	0,65	1,7R	70, Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 10%</b>	0,68	2,3R	30,0Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 15%</b>	0,74	2,0R	50,0Y
<b>Huile avec l'acide phosphorique à 85%</b>	1,38	3,2R	70,0Y

**Tableau IV:** Résultats de l'acidité et de la couleur du différent échantillon à une quantité de 1g.

<b>Analyses</b>	<b>Acidité</b>	<b>Couleur</b>	
<b>Huile brute</b>	0,55	1,9R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 5%</b>	0,65	1,9R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 10%</b>	0,64	2,0R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 15%</b>	0,71	1,8R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide phosphorique à 85%</b>	0,90	2,4R	70,0Y

## *Résultats et discussion*

---

**Tableau V:** Résultats de l'acidité et de la couleur du différent échantillon à une quantité de 1,25g.

<b>Analyses</b>	<b>Acidité</b>	<b>Couleur</b>	
<b>Huile brute</b>	0,55	1,9R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 5%</b>	0,60	2,6R	17Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 10%</b>	0,64	1,9R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide citrique à 15%</b>	0,70	1,9 R	70,0Y
<b>Huile avec l'acide phosphorique à 85%</b>	0,77	2,7 R	70,0Y

### **Interprétation**

Il est intéressant de noter que la comparaison des résultats de l'acide citrique, de l'acide phosphorique et de l'huile brute, en utilisant des quantités de 0,8g, 1g, 1,25 g, indiquent que l'acide phosphorique à 85% conduit à une acidité significativement plus élevée que toutes les concentrations d'acide citrique testées. L'huile brute a une acidité plus faible que tous les échantillons traités à l'acide citrique et à l'acide phosphorique.

En ce qui concerne la couleur, on observe une différence significative entre l'acide citrique et l'acide phosphorique. L'acide phosphorique à 85% conduit à une augmentation plus importante de la composante "R" de la couleur par rapport à l'acide citrique à toutes les concentrations testées. De plus, l'huile traitée avec de l'acide citrique à 10% présente une diminution de la composante "Y" de la couleur, et l'huile traitée avec de l'acide citrique à 5% présente une teinte jaune plus prononcée, notée comme 17Y.

**8. Résultats obtenus lors de la détermination de la teneur en phosphatides des échantillons obtenus après filtration**

Le tableau ci-dessus montre Les résultats des analyses de les teneurs en phosphatides dans différentes quantités d'huile traitées avec de l'acide citrique à différentes concentrations (5%, 10%, et 15%) ainsi qu'avec de l'acide phosphorique à 85%. Les résultats sont présentés pour des quantités de différentes solutions préparées (0,8 g, 1 g et 1,25 g).

**Tableau VI:** Résultats obtenus lors de la détermination de la teneur en phosphatides.

<b>Analyses</b>	<b>Teneurs en phosphatides avec 0,8g de la solution d'acide</b>	<b>Teneurs en phosphatides avec 1g de la solution d'acide</b>	<b>Teneurs en phosphatides avec 1,25g de la solution d'acide</b>
<b>Huile avec Acide citrique à 5%</b>	0,46	0,145	0,139
<b>Huile avec Acide citrique à 10%</b>	0,151	0,079	0,153
<b>Huile avec Acide citrique à 15%</b>	0,010	0,019	0,049
<b>Huile avec Acide phosphorique à 85%</b>	0,256	0,197	0,048
<b>Huile brute</b>	0,177		

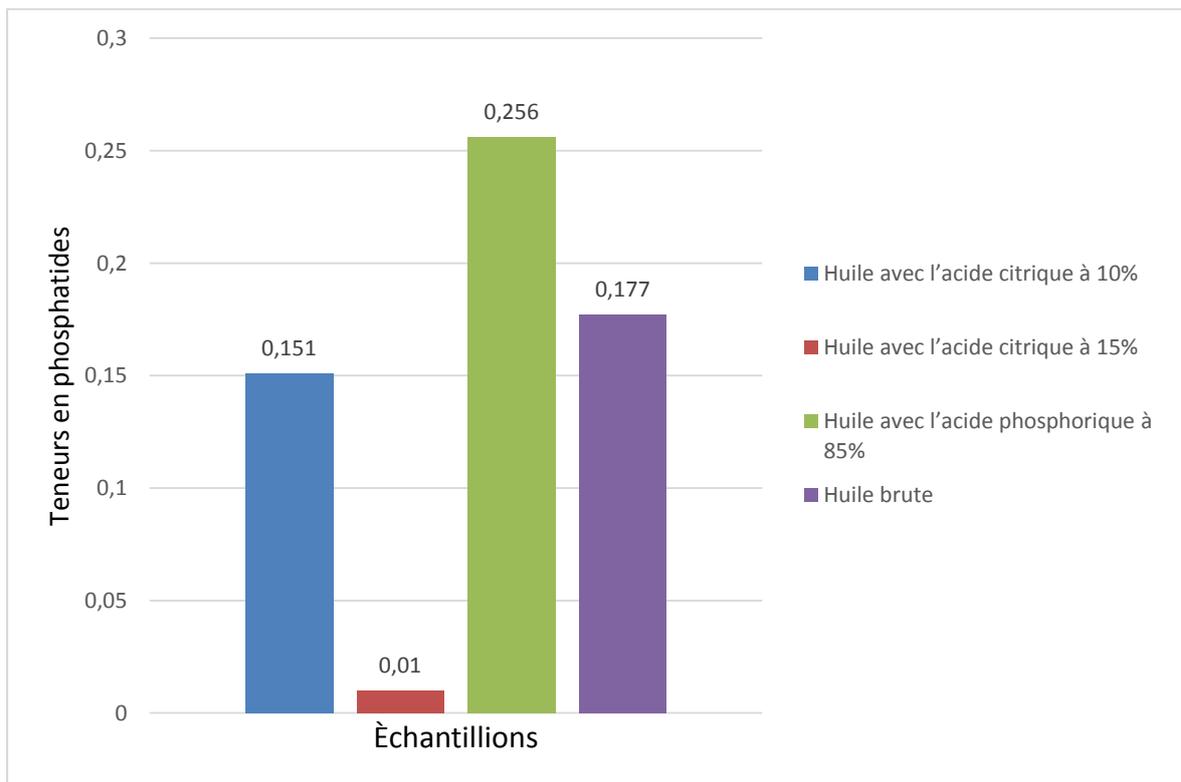
**Interprétation**

Les valeurs indiquent que l'huile brute contient une quantité de phosphatides de 0,177, tandis que les échantillons traités avec de l'acide citrique et de l'acide phosphorique présentent des variations importantes. Les teneurs en phosphatides dans les échantillons d'huile traités à l'acide citrique diminuent avec l'augmentation de la concentration (5%,10%,15%) d'acide citrique, passant de 0,46 à 0,010 avec une quantité de solution de 0,8 g ; de 0,45 à 0,019 pour une quantité de solution de 1 g ; Et de 0,139 à 0,049 pour une quantité de solution de 1,25 g. En revanche, l'huile traitée avec de l'acide phosphorique à 85% présente des teneurs plus élevées, allant de (0,256 0,197) lorsque on a ajouté des petites

## Résultats et discussion

quantités d'acide phosphorique (0,8g et 1g). Et a une quantité plus élevée que les précédentes 1,25g la teneur des phosphatides démunie a 0,048.

Ces observations nous mènent à penser que l'utilisation de l'acide citrique à 15% conduit généralement à des teneurs plus faibles en phosphatides par rapport à l'acide citrique à 5% et 10%. Alors que, l'utilisation de l'acide phosphorique à 85% semble donner des teneurs en phosphatides plus élevées par rapport à toutes les concentrations d'acide citrique utilisées.



**Figure 10 :** Teneur en phosphatides dans une quantité de 0,8.

## Résultats et discussion

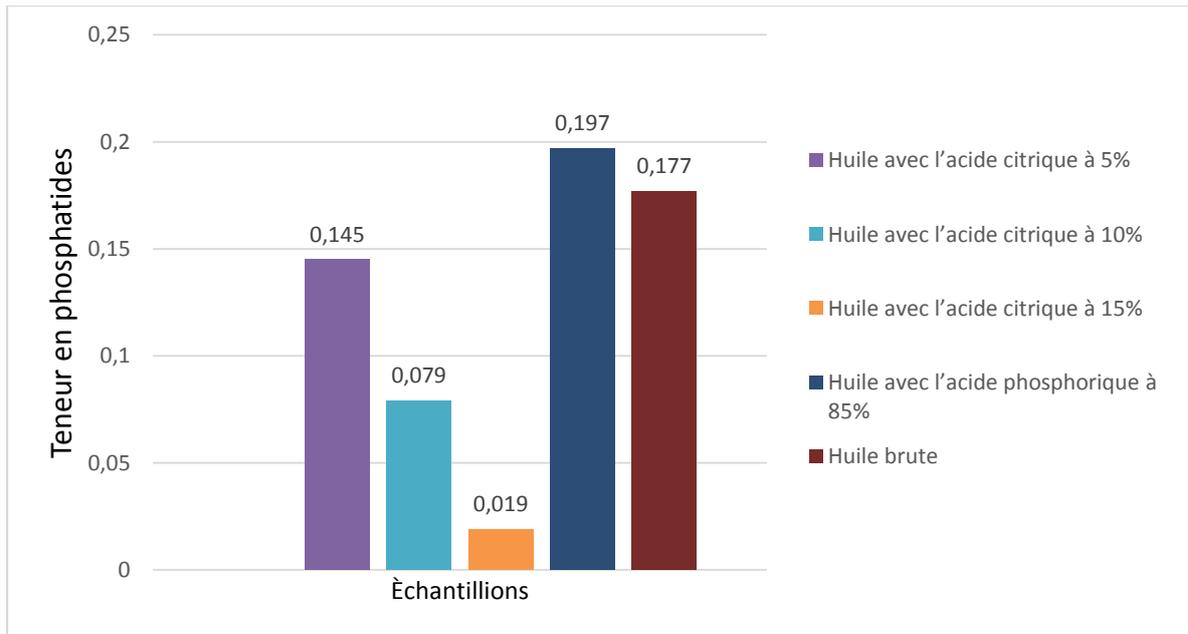


Figure 11 : Teneur en phosphatides dans une quantité de 1g.

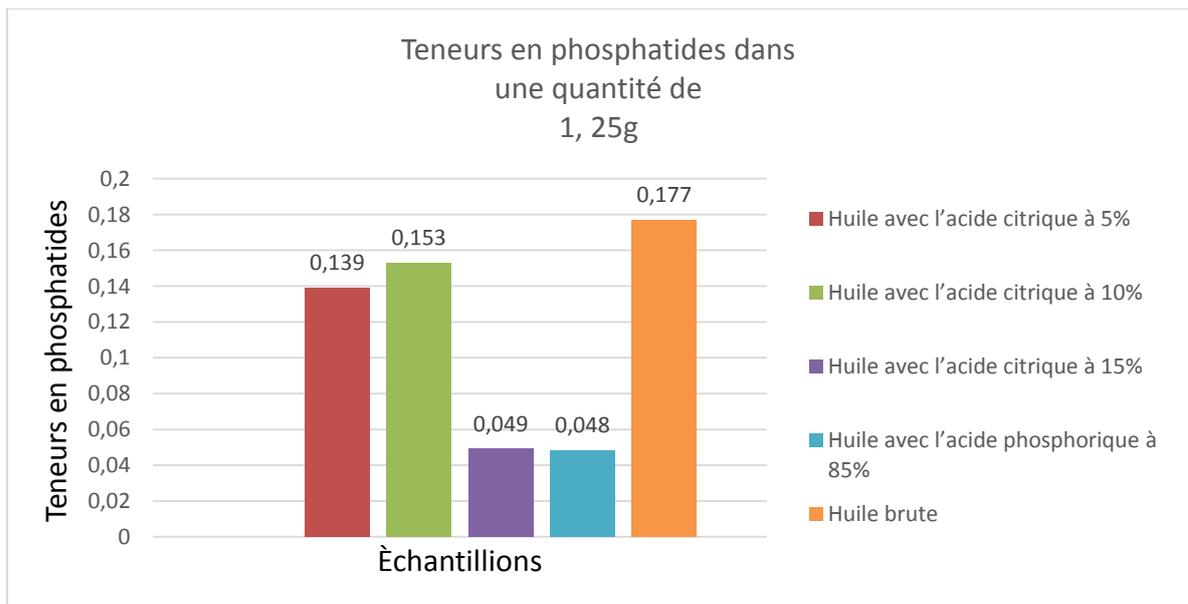


Figure 12 : Teneur en phosphatides dans une quantité de 1,25.

### Interprétation

Les teneurs en phosphatides dans les échantillons d'huile sont influencées par le traitement avec des acides. Les teneurs les plus élevées sont observées dans l'huile traitée à l'acide phosphorique à 85%, suggérant une interaction plus prononcée entre cet acide et les phosphatides présents dans l'huile, cependant, l'acide citrique à 15% conduit généralement à des teneurs plus faibles en phosphatides.

Par ailleurs, analyse de l'acidité permet d'évaluer le niveau d'acidité des échantillons d'huile. Les résultats révèlent que l'huile brute présente une acidité de 0,55. Les échantillons d'huile traités à l'acide citrique montrent des valeurs d'acidité légèrement plus élevées, allant de 0,60 à 0,74, mais inférieure à celle des huiles traitées à l'acide phosphorique.

L'acide phosphorique à 85% conduit à une augmentation significative de l'acidité par rapport à l'acide citrique, indiquant une réaction chimique plus intense entre l'acide phosphorique et les composés présents dans l'huile.

L'analyse de la couleur des échantillons d'huile nous permet d'évaluer visuellement les variations de teinte. Les résultats indiquent que la couleur de l'huile brute est notée comme 1,9R et 70,0Y. Les échantillons d'huile traités à l'acide citrique montrent des variations dans la composante "R".

### ***9. Réaction chimique entre l'acide citrique avec les phospholipides***

La réaction chimique entre l'acide citrique et les phospholipides dans l'huile est une hydrolyse des esters de phospholipides. Lorsque l'acide citrique est ajouté à l'huile, il se dissocie en ions citrate qui agissent comme des catalyseurs pour l'hydrolyse des esters de phospholipides. L'hydrolyse est une réaction chimique qui implique la rupture des liaisons ester entre les acides gras et la partie phosphate des phospholipides. Cela entraîne la séparation des acides gras et de la partie phosphate des phospholipides.



Ainsi, la réaction chimique entre l'acide citrique et les phospholipides entraîne la dégradation des phospholipides en acides gras et en phosphates, ce qui réduit la teneur en phosphatides dans l'huile traitée. Cette réaction est responsable de la diminution des teneurs en phosphatides observée dans les échantillons d'huile traités à l'acide citrique par rapport à l'huile brute non traitée.

### ***10. Réaction chimique de l'acide phosphorique et les phospholipides***

La réaction entre l'acide phosphorique et les phospholipides présents dans l'huile de soja brute se produit lorsqu'ils entrent en contact. L'acide phosphorique, une substance acide, réagit avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  présents dans l'huile, ce qui entraîne la transformation des sels de phosphatides en phosphatides hydratés. Ce processus provoque la floculation des phosphatides, qui peuvent ensuite être séparés par centrifugation (**Garciani, 1999**).

La réaction chimique entre l'acide phosphorique et les phospholipides dans l'huile est également une hydrolyse des esters de phospholipides, similaire à celle qui se produit avec l'acide citrique. L'acide phosphorique, qui est un acide fort, peut réagir avec les esters de phospholipides présents dans l'huile, entraînant leur dégradation.

Lorsque l'acide phosphorique à 85% est ajouté à l'huile, il se dissocie en ions phosphate qui agissent comme catalyseurs pour l'hydrolyse des esters de phospholipides. Les liaisons ester entre les acides gras et la partie phosphate des phospholipides sont rompues, ce qui conduit à la séparation des acides gras et des groupes phosphate.

La réaction d'hydrolyse des esters de phospholipides sous l'effet de l'acide phosphorique entraîne la libération d'acides gras et de phosphates. Les phosphates peuvent former des complexes solubles dans l'eau, tandis que les acides gras restent dans l'huile.

Par conséquent, la réaction chimique entre l'acide phosphorique et les phospholipides entraîne la dégradation des phospholipides en acides gras et en phosphates, réduisant ainsi la teneur en phosphatides dans l'huile traitée. Cela explique la diminution observée des teneurs en phosphatides dans les échantillons d'huile traités à l'acide phosphorique par rapport à l'huile brute non traitée.

**En conclusion**, sur la base des résultats obtenus dans les expériences précédentes, il semble que l'acide citrique ait été plus efficace que l'acide phosphorique pour réduire à la fois le taux d'acidité et les phospholipides dans l'huile brute de soja. Cependant, la couleur de l'huile n'a pas été complètement corrigée par les deux acides.

### ***11. Etude comparative entre l'acide citrique et l'acide phosphorique***

La principale différence entre la réaction chimique de l'acide citrique et de l'acide phosphorique avec les phospholipides réside dans la nature des acides, leur force et leur réactivité. L'acide citrique agit comme un catalyseur tandis que l'acide phosphorique réagit directement avec les phospholipides. De plus, l'acide phosphorique, en tant qu'acide fort, peut provoquer une réaction plus intense d'hydrolyse des esters de phospholipides par rapport à l'acide citrique, comment il montre le tableau N° VI.

## *Résultats et discussion*

**Tableau VII:** Etude comparative entre Acide citrique et Acide phosphorique.

	<b>Acide citrique</b>	<b>Acide phosphorique</b>
<b>Nature des acides</b>	un acide organique tricarboxylique faible. Il se trouve naturellement dans les agrumes et est couramment utilisé comme additif alimentaire et agent de conservation.	acide minéral inorganique fort. Il est utilisé dans diverses applications industrielles, y compris l'industrie alimentaire pour l'acidification des produits.
<b>Forces des acides</b>	- L'acide citrique est considéré comme un acide faible, ce qui signifie qu'il se dissocie partiellement en ions H <sup>+</sup> dans l'eau.	L'acide phosphorique, en revanche, est un acide fort qui se dissocie complètement en ions H <sup>+</sup> dans l'eau.
<b>Réactivité</b>	- L'acide citrique agit principalement comme un catalyseur pour l'hydrolyse des esters de phospholipides. Il facilite la réaction chimique en abaissant l'énergie d'activation, mais il n'est pas directement impliqué dans la réaction chimique elle-même.	- L'acide phosphorique, en raison de sa force et de sa réactivité élevée, réagit directement avec les esters de phospholipides pour provoquer leur hydrolyse. Il participe activement à la réaction chimique en fournissant les ions H <sup>+</sup> nécessaires pour rompre les liaisons ester des phospholipides.

## ***12. Avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'acide citrique et de Acide phosphorique dans l'industrie alimentaires***

Le tableau suivant nous montre les avantages et les inconvénients de l'utilisation des acides citrique et phosphorique dans l'industrie alimentaires :

**Tableau VIII:** Avantages et inconvénients d'acide citrique et acide phosphorique.

<b>Acides</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Acide citrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-D'origine naturelle, présent dans de nombreux fruits.</li> <li>-Arôme acide doux et agréable.</li> <li>-Agent de conservation efficace pour les aliments et les boissons.</li> <li>-Utilisé comme acidulant et agent de saveur.</li> <li>-Peut améliorer la stabilité des produits.</li> <li>-Possède des propriétés Antioxydants.</li> <li>-aider à éliminer les odeurs indésirables de l'huile de soja brute, ce qui améliore la qualité sensorielle du produit final (<b>fiche technique</b>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peut provoquer des irritations gastro-intestinales en cas.</li> <li>-Risque de corrosion des équipements métalliques.</li> <li>- Effets indésirables sur la digestion (<b>fiche technique</b>).</li> </ul>
<b>Acide phosphorique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Agent de régulation du pH efficace pour les aliments et les boissons.</li> <li>-Peut améliorer la stabilité des produits.</li> <li>-Utilisé comme agent chélateur dans certaines applications.</li> <li>-Utilisé comme acidulant et agent de saveur (<b>fiche technique</b>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peut causer des brûlures chimiques en cas de contact direct avec la peau ou les yeux.</li> <li>-Risque de corrosion des équipements métalliques.</li> <li>-Effet potentiel sur la santé en cas d'ingestion excessive -Peut réagir avec d'autres ingrédients et altérer le goût (<b>fiche technique</b>).</li> </ul>

## *Conclusion Générale*

## *Conclusion Générale*

---

Pendant notre stage au complexe "C.O.G.B. La Belle", nous avons pu observer de près le processus de production des huiles végétales dans une entreprise agroalimentaire locale. Nous avons également suivi les paramètres physico-chimiques des huiles.

La démulagination de l'huile de soja est une étape cruciale du raffinage qui vise à éliminer les mucilages, y compris les phospholipides. Leur présence entraîne des difficultés lors des étapes ultérieures et donne à l'huile un aspect peu attrayant.

L'influence des concentrations d'acide citrique sur l'élimination des phospholipides dans l'huile de soja brute a été étudiée en comparaison avec l'acide phosphorique. Les résultats ont montré que les deux acides peuvent jouer un rôle dans la réduction des phospholipides, mais leurs mécanismes d'action diffèrent.

L'acide phosphorique agit en formant des sels d'acides phosphoriques insolubles avec les phospholipides, ce qui facilite leur séparation de l'huile. L'efficacité de l'élimination des phospholipides dépend de la concentration d'acide phosphorique utilisée, du temps de traitement et de la température. Des concentrations appropriées doivent être déterminées pour obtenir les meilleurs résultats.

D'autre part, l'acide citrique exerce son action en formant des complexes insolubles avec certains ions métalliques associés aux phospholipides. Ces complexes précipitent, ce qui facilite la séparation des phospholipides de l'huile. Comme pour l'acide phosphorique, l'efficacité de l'élimination des phospholipides avec l'acide citrique dépend de la concentration d'acide, du temps de traitement et de la température.

La comparaison de l'efficacité de l'élimination des phospholipides entre l'acide citrique et l'acide phosphorique révèle qu'ils peuvent tous les deux contribuer à réduire la teneur en phospholipides dans l'huile de soja brute. Cependant, des différences peuvent exister en termes d'efficacité et d'impact sur d'autres caractéristiques de l'huile, telles que la couleur, le goût ou la stabilité oxydative.

Les résultats de notre étude peuvent être considérés comme encourageants, car l'acide citrique et l'acide phosphorique sont considérés comme des agents efficaces dans l'élimination des phospholipides dans l'huile de soja brute. Les concentrations d'acide citrique de 5%, 10%, et 15% ont montré des résultats prometteurs, mais il est important de

## *Conclusion Générale*

---

trouver un équilibre entre l'efficacité de l'élimination des phospholipides et les considérations de sécurité et de qualité sensorielle.

## *Références bibliographiques*

## **Références bibliographiques**

---

### **A**

ALFOS, C., & MORIN, O. (2008). *Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales)*. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 3(F6070).

Adrian J., Dan villier P. et Potus J. *Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées Alimentaire*. Edition : Tec. (1998).

Anonyme1: <https://www.yellowrock.com/produit-graine-de-soja-yellowrock.html>

Anonyme2: <https://scholar.google.com/scholar?q=Utilization+of+Citric+Acid+in+Wood+Particleboard+for+Reducing+Synthetic+Adhesive+Usage>

### **B**

Bauer, W. J., Badoud, R., & Löliger, J. (2010). *Science et technologie des aliments: principes de chimie des constituants et de technologie des procédés: PPUR Presses polytechniques*.

Brisson, G. (1982). *Lipides et nutrition humaine: analyse des données récentes sur les corps gras alimentaires: Presses Université Laval*.

### **C**

Cuvelier, C., Cabaraux, J.-F., Dufrasne, I., Hornick, J.-L., & Istasse, L. (2004). *Acides gras: nomenclature et sources alimentaires. Paper presented at the Annales de Médecine Vétérinaire*.

### **D**

DEBRUYNE, I. (2001). *Soja: transformation et aspects industriels*. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 3(F6030), F6030. 6031-F6030. 6012.

### **E**

Élie, F. *Notions sur les lipides et les acides gras*.

## Références bibliographiques

---

### F

FAMEAU, A.-L., SAINT-JALMES, A., COUSIN, F., & DOULIEZ, J.-P. (2012). *Acides gras: tensioactifs verts et propriétés moussantes originales.*

### G

Gontier, E., Gougeon, S., Guillot, X., Thomasset, B., Méjean, L., Trân, T. L. M., & Bourgaud, F. (2004). Les plantes, sources d'acides gras essentiels oméga 3. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11(2), 106-111

Gutfinger, T, & Letan, A. (1978). Pretreatment of soybean oil for physical refining: Evaluation of efficiency of various adsorbents in removing phospholipids and pigments. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(12), 856-859.

### I

ISO 3960, édition 4, *Corps gras d'origine animale et végétale – détermination de L'indice de peroxyde*, 2007.

ISO 15305, *Corps gras d'origine animale et végétale – détermination de la couleur*. Lovibond, 1998.

ISO 8573- 3, *Polluants et classes de qualité- détermination le taux d'humidité*, 1999.

### K

Kusumah, S. S., Umemura, K., Yoshioka, K., Miyafuji, H., & Kanayama, K. (2016). *Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard I: Effects of pre-drying treatment and citric acid content on the board properties.* *Industrial Crops and Products*, 84, 34-42.

### L

Lecerf, J.-M. (2011). *Les huiles végétales: particularités et utilités: Vegetable oils: Particularities and usefulness.* *Médecine des maladies Métaboliques*, 5(3), 257-262.

Lecerf, J.-M. (2016). *Acides gras saturés et risque cardio-métabolique.* *Médecine des maladies Métaboliques*, 10(5), 421-429.

## Références bibliographiques

---

### M

Morin, O., & Pagès-Xatart-Parès, X. (2012). *Huiles et corps gras végétaux: ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel. Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(2), 63-75.

Motri, S., Hsan, S. T., Rahali, S., & Grayaa, S. (2017). *Comparative study of degumming processes (with water and enzymatic) of soybean oil Etude comparative de procédés de dégommage (à l'eau et enzymatique) de l'huile de soja. International Journal of Applied Research and Technology*, 1-6.

### N

NF. EN. ISO 660, *Corps gras d'origine animale et végétale – détermination d'acide et l'indice d'acidité*, 1996.

NF EN ISO 3657, *Corps gras d'origine animale et végétale – détermination de taux de Phosphore*.

NE 1.2-49, *Corps gras d'origine animale et végétale – détermination de l'indice de saponification*, 1985.

Nihad, N. *Etude comparative et suivi des paramètres physicochimiques d'huiles de soja raffinées chimiquement et enzymatiquement par Cevital SPA (Société Par Action)*.

Nathalie Guellier-Responsable éditoriale-spécialiste Jardin -Binette et Jardin

### P

Pagès-Xatart-Parès, X. (2008). *Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales). Techniques de l'ingénieur, dossier F6070*, 19.

Paquot, C. (1971). *L'insaponifiable de l'huile d'avocat. Fruits*, 26(2), 129-132.

### Q

Quentin, Françoise, et al. *Maxi fiches-Biochimie-2e éd. Dunod*, 2020.

# *Annexes*

## **I. Présentation de l'entreprise COGB « LABELLE »**

### **1. Historique**

La société des corps gras de Bejaia CO.G.B/SPA est une filiale de l'entreprise nationale des corps gras ENCG. Cette dernière a été créée au début du 20<sup>ème</sup> siècle, à l'issue de la restructuration de l'entreprise mère SO.G.E.D.I.A. L'ENCG a accédé au statut d'entreprise autonome en 1989, devenue ainsi une société par actions sous le sigle CO.G.B/SPA. Le groupe ENCG qui découle du holding Agro-alimentaire avait procédé à une nouvelle forme d'organisation en 1995 qui porte sur le principe de la filialisation. Ainsi le groupe ENCG s'est éclaté en cinq filiales et ces dernières ont été éclatées en neuf unités de production. C'est ainsi que cette entreprise devient une filiale sous le statut CO.G.B/SPA qui se compose de trois unités de production des huiles alimentaires, le savon de toilette et ménage, la margarine pour le marché national et enfin la glycérine destinée à l'exportation. Le 14/05/2006 la société des corps gras de Bejaia entre en partenariat avec la société agro-alimentaire La Belle en lui cédant 70% des parts de complexe de CO.G.B. Le schéma récapitulatif retrace les différentes restructurations de l'entreprise. CO.G.B la Belle est une société de droit algérien créée par acte notarié établi le 14/05/2006. Elle est juridiquement une SPA avec un capital de 1000 000000 DA avec une répartition de : 70% pour la Belle et 30% pour le groupe CO.G.B.

### **2. Situation géographique et patrimoine immobilier**

L'entreprise CO.G.B la Belle est implantée dans la zone industrielle de la wilaya de Bejaia, elle se trouve au siège de la direction générale qui est située à environ 250Km à l'Est de la capitale Alger. L'emplacement de l'UP07 est hautement stratégique, car il est situé à proximité du port. Ce qui a pour effet, de minimiser les frais de transport que ce soit pour la matière importée ou pour les produits finis destinés à l'exportation.

Elle est limitée par:

- ALCOST/SPA au Nord ;
- SNLB liège et la cite CHERCHARI au Sud ;
- OUED SEGHIR et le centre EDEMIA à l'Est ;

La route des Aurès et l'EPE/SPA à l'Ouest. CO.G.B la belle s'étend sur une superficie de 121 757 m<sup>2</sup> dont 56500 m<sup>2</sup> sont couverts. Le patrimoine bâti de l'entreprise qui est constitué par:

- Un bâtiment industriel.
- Un bâtiment administratif.
- Un hangar de stockage.

L'entreprise dispose de commodités telles que : électricité, gaz propane, air comprimé, eau, réseau internet. La COGB Bejaïa est approvisionnée en huiles brutes par bateau, par une pipe d'acier relie la station portuaire à l'usine dans des Bacs de stockage d'une capacité de 12 000 Tonnes.

### **3. Les activités de l'entreprise**

Le complexe CO. G. B. est chargé de :

- La raffinerie de l'huile alimentaire « goût d'or » : (500 tonne /jour).
- La Fabrication de savon de ménage « la caille » : (150 tonne/jour).
- La Fabrication de savon de toilette « Doucelin » : (50 tonne/jour).
- La Production de glycérine pharmaceutique : (20 tonne/jour).
- La Production des graisses par hydrogénation : (64 tonne/jour).
- La fabrication de la margarine « palme d'or » : (80 tonne /jour).
- La Production d'acide gras distillé : (20tonne/jour).
- La Production d'hydrogène: 150N/H.
- Conditionnement des huiles alimentaires : (500 tonne /jour).

### **4. Moyens de l'entreprise**

CO.G.B la Belle dispose des moyens matériels qui peuvent se résumer comme suit :

- Nature des moyens : raffinerie, savonnerie, margarinerie et hydrogénation.
- Origine des moyens : Europe, Canada.

- Les différentes machines utilisées dans la production : les souffleuses, les convoyeurs à air rafale, les remplisseuses, bouchonneuses, déviateur de bouteilles, fardeleuse, encartonneuse, palettiseur, banderoleuses.

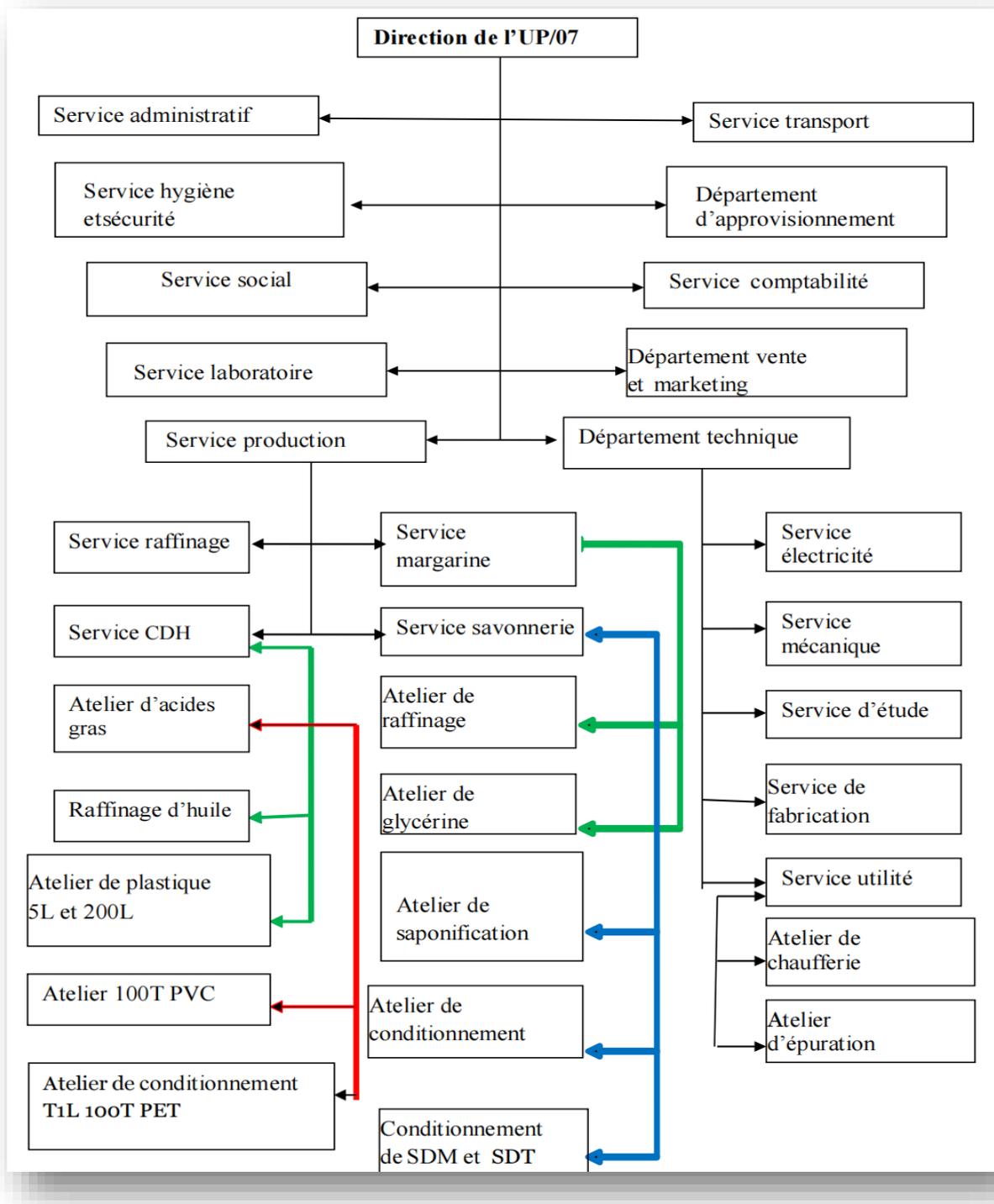
- Les investissements réalisés par l'entreprise : se résument à la rénovation des ateliers, acquisition de nouveaux matériels de production, machines de conditionnement et des moyens de transport.

### **5. Organisation de l'entreprise**

La belle est structurée selon un organigramme anticipé par sa direction générale afin de rendre aux exigences et objectifs tracés au préalable. L'organisation de l'entreprise s'articule autour du Directeur Général qui assure la coordination de neuf organes et ce sont :

- Audite et contrôle de gestion ;
- Assistant sécurité ;
- RQE (Qualité et environnemental);
- Assistant exploitation;
- Assistant achat et logistique;
- Assistant commercial ;
- Assistant administration et finances Laboratoire ; Informatique.

L'entreprise assure sa comptabilité et dispose d'une autonomie financière mais les gros investissements sont faits après l'aval de la direction générale. Un commissaire aux comptes veille à la conformité de la pratique procédurière aux principes universels de l'audite.



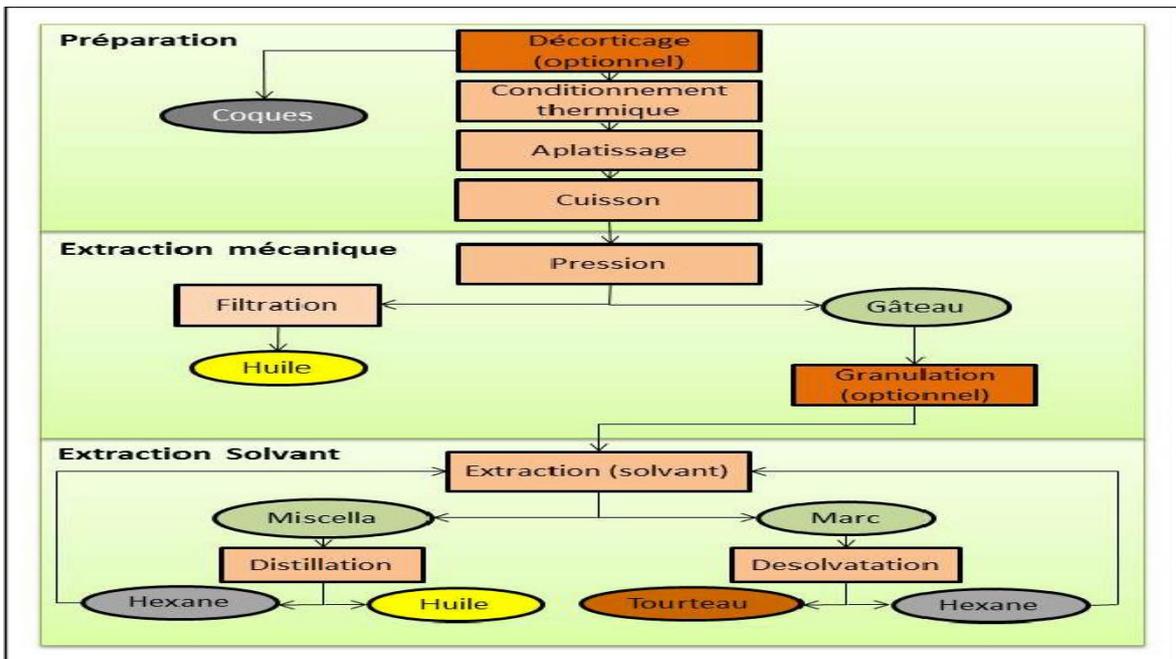
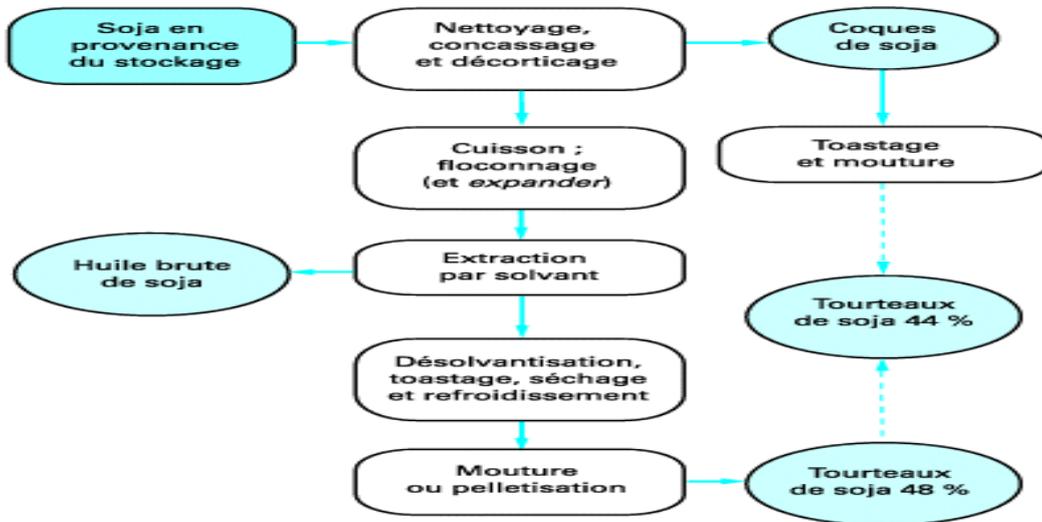
1 : Diagramme de l'entreprise COGB LABELLE.

## Annexes

**Annexe I :** Tableau montre les différentes substituants liés au Phospholipide et leur nomenclature.

Substituant	Formule de X	Nom du phospholipide
Choline	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{C}-\text{C}-\text{N}^+-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Phosphatidyl choline(PC)
Éthanol amine	$-\text{C}-\text{C}-\text{NH}_3^+ \\   \quad   \\ \text{H}_2 \quad \text{H}_2$	Phosphatidyléthanolamine (PE)
Sérine	$\begin{array}{c} \text{NH}_3^+ \\   \\ -\text{C}-\text{HC} \\   \quad   \\ \text{H}_2 \quad \text{COO}^- \end{array}$	Phosphatidyl sérine(PS)
Glycérol	$\begin{array}{c} \text{H}_2-\text{OH} \\   \\ \text{HC}-\text{OH} \\   \\ -\text{C} \\   \\ \text{H}_2 \end{array}$	Phosphatidyl glycérol (PG)
Phosphatidyl glycérol		Diphosphatidyl-glycérol ou cardiolipide (CL)
Myo-inositol		Phosphatidyl inositol (PI)

Annexe N° II : Transformation du soja avec extraction par solvant



L'extraction continue par solvant est une technique très répandue pour le traitement d'une large gamme de produits, en particulier les matières oléagineuses. L'extraction consiste essentiellement en un lavage de la matière par un solvant adéquat qui circule en sens opposé à la couche de matière.

La solubilisation de la matière grasse se réalise par diffusion de la phase concentrée vers la phase moins concentrée. La diffusion moléculaire de l'intérieur vers l'extérieur, la surface des flocons en contact avec le solvant et la diffusion laminaire de la surface vers le solvant

en mouvement sont les facteurs les plus importants. La vitesse d'extraction est limitée par la diffusion de l'intérieur vers l'extérieur et dépend directement de la structure interne des cellules, en particulier du degré de destruction des parois.

L'huile est dissoute dans le solvant et forme un miscella, qui s'écoule des tourteaux (flocons, granulés) à travers un tamis filtrant ou un fond filtrant. Ce miscella est pompé vers un système d'évaporation afin de récupérer le solvant pour recyclage et de séparer l'huile exempte de solvant pour la démulagination et le raffinage consécutif.

## *Résumé*

L'étude porte sur l'influence de différentes concentrations d'acide citrique (5%, 10%, 15%) et de l'acide phosphorique de 85% sur l'élimination des phospholipides dans l'huile de soja brute. Les résultats montrent que l'acide citrique et l'acide phosphorique sont efficaces pour réduire les phospholipides, mais leurs performances varient en fonction de la concentration utilisée.

L'utilisation d'acide citrique à des concentrations de 5%, 10% et 15% a montré une réduction relativement importante des phospholipides dans l'huile de soja brute. Plus la concentration d'acide citrique était élevée, plus l'élimination des phospholipides était importante. Cependant, il convient de noter que des concentrations plus élevées peuvent entraîner des altérations du goût et des risques d'irritation gastro-intestinale.

L'acide phosphorique de 85% a également montré une efficacité dans l'élimination des phospholipides, mais des comparaisons directes avec les concentrations d'acide citrique nécessitent une évaluation plus approfondie. L'acide phosphorique peut présenter des inconvénients tels que le risque de corrosion et des effets sur la santé en cas d'ingestion excessive.

**Mots clés :** L'acide citrique ; Acide phosphorique de 85% ; Élimination des phospholipides ; Huile de soja brute.

## *Abstract*

The study focuses on the influence of different concentrations of citric acid (5%, 10%, 15%) and 85% phosphoric acid on the removal of phospholipids in crude soybean oil. The results demonstrate that both citric acid and phosphoric acid are effective in reducing phospholipids, although their performance varies depending on the concentration used.

The use of citric acid at concentrations of 5%, 10%, and 15% showed a significant reduction in phospholipids in crude soybean oil. The higher the concentration of citric acid, the greater the elimination of phospholipids. However, it is worth noting that higher concentrations may lead to taste alterations and the risk of gastrointestinal irritation.

85% phosphoric acid also demonstrated effectiveness in eliminating phospholipids, but direct comparisons with citric acid concentrations require further evaluation. Phosphoric acid may have drawbacks such as the risk of corrosion and potential health effects in cases of excessive ingestion.

**Keywords :** Citric acid concentrations; 85% phosphoric acid; Phospholipids removal; Crude soybean oil.