

I- Composition et caractéristiques des matières premières oléagineuses

1. Les oléagineux

Les oléagineux sont des plantes cultivées spécifiquement pour leurs graines ou leurs fruits riches en matières grasses, dont on extrait de l'huile à usage alimentaire, énergétique ou industriel. Les résidus de l'extraction constituent les tourteaux généralement recyclés dans l'alimentation animale.

On distingue :

les graines oléagineuses, issues de plantes cultivées spécifiquement pour la production d'huile : colza, tournesol, arachide, soja, sésame, noix, amande, ou pour leurs pépins et dont l'huile est un produit accessoire : cotonnier, lin; certaines graines peuvent être consommées sous forme de graines germées (tournesol, soja) ou en farine fraîchement moulues ajoutées dans diverses recettes (lin), ou simplement séchées (tournesol, courge), ou encore sous forme de tofu (soja);

les fruits oléagineux produits par des arbres : palmier à huile, olivier, cocotier (coprah), noyer, noisetier, amandier. Certains oléagineux, riches également en protéines, sont appelés « oléo-protéagineux ». Exemple : le soja.

Les oléagineux les plus consommables dans le monde sont : soja, palmier à huile, colza, tournesol, olive et noix de Coco. Les principaux pays producteurs des oléagineux dans le monde on commence par les premiers producteurs de l'huile de palme qui sont : la Malaisie et l'Indonésie ; le soja est produit par : les Etats-Unis, le Brésil et l'Argentine ; le colza est produit par : la Chine, l'Inde, l'Union Européen et le Canada ; Le tournesol : la Russie, l'Ukraine et l'Argentine.

2. Principales plantes oléagineuses

Principales plantes oléagineuses				
Plante	Famille	Organe	Matière grasse	Utilisation
Arachide	Fabaceae	Graine	Huile d'arachide	Huile de table, margarine, savonnerie, tourteaux
Cacaoyer	Sterculiaceae	Graine	Beurre de cacao	Chocolat, pharmacie, cosmétiques
Cotonnier	Malvaceae	Graine	Huile de coton	Divers, tourteaux
Olivier	Oleaceae	Fruit	Huile d'olive	Huile de table, savonnerie

Ricin	Euphorbiaceae	Graine	Huile de ricin	Pharmacie, lubrifiant, huile siccative, industrie chimique
Soja	Fabaceae	Graine	Huile de soja	Huile de table, parfumerie, savonnerie, tourteaux
Tournesol	Asteraceae	Graine	Huile de tournesol	Huile de table, huile siccative, tourteaux
Palmier à huile	Arecaceae	Fruit	Huile de palme	Margarine, savonnerie, biocarburant, tourteaux
Lin	Linaceae	Graine	Huile de lin	Alimentation animale

3. Composition et caractéristiques générales des graines et fruits oléagineux

Les graines et fruits oléagineux contiennent des lipides de réserve pour la germination, dans la graine ou dans le noyau du fruit, ou bien constitutifs de la chair du fruit. Ces lipides, constitués essentiellement par des triesters d'acides gras et de glycérol ou triglycérides sont susceptibles de se dégrader suivant deux phénomènes distincts qui sont l'hydrolyse et l'oxydation.

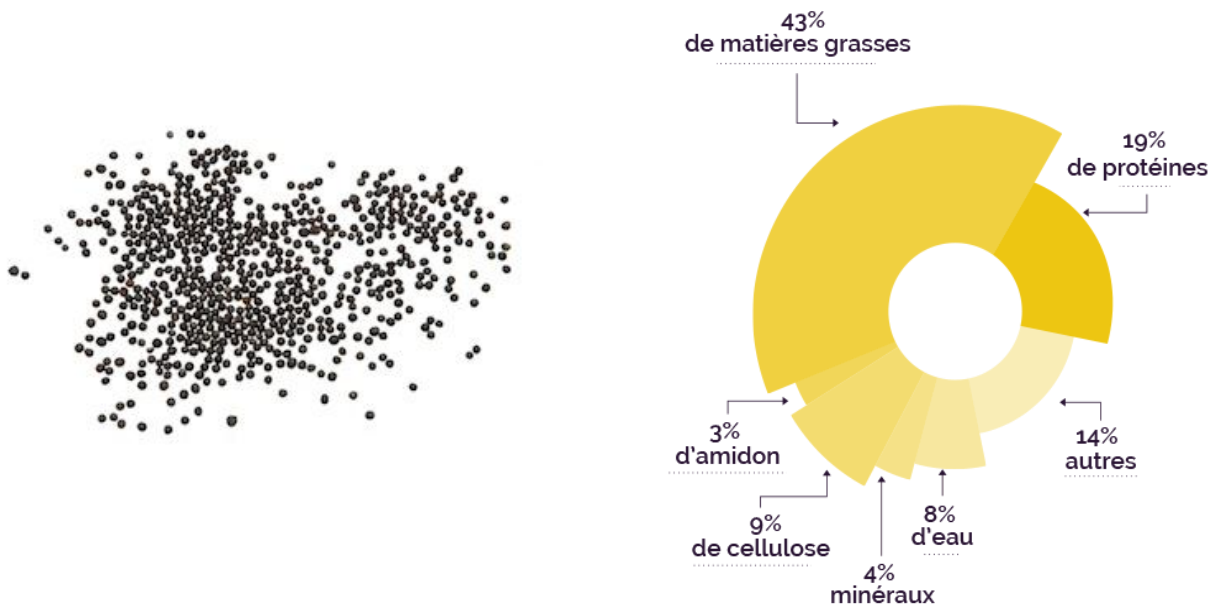
Dans le fruit humide et fermentescible, la matière grasse est mal protégée de ces phénomènes. Les opérations d'obtention d'huile se font nécessairement rapidement après la cueillette et dans un lieu peu éloigné : au moulin, dans le cas de l'olive ou à l'huilerie de palme située sur la plantation même.

Dans les graines oléagineuses par contre, l'huile est mieux protégée ; elle est stockée à l'intérieur des cellules aux parois rigides ; elle est en outre entourée d'une coque et son humidité est beaucoup plus faible (de l'ordre de 10 %) ; moyennant certaines précautions, le stockage de longue durée est possible (d'une campagne sur l'autre) et les traitements d'obtention peuvent se faire sur des sites industriels très éloignés du lieu de production.

3.1. Le colza

Le colza (*Brassica napus L.*) est une plante ramifiée à fleurs jaunes, appartenant à la famille des crucifères (*Cruciferae*). Il est le produit d'une hybridation naturelle entre le chou (*Brassica oleracea L.*) et la navette (*Brassica campestris L.*). Pour cette raison, il a été appelé *Koolzaad*, qui signifie « semence de choux ». Les fruits de colza appelés siliques, renferment des petites graines noires riches en acides gras insaturés (environ 40-45 %). Ces graines sont utilisées pour la production d'huile. De par sa teneur en huile, le colza, avec le tournesol, représente l'une des trois principales sources d'huile végétale, destinée à l'alimentation humaine et à la production d'agro-carburants.

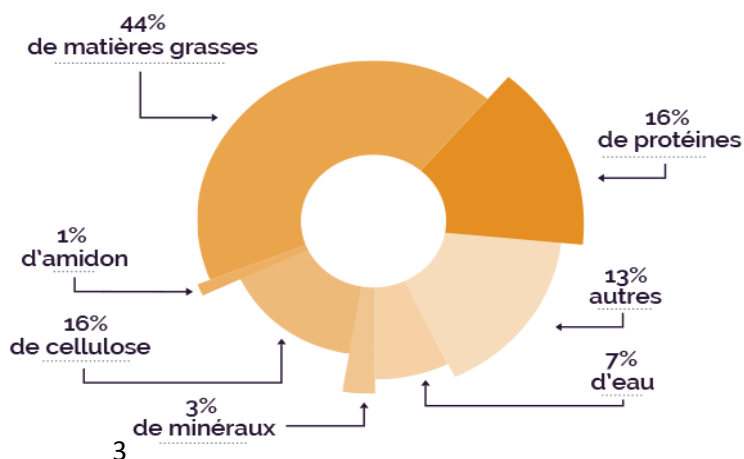
3.1.1. Composition moyenne de la graine de colza



3.2. Le tournesol

Le tournesol fait partie de la famille des composées (Asteraceae). C'est une plante annuelle. L'huile de tournesol est une précieuse graisse alimentaire au point de vue nutrition physiologique et elle contient une part de 50–70 % d'acide linoléique et une de 20–50 % d'acide oléique. Les graines sont récoltées durant la période allant de septembre à novembre. Les graines de tournesol sont composées d'épaisses coques riches en fibres indigestibles. Cette caractéristique explique la plus faible teneur en énergie en comparaison des autres graines oléagineuses. La richesse en fibres de ces graines rend intéressante leur utilisation pour l'alimentation des truies, des lapins et de certains ruminants. Les graines de tournesol sont également beaucoup utilisées en oisellerie.

3.2.1. Composition moyenne de la graine de tournesol

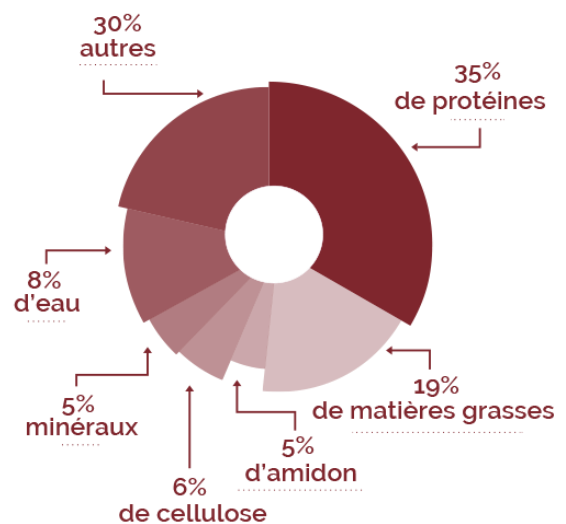




3.3. Le soja

Le soja représente plus de 50 % en masse de la production mondiale d'oléagineux. En tant qu'oléoprotéagineux, le soja constitue une matière première de choix pour une multitude d'industries utilisatrices de la graine entière de soja, de sa composante protéique ou de l'huile. Il existe des centaines de variétés de soja dans le monde, mais seulement quelques dizaines sont cultivées dans un but commercial. Par trituration, les graines sont transformées en huile de soja et en farine pour l'alimentation humaine ou en tourteaux pour l'alimentation animale. Les graines de soja contiennent des quantités variables d'inhibiteurs de trypsine, un facteur antinutritionnel agissant négativement sur la digestion des protéines et la croissance des animaux. Pour cette raison, les graines de soja ne peuvent pas être utilisées en l'état pour l'alimentation. Elles nécessitent au minimum un traitement thermique capable d'inactiver ces facteurs pour l'alimentation des monogastriques (volailles, porcs, poissons) ou pour améliorer la digestibilité des protéines par les ruminants.

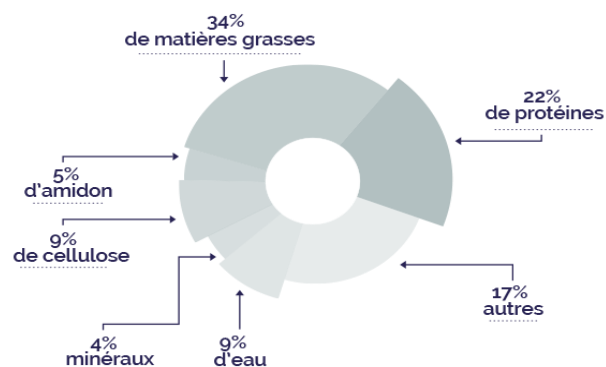
3.3.1. Composition moyenne de la graine de soja



3.4. Le lin

Les graines de lin sont caractérisées par leur richesse en oméga 3, en particulier en un acide gras essentiel appelé acide alpha-linolénique. L'incorporation de graines de lin dans les rations alimentaires des animaux a un effet positif sur les teneurs en oméga 3 des viandes et

des œufs produits. Comme pour le soja, le lin nécessite toutefois un traitement thermique préalable à son utilisation en alimentation pour l'élimination de certains facteurs nocifs pour la santé des animaux.



3.5. Les grains de sésames

Le sésame appartient à la famille des Pédaliacées (Pedaliaceae). Il est semé une fois par année, après la saison des pluies et il est mûr environ 90 jours après les semailles. Les graines sèches s'ouvrant d'elles-mêmes, et les semences se répandant alors sans contrôle sur le sol, on coupe les tiges juste au-dessus du sol, peu avant la maturité complète, et les met à sécher sur des supports dans les champs. La période de récolte va de septembre à mars. Les grains de sésame sont utilisés pour des produits de boulangerie, tels que pains, pains spéciaux et petits pains. On fabrique l'huile de sésame en pressant les grains, et on l'utilise avant tout pour cuisiner.

3.5.1. Composition moyenne des grains de sésame



Pour une Valeurs nutritives par 100 g :	
Valeur énergétique	2339 kg soit 565 calories
Protéines	17,7 g
Hydrates de carbone	11,18 g
Fibres alimentaires	11,18 g
Lipides	50,40 g
Acides gras saturés	6,7 g
Acides gras mono-insaturés	19,08 g
Acides gras poly-insaturés	33,3 g
Vitamines	E, B1, B2, B6, K
Minéraux	Ca, Cl, Na, P
Oligo-éléments	Mg

3.6. Les olives

L'olivier (*Olea europaea* L.) est un arbre fruitier qui produit les olives, un fruit consommé sous diverses formes et dont on extrait une des principales huiles alimentaires, l'huile d'olive. C'est une variété domestiquée depuis plusieurs millénaires et est cultivée dans les régions de climat méditerranéen. Le fruit, l'olive est une drupe, dont la peau (épicarpe) est recouverte d'une matière cireuse imperméable à l'eau (la pruine), avec une pulpe (mésocarpe) charnue riche en matière grasse renfermant un noyau ligneux. D'abord vert, il devient noir à maturité complète.



Olives mûres en conserve pour une valeur nutritive par 20 g :	
Valeur énergétique	23 calories
Protéines	0,2 g
Hydrates de carbone	1,3 g
Fibres alimentaires	0,6 g
Lipides	2,1 g
Acides gras saturés	0,3g
Acides gras mono-insaturés	1,6 g
Acides gras poly-insaturés	0,2 g

3.7. Palmier à huile

L'huile de palme est une huile végétale extraite par pression à chaud de la pulpe des fruits du palmier à huile. Elle ne doit pas être confondue avec l'huile de palmiste, tirée du noyau des fruits de cette même plante. C'est l'huile végétale la plus consommée au monde (25 % de la consommation) et elle est utilisée pour la fabrication d'aliments transformés, en remplacement des graisses animales (saindoux, beurre...) et des huiles végétales hydrogénées (dite trans). Sa richesse en acides gras saturés la rend solide et malléable à température ambiante, son point de fusion se situe entre 35 °C et 42 °C. De ce fait, c'est une graisse végétale (comme le beurre de cacao) et non une huile.

L'huile de palme rouge (non raffinée ni traitée) est considérée comme l'aliment naturel le plus riche en β -carotène et c'est également la deuxième huile la plus riche en vitamine E (tocophérols). A l'échelle mondiale, l'huile de palme est principalement utilisée dans l'industrie alimentaire (80 %), dans l'oléochimie (savon, cosmétiques...).



Pour une Valeurs nutritives par 100 g :	
Valeur énergétique	884 calories
Protéines	g
Hydrates de carbone	0 g
Fibres alimentaires	0 g
Lipides	100 g
Acides gras saturés	49 g
Acides gras mono-insaturés	37 g
Acides gras poly-insaturés	9 g
Vitamines	Vitamine E
Minéraux	0 mg
Oligo-éléments	

3.8. L'arachide

L'arachide (*Arachis hypogaea*), également appelée cacahuète ou cacahouète qui signifie cacao de terre ou pois de terre est une plante de la famille des Fabacées (ou légumineuses) originaire du Mexique et cultivée dans les régions tropicales, sub-tropicales et tempérées pour ses graines oléagineuses. Le fruit (coque) est une gousse de 3 à 4 cm de long, contenant le plus souvent seulement deux graines, qui est réticulée extérieurement et étranglée entre les graines mais non cloisonnée. Les graines ovoïdes sont enveloppées dans un tégument sec rouge.

Les arachides sont utilisés en alimentation humaine, l'huile est utilisée comme huile de table ou comme matière première pour la fabrication de margarine. La farine d'arachide est utilisée comme aliment de complément en biscuiterie. Le tourteau est utilisée pour alimentation animale. L'huile d'arachides de deuxième extraction est utilisée en industrie pour savonnerie et les coques sont utilisées comme combustible.

Pour une Valeurs nutritives par 100 g :	
Valeur énergétique	2583 kJ soit 617 calories
Protéines	27,3 g
Hydrates de carbone	8,6 g

Fibres alimentaires	10,7 g
Lipides	50,6 g
Acides gras saturés	8,4 g
Acides gras mono-insaturés	25,6 g
Acides gras poly-insaturés	14,6 g
Vitamines	E, B1, B2, B6, acide folique, niacine, acide pantothénique
Minéraux	Ca, Cl, K, Mg, Na, P, S
Oligo-éléments	Mg : 160 g

3.8.1. Composition moyenne des grains d'arachide



3.9. Le Cacaoyer

Le cacaoyer : Aussi appelé cacao ou cacaotier (*Theobroma cacao*) est un arbre qui mesure de 10 à 15 mètres de haut, à feuilles persistantes de la famille des Sterculiacées. Il produit des fèves (cabosses) comestibles à partir desquelles est fabriqué le cacao, le produit de base du chocolat. Les cabosses sont de grosses baies allongées pouvant peser jusqu'à 400 g pour 15 à 20 cm de long. Elles contiennent de nombreuses graines (entre 25 et 75) regroupées en épis et appelées fèves de cacao riches en amidon, en matières grasses et en alcaloïdes. Chaque graine mûre est entourée d'une pulpe appelée « mucilage ».

Le beurre de cacao est une matière grasse végétale issue de la pression des fèves de cacao pour obtenir la poudre de cacao. Sa couleur va du jaune ivoire au brun. Il est utilisé dans la fabrication de nombreux produits para-pharmaceutiques ou cosmétiques, tels que les huiles solaires ou les baumes à lèvres. Il est conditionné sous forme de bloc ou en flocons. Il doit être conservé à l'abri de l'air et de la lumière.

3.9.1. Composition du beurre de cacao

	Pourcentage
acide stéarique	34 %
acide oléique	34 %
acide palmitique	26 %
acide linoléique	2 %
Autres acides gras saturés	4 %
Pourcentage total en graisses saturées	57-64 %



3.9.2. Composition moyenne des graines de cacao

Composition moyenne des graines de cacao	
Eau	2 %
Matières grasses	50 - 57 %
Matières protéiques	12-14 %
Matières glucidiques	9,5 - 13 %
Matières pectiques	3 - 3,5 %
Cendres	2,5 - 3 %
Pentosanes	1,5 %
Alcaloïdes	2 - 4 %
Polyhydroxyphénols	4 - 4,5 %
Acides organiques	1,5 %

3.10. Le ricin

L'huile de ricin est une huile végétale obtenue à partir des graines de ricin (*Ricinus communis*). Elle est incolore à jaune très clair. Les triglycérides représentent environ 90 % de ses acides gras et la ricinoléine est le triglycéride majeur de cette huile.

Cette huile est présente en faible quantité, comme excipient dans de nombreuses spécialités pharmaceutiques et en cosmétique, elle est utilisée pour lisser et protéger les cheveux, renforcer et allonger les cils et sourcils, ainsi que les ongles. L'huile de ricin figure comme additif alimentaire dans le (E1503) ; elle sert aussi à la préparation d'un émulsifiant, l'E476 utilisé notamment dans l'industrie du chocolat. Les protéines du tourteau résiduel (après extraction de l'huile) sont un aliment du bétail mais il faut d'abord détruire la toxalbumine (ricine).

3.10.1. Composition des graines et de l'huile de ricin

Les graines sont riches en huile et en protéines : 40 à 60 % d'huile, 15 à 20 % de protéines et contiennent une toxalbumine très dangereuse : la ricine. L'huile est constituée majoritairement de triacylglycérol dont l'acide ricinoléique.



3.11. Le cotonnier

Le coton dont le nom vient de l'arabe *qutuun* est une fibre végétale qui entoure les graines des cotonniers (*Gossypium* sp.), un arbuste de la famille des Malvacées qui pousse dans les régions tropicales et subtropicales arides. L'huile de coton est une huile végétale, extraite des graines des capsules de coton. Elle est utilisée comme huile alimentaire, notamment en Afrique et en Asie centrale, mais aussi dans de nombreux domaines non alimentaires comme les produits de beauté ou l'apprêt des cuirs.



3.11.1. Composition de l'huile de coton

Pour une Valeur nutritive par 100 g :	
Valeur énergétique	884 calories
Lipides	100 g
Acides gras saturés	26 g
Acides gras mono-insaturés	18 g
Acides gras poly-insaturés	52 g

II- Traitements des grains et fruits oléagineux

1. Conservation

Les matières premières utilisées dans les usines de trituration sont livrées sur site par trains, camions (dans des fosses de réception) ou bateaux (à l'aide de portiques de déchargement avec transport pneumatique ou de grue et bandes/convoyeurs) dans les gares de déchargement. Ces graines sont stockées dans des silos verticaux métalliques ou béton, ou en silos plats.

Les graines oléagineuses sont réceptionnées et conservées dans les mêmes installations que les céréales. À la récolte, les graines oléagineuses ne se présentent pas toujours dans des conditions favorables à une bonne conservation. Les graines sont en effet l'objet de plusieurs causes d'altération :

- action des microorganismes, en présence d'humidité (moisissures, levures, bactéries) ;
- action des enzymes (lipases hydrolysantes, lipoxydase...) ;
- action de l'air ;
- interaction de certains constituants (interactions entre sucres et acides aminés, formation de complexe lipo-protéiques...).

Il est recommandé de stabiliser les oléagineux aux niveaux d'humidité suivants : colza : 8 à 9 %, tournesol 7 à 8 %, soja 12 à 13 %.

1.1. Bonnes pratiques d'entreposage

- Prévenir les pertes causées par les insectes, les acariens et les moisissures en entreposant correctement les oléagineux.
- Préparer la cellule avant d'entreposer la nouvelle récolte en balayant le sol et les murs à l'aide d'un balai ou d'un aspirateur, en brûlant ou en enfouissant les balayures chargées de grains gâtés ou infestés, en obturant les fissures afin d'empêcher la neige, la pluie ou les insectes volants de pénétrer dans la cellule et en pulvérisant un insecticide de contact recommandé sur le sol et les murs.
- Installer un système de ventilation afin de refroidir le grain et de réduire la migration de l'humidité.
- Assécher les grains gourds ou humides peu après la récolte, ces derniers étant plus susceptibles de moisir ou d'être infestés par les insectes que les grains secs, puis les refroidir.
- Inspecter les récoltes entreposées toutes les 2 semaines afin d'y déceler les signes éventuels d'un échauffement ou d'une infestation, vérifier la température ou la concentration de

dioxyde de carbone et surveiller l'activité des insectes en installant des pièges ou des sondes ou en examinant des échantillons de grain tamisé.

- Assécher les grains échauffés ou moisiss. Si les grains échauffés ne peuvent être asséchés immédiatement, il est possible de ralentir leur détérioration en les ventilant pour les refroidir ou en les déplaçant et en les mélangeant avec des grains plus frais.
- Prévenir ou réprimer les infestations d'insectes en ventilant les grains pour les refroidir ou en les mélangeant avec des grains plus froids.
- Vérifier l'espace vide dans les entrepôts entre janvier et mars et éliminer la neige qui pourrait s'y être accumulée avant qu'elle fonde.
- Durant les applications d'insecticide, observer les mesures de sécurité. Seules les personnes détenant un permis approprié devraient être autorisées à appliquer des fumigants.

2. Opérations unitaires de trituration

Les opérations de trituration proprement dites comportent d'éventuelles opérations de décortilage ou dépelliculage, des opérations de préparation mécanique et thermique de la graine oléagineuse suivies des opérations de pression et/ou d'extraction par solvant.

2.1. Nettoyage et séchage

Les opérations essentielles de nettoyage et séchage sont le plus souvent réalisées dès la récolte par les opérateurs industriels stockeurs et beaucoup plus rarement sur les sites de production d'huile, car ces traitements doivent se faire assez rapidement après la récolte pour permettre un stockage de la graine oléagineuse dans de bonnes conditions et d'augmenter leur durée du stockage.

Le nettoyage permet d'éliminer les impuretés contenues dans la graine (poussières, coques vides), et peut se faire avec plusieurs équipements : tambours cribleurs de pré-nettoyage, déferailleur, épierreur, tamis vibrant de nettoyage, aspirateur de poussières, ...

Le séchage est réalisé dans des sècheurs conventionnels à air chaud qui ne sont pas spécifiques à l'huilerie .

2.2. Décortilage et dépelliculage

Le terme « décortilage » est utilisé notamment pour le tournesol et le soja, et celui de « dépelliculage » pour le colza. Les systèmes utilisés ont pour action de briser la coque entourant la graine pour permettre sa séparation de l'amande. La noix de coco est décortiquée puis coupée à la main par des opérateurs qualifiés. L'intérêt de ces opérations est d'éliminer les matières de faible valeur nutritionnelle pour l'alimentation animale et de faciliter éventuellement les traitements d'extraction.

2.3. Préparation mécanique

La préparation mécanique comporte les opérations de broyage et/ou d'aplatissage (laminage) qui se font sur des broyeurs à cylindres cannelés et d'aplatisseurs à cylindres lisses qui forment des flocons présentant une surface relative aussi importante que possible à la pression. Exemple : la graine de colza est directement aplatie (cylindres lisses quasiment en contact) à cause de sa petite taille et le tournesol et le soja sont broyés sur des cylindres cannelés avant aplatissage ; il est ainsi possible d'obtenir des flocons ou *flakes*.

Cette étape de préparation a pour but de réduire la dimension des graines afin de faciliter le travail des presses ou l'action du solvant d'extraction et donc d'améliorer les rendements en huile.

2.4. Préparation thermique

Le conditionnement thermique fait généralement suite à la préparation mécanique. Les flocons sont introduits dans un cuiseur vertical ou horizontal pour y subir une cuisson à la vapeur (indirecte ou directe si nécessaire) dans des conditions variables suivant la nature et l'humidité de la graine. Exemple : la cuisson de flocons de colza se fait, vers 90 à 100 °C pendant 40 mn environ, sans ajout d'eau. Il existe 3 types de cuiseurs : vis chauffantes, chauffoirs verticaux à plusieurs étages ou cuiseurs horizontaux.

La cuisson thermique des graines oléagineuses permet :

- d'améliorer la pressabilité du flocon ;
- de coaguler les protéines des parois cellulaires pour les rendre perméables à l'huile ;
- la coalescence des petites vésicules d'huile en larges gouttes détruisant l'émulsion protéines-lipides ;
- la stérilisation (de salmonelles éventuellement présentes par exemple) ;
- la désactivation des enzymes thermosensibles (myrosinase du colza par exemple) ;
- la destruction de substances toxiques.

2.5. Pressage mécanique

Les graines préparées (flocons cuits) sont dégraissées par passage dans une presse à vis à alimentation continue (presse horizontale). L'huile brute, chassée entre les barreaux de la cage de presse, contient une certaine quantité de petites particules solides appelées « pieds de presse » provenant du laminage entre les barreaux du produit pressé, dont elle sera débarrassée par tamisage et filtration ou, technique alternative, par centrifugation sur superdécanteur ou clarificateur (elle peut être en outre séchée sous vide à l'issue de ces dernières opérations). A la sortie de la presse, au niveau du cône, se forment les écailles de presse (appelés aussi « tourteaux gras »).

L'équipement des presses est fonction de la graine traitée (texture et richesse en huile).

Les écailles de presse issues de graines oléagineuses riches en huile (tournesol ou colza) titrent de 16 à 24% de matière grasse suivant les situations. Dans certains cas, les écailles sont pelletisées avant extraction. Les pépins de raisin et le soja ne passent pas en pression mécanique, car leur pourcentage en huile est faible (moins de 20 %).

2.6. Clarification de l'huile

En sortie de presse, l'huile contient une faible quantité de particules solides appelées pieds de presse ou les ressuages. Ces particules, riches en lipases hydrolysantes doivent être éliminées efficacement pour une bonne conservation de l'huile. La clarification comporte généralement deux étapes : passage de l'huile sur tamis statique ou vibrant, suivi d'une filtration soit sur de traditionnels filtres presses avec cadres et plateaux, soit sur filtre fermé à toile métallique avec programmation et débatissage automatique. L'emploi de décanteur centrifuge horizontal au lieu de filtres est également possible.

Les ressuages sont recueillis sur un tamis que l'on racle continuellement, et les ressuages sont ajoutés au tourteau puis à nouveau traités à l'extraction. L'huile est conservée dans une cuve avant d'être filtrée sous pression à l'aide de filtres en toile spéciale.

Ces matières sont enlevées grâce à la clarification, soit en laissant l'huile reposer pendant quelques jours pour pouvoir ensuite séparer la couche supérieure, soit en utilisant un clarificateur. Cela se compose d'une cuve remplie d'huile, placée au-dessus d'un feu.

L'huile est portée à ébullition pour faire évaporer l'eau et détruire les enzymes naturelles et les bactéries contaminantes. L'huile est laissée au repos et les contaminants sont évacués. L'huile est filtrée à travers une toile, puis brièvement portée à une température de 100 °C afin d'éliminer toute trace restante d'humidité.

2.7. Méthodes d'extraction de l'huile

Les méthodes d'extraction comprennent :

- Presses manuelles
- Ghani
- Extraction par solvants

2.7.1. Méthodes manuelles

L'huile peut être extraite par pression des graines et des fruits tendres, comme les arachides et les noix de karité.

Les pulpes ou les poudres sont disposées dans une presse manuelle ou hydraulique permettant d'extraire une émulsion huile-eau.

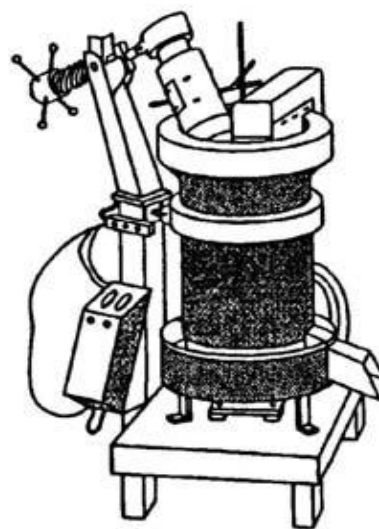
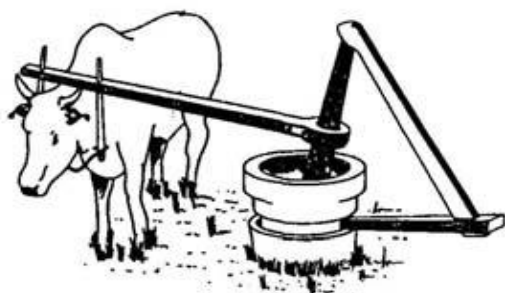
Les presses sont de conceptions variées, mais sont toutes élaborées sur la base de la presse à pont. Quel que soit le type de presse, un lot de matières premières est disposé dans la “ cage ”

en métal résistante et perforée, et est pressé par le mouvement d'un piston. La quantité de matière disposée dans la cage varie entre 5-30 kg avec une moyenne de 20 kg. Des plateaux peuvent être utilisés dans des cages plus grandes, pour fournir une pression constante à travers le volume des matières, et pour accélérer le processus d'extraction de l'huile. Il faut augmenter progressivement la pression pour laisser le temps à l'huile de s'extraire.

Les systèmes à vis sont plus fiables que les systèmes hydrauliques, mais ils sont plus lents et fournissent moins de pression.

2.7.2. Les ghanis

Les graines qui sont dures et fibreuses comme le coprah et de graines de tournesol, peuvent être traitées avec les ghanis (Figure). Ce dernier se compose d'un grand mortier et d'un pilon, le mortier étant fixé au sol et le pilon est actionné dans le mortier grâce à un animal de trait attelé (âne ou mulet) ou (plus communément) par un moteur. Les oléagineux sont disposés dans le mortier et le pilon broie les matières pour en extraire l'huile. L'huile s'écoule au travers d'un petit trou au fond du mortier et le tourteau est enlevé à la main. Cette méthode est lente et nécessite deux animaux, l'un en remplacement de l'autre à cause de la fatigue, après environ 3-4 heures de travail.



2.7.3. Extraction par solvant

En sortie de pression, les écales de presse sont acheminées vers l'atelier d'extraction, où l'hexane est utilisé comme solvant d'extraction.

Les opérations unitaires d'extraction en phase solvant se déroulent en trois étapes spécifiques:

- extraction physique de l'huile contenue dans les écales de presse ou la graine préparée, dans un extracteur, par un solvant d'extraction (l'hexane);
- désolvantation et toastage du tourteau par évaporation du solvant, opérations souvent combinées à celles de séchage et refroidissement du tourteau avant stockage ;

- distillation du miscella d'huile et de solvant par évaporation pour obtenir l'huile d'extraction et permettre le recyclage du solvant par condensation des vapeurs.

L'extraction de l'huile des écailles de presse est effectuée à l'aide d'un extracteur continu à percolation (à paniers, à bande perforée, à chaîne, ou à filtres sous vide).

Le miscella d'huile et d'hexane obtenu est distillé et l'hexane, après condensation, est recyclé dans le process. L'huile brute d'extraction, après distillation, est stockée, le plus souvent en mélange avec l'huile brute de pression, dans des réservoirs aériens, avant un éventuel raffinage (sur le site de trituration ou sur un autre site). Le stockage des huiles brutes (avant raffinage) peut conduire à la sédimentation de particules solides présentes dans l'huile, appelées fonds de bac.

En ce qui concerne le tourteau sortant de l'extracteur, il contient environ 30 % d'hexane (en poids) qu'il convient de récupérer. Il est, pour se faire, acheminé dans un désolvantiseur-toasteur (DT), tour verticale constituée d'un empilage de plateaux chauffants. Sur les premiers plateaux s'opère le plus gros de la distillation de l'hexane ; de la vapeur directe est injectée au niveau des plateaux intermédiaires afin de parfaire l'élimination du solvant ; enfin, les plateaux inférieurs assurent le séchage et le refroidissement du tourteau déshuilé.

Lors de l'extraction, l'hexane est récupéré et recyclé, mais les procédés utilisés ne permettent pas de récupérer la totalité de l'hexane utilisé. Les pertes sont de l'ordre de 1 kg par tonne de graines traitées. En sortie de l'installation de désolvantation, le tourteau (ou farine) titre de 0,8 à 2 % environ de matière grasse, suivant les performances de l'installation ; ces farines peuvent être pelletisées (à l'aide d'une « presse à granuler ») afin d'augmenter la densité du produit, de minimiser les problèmes de poussières et d'assurer un calibrage physique régulier du produit.

Après stockage dans des silos du type de ceux utilisés pour le stockage des graines, les tourteaux sont expédiés par trains, camions ou bateaux depuis des gares de chargement, le plus souvent à l'aide de boisseaux.

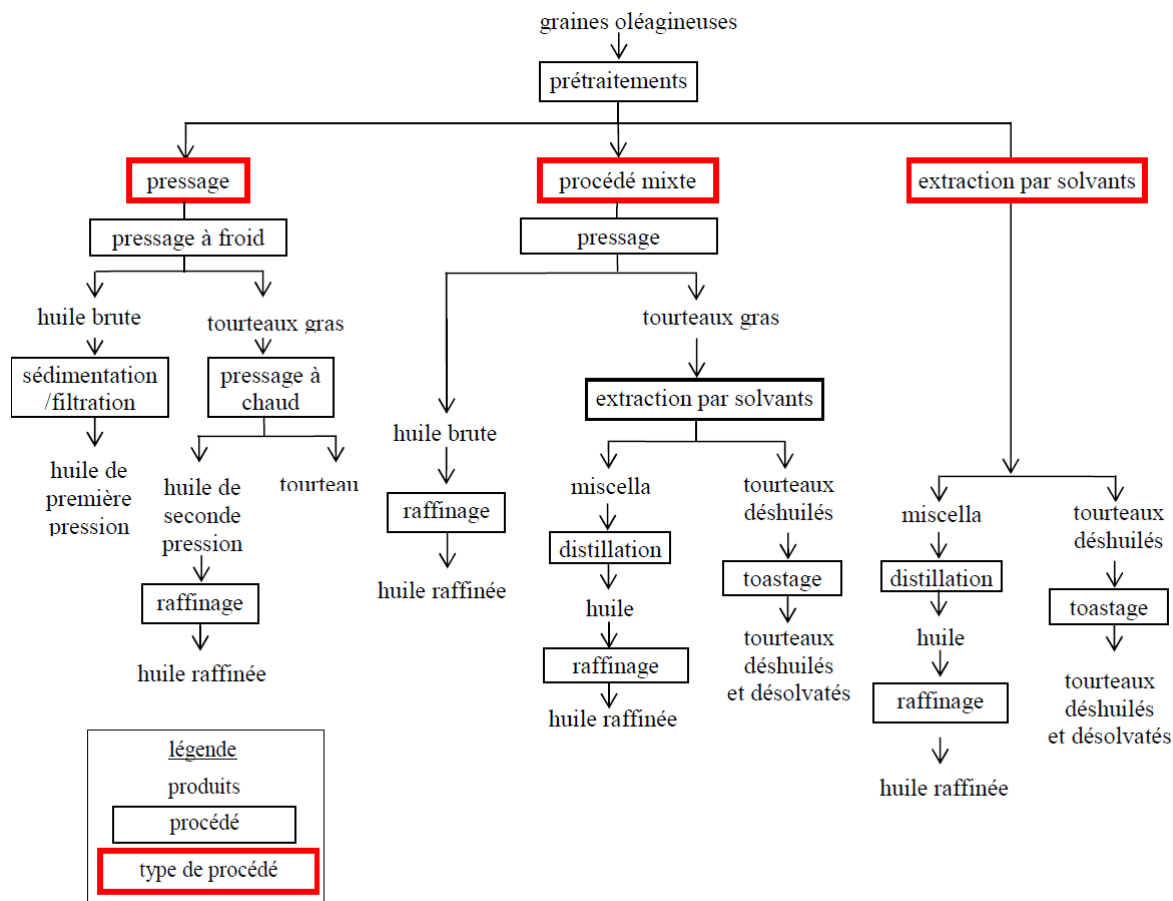


Figure 1-12 : Procédés classiques d'extraction d'huile à partir de graines oléagineuses, adapté de Gros (2005)

3. Raffinage de l'huile

Selon le décret n° 73.139 sur les graisses et huiles comestibles, « le raffinage a pour but de maintenir ou d'améliorer les caractères organoleptiques et la stabilité des corps gras alimentaires ». Ce traitement comprend une série d'opérations ayant pour but d'éliminer les composés mineurs indésirables responsables des goûts et des odeurs spécifiques des huiles brutes et de leur mauvaise conservation. Il existe 2 grands types de raffinage :

- le raffinage chimique ;
- le raffinage physique.

3.1. Raffinage chimique

Les opérations du raffinage des huiles et des graisses sont les suivantes :

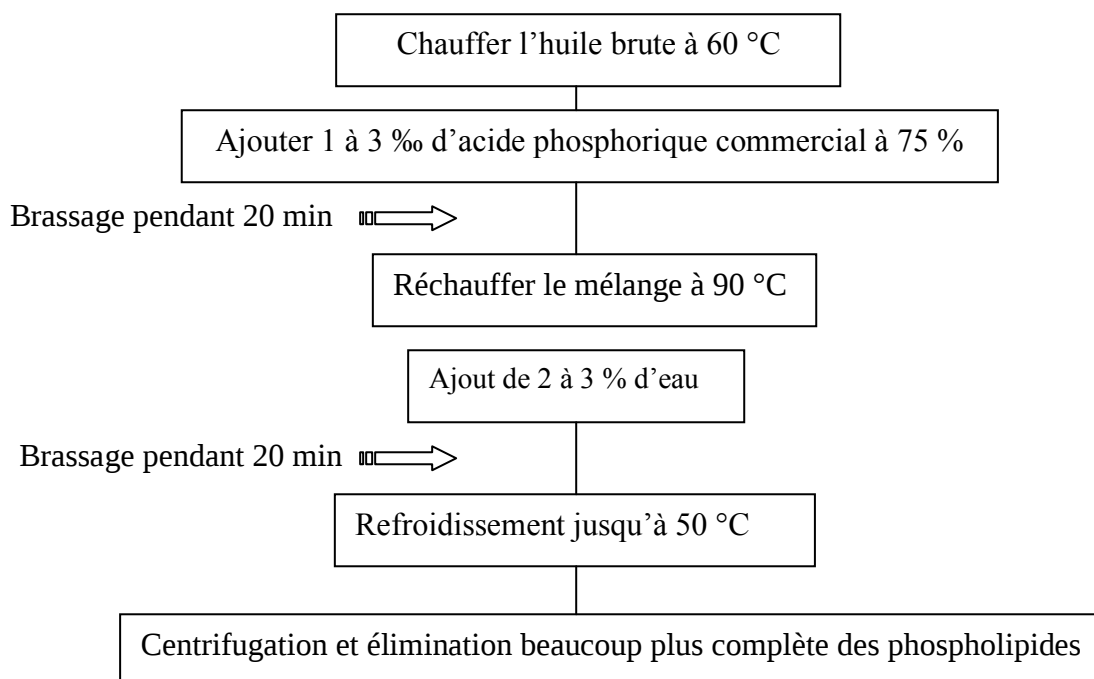
3.1.1. Démucilagination ou Dégommage

La démucilagination consiste à éliminer de l'huile brute les composés susceptibles de devenir insolubles par hydratation (phospholipides qui troublent l'huile et induisent des colorations lors de son chauffage, lipoprotéines, etc) ou d'être éliminés avec la phase aqueuse

(hydrates de carbone) pour éviter des dépôts ultérieurs dans les bouteilles et la formation de mousse à la friture.

La démucilagination est effectuée par lavage de l'huile avec de l'eau légèrement acidulée ou additionnée de phosphate. Le dégommage s'effectue en continu. L'huile brute est chauffée à 80°C dans un échangeur à plaques. Elle reçoit un appoint de 2 à 3 % d'eau avant de passer dans un mélangeur rapide puis dans un contracteur dans lequel le mélange huile-eau est brassé pendant une demi-heure avant centrifugation. Cette technique est employée en particulier pour l'huile de soja. Les gommes sont récupérées par centrifugation et peuvent ainsi être valorisées après séchage ; on obtient ainsi la « lécithine » brute. Pour des huiles brutes moins riches en phospholipides (colza, tournesol), la centrifugation n'est pas nécessaire ; on parle dans ce cas d'une étape de conditionnement des mucilages qui se fait généralement par chauffage de l'huile à 60-80 °C, addition de 0,1 à 0,3 % d'acide phosphorique à 75 %, passage dans un mélangeur rapide puis dans un contacteur lent ; le mélange est ensuite envoyé à l'étape de neutralisation. L'acide phosphorique est de loin l'acide le plus employé industriellement à cette étape.

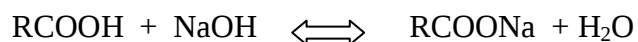
Lavage de l'huile avec de l'eau additionnée de phosphate : la technique la plus couramment utilisée consiste à :



3.1.2. Neutralisation

La neutralisation par les bases élimine les acides gras libres sous forme de savons appelés « pâtes de neutralisation » ou « Soapstocks ». Les pâtes contiennent également les

mucilages, diverses impuretés et de l'huile neutre entraînée sous forme d'émulsion (pertes du raffinage). La réaction de neutralisation est de la forme :



L'huile déémucilaginée est neutralisée par introduction sous pression de la soude dont la quantité et la concentration dépendent de l'acidité de l'huile. Les savons formés sont séparés de l'huile par centrifugation puis sont envoyés dans un bac de récupération et de là vers l'atelier de scission des pâtes. Les pâtes de neutralisation peuvent être réintroduites dans les tourteaux. Cependant, elles sont généralement décomposées à l'aide d'acide chaud lors d'une opération dite de « cassage des pâtes ». Il s'agit d'une réaction consommatrice d'énergie, délicate à mener, et générant des vapeurs sulfuriques. Ce traitement produit des acides gras bruts et des « huiles acides ». Ces dernières sont valorisables en alimentation animale. Les pâtes peuvent également être expédiées sans traitement préalable pour être valorisées dans des entreprises extérieures.

L'huile neutralisée est ensuite lavée à l'eau à plusieurs reprises en vue d'éliminer toutes traces de savons. Ces lavages sont suivis d'une déshydratation. L'huile lavée est pulvérisée dans un bac de stockage appelé sécheur relié à un système de vide pour aspirer les vapeurs d'eau. Le procédé génère des pâtes de neutralisation et des eaux de lavage qui doivent être prétraitées avant rejet.

3.1.3. Décoloration

La décoloration vise à éliminer les pigments colorés (β -carotène, chlorophylles, etc.) et autres matières colorantes dissous dans l'huile. Elle fait intervenir un phénomène physique, l'adsorption sur des terres décolorantes, des charbons actifs, des silices spéciales ou des combinaisons de ces substances.

Une fois décolorée, l'huile est séparée de la terre à l'aide de filtres hermétiques à toiles métalliques en acier inoxydable. La saturation de ces derniers conduit à l'obtention d'un gâteau de décoloration. Ce dernier n'est pas incorporé aux tourteaux pour être valorisées en alimentation animale. Il est majoritairement composté ou méthanisé.

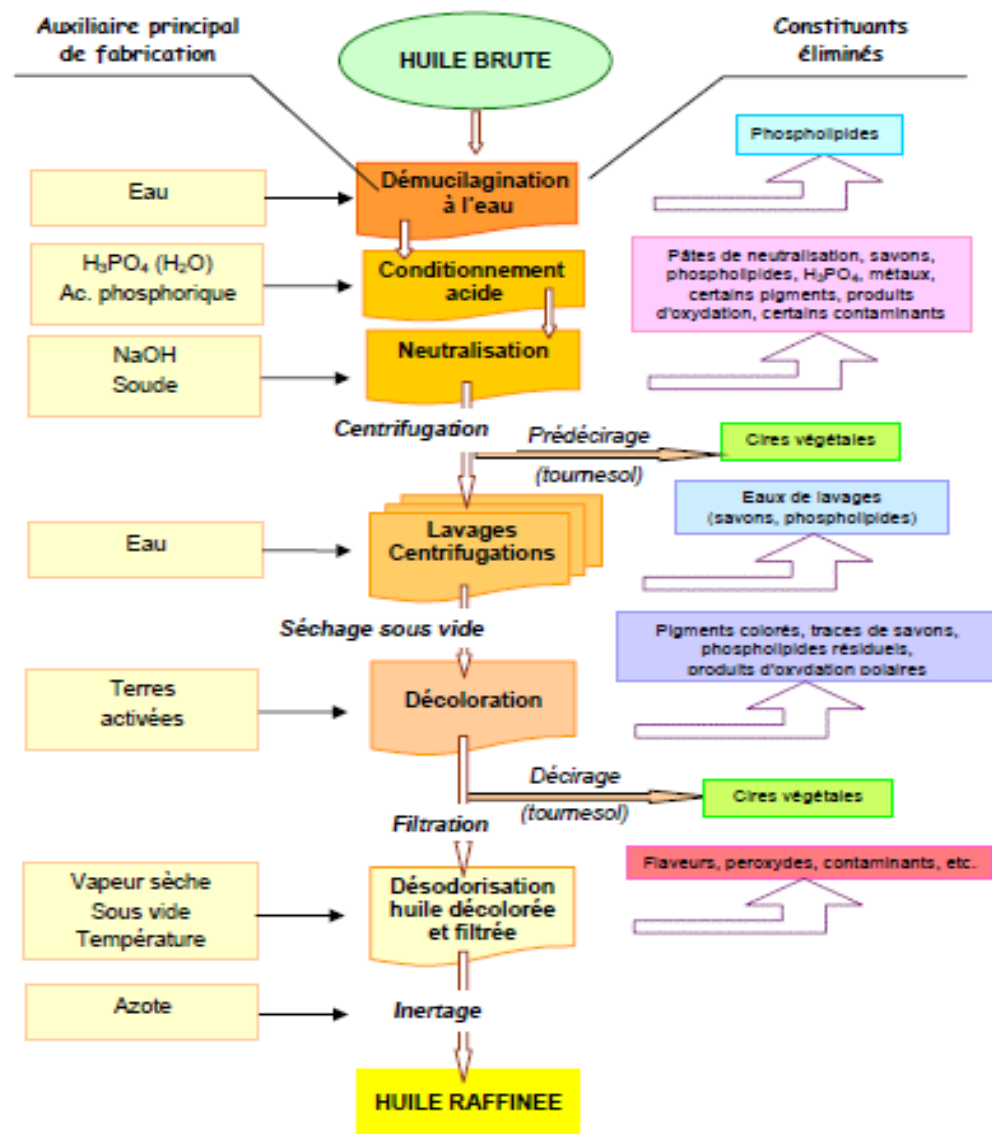
3.1.4. Décirage des huiles végétales

Les huiles de tournesol, de maïs, de pépins de raisin, de coton, de grignon d'olive, etc. contiennent des cires qui deviennent insolubles à température ordinaire. Les cires sont des esters d'alcools gras et d'acides gras à longue chaîne qui cristallisent à température ambiante. Les cristaux formés provoquent un trouble puis un dépôt qui nuisent à la présentation commerciale du produit. L'huile subit un refroidissement qui provoque la cristallisation des composés à haut poids de fusion (cire 70°C) et une séparation qui permet d'éliminer les cristaux formés.

A l'origine, on se contentait d'un traitement naturel qui consistait à laisser décanter les cristaux de cires lors du stockage hivernal de l'huile de tournesol, c'est de là que vient le terme « winterisation ». Cette étape est aussi réalisée sur l'huile de palme, pour séparer l'huile en de produits distincts : une matière solide grasse (stéarine) et une huile liquide (oléine).

3.1.5. Désodorisation

La désodorisation est pratiquée pour assurer l'élimination de toutes les substances de goût ou d'odeur désagréable (acides à chaînes courtes, aldéhydes, cétones, alcool, etc.) ainsi que les résidus de pesticides et de mycotoxines éventuellement présents. Ces substances étant volatiles, il suffit pour les éliminer de chauffer l'huile sous très grand vide à 180 à 220°C. Le haut vide permet d'éviter tout risque d'oxydation ou de polymérisation. L'huile une fois désodorisée est refroidie toujours sous vide avant d'être filtrée puis conditionnée sous azote afin de la protéger contre l'oxydation. On obtient ainsi une huile plate. Certains raffineurs ajoutent à l'huile, dans le désodorisateur ou à sa sortie, une petite quantité d'acide citrique indiqué pour améliorer sa conservabilité.



LES ETAPES DU RAFFINAGE CHIMIQUE DES HUILES VEGETALES BRUTES

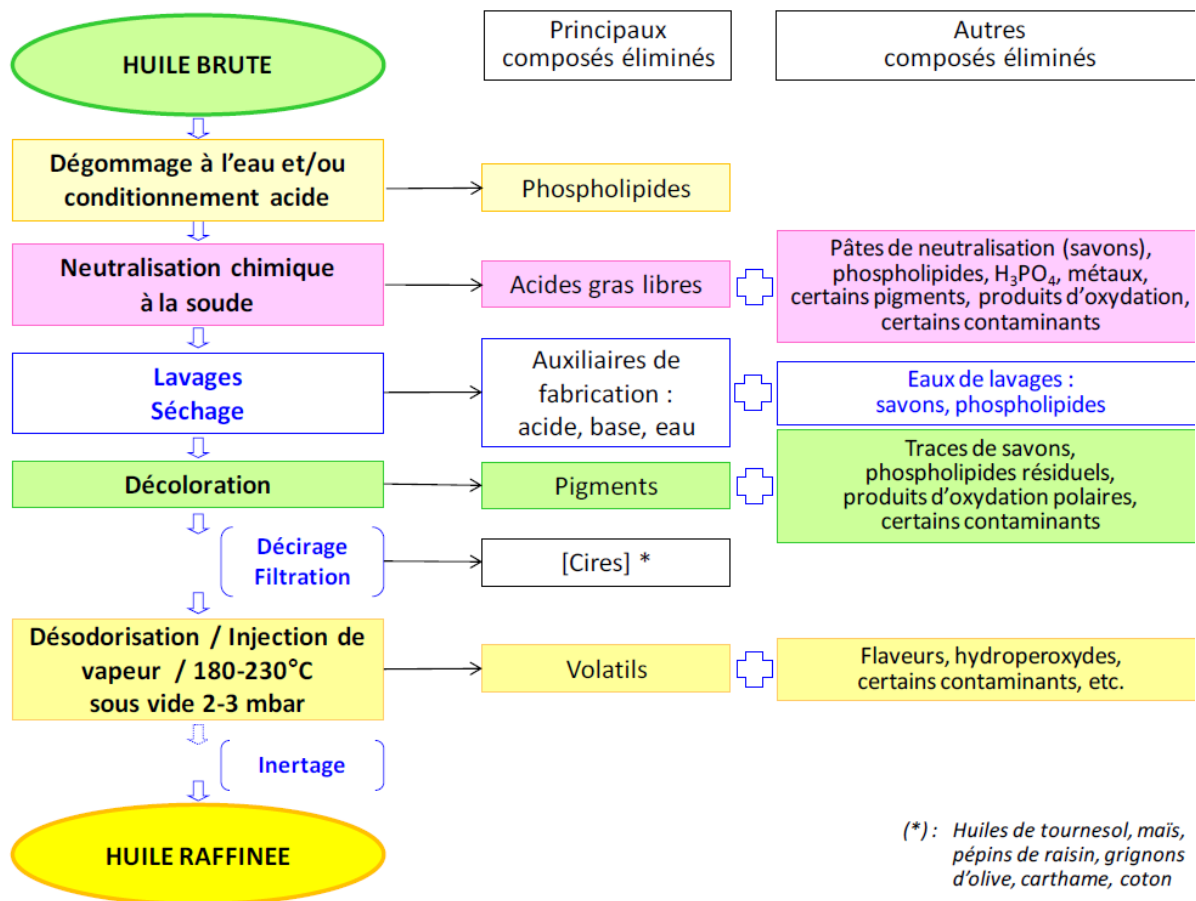


Figure 5 : Etapes du raffinage chimique des huiles

3.2. Raffinage physique

Le raffinage physique consiste à traiter l'huile par un entrainement à la vapeur, sous vide poussé, à une température supérieure à 235 °C, d'où les noms de distillation neutralisante ou de raffinage à la vapeur. Ce procédé ne comporte pas l'étape de neutralisation chimique à la soude, donc il ne génère pas de pâtes de neutralisation. Les acides gras libres sont éliminés lors de la désacidification par distillation, les phospholipides et les autres impuretés doivent être éliminés préalablement par pré-traitement.

Le désodorisateur utilisé doit comporter :

- Un système de chauffage permettant de maintenir l'huile à une température supérieure à 240 °C.
- Un système d'injection permettant d'insuffler un volume suffisant de vapeur pour permettre l'entrainement complet des acides gras libres.
- Des cheminées d'évacuation renforcées pour que l'entrainement gazeux ne soit pas gêné.

- Un système de vide renforcé pour permettre l'aspiration des gaz (vapeur + distillation) et pour réduire les poids de vapeur d'eau à insuffler.
- Des déflecteurs spécialement adaptés pour piéger les gouttelettes d'huile entraînées par le courant de gaz.
- Des laveurs de gaz adaptés à la quantité de distillat à condenser.

La qualité de l'huile raffinée par distillation dépend essentiellement de l'efficacité du prétraitement. Pour que l'huile désodorisée ait une qualité acceptable, il est absolument indispensable qu'à l'entrée de l'appareil, l'huile ait une teneur en phosphore inférieur à 3 ppm et soit débarrassée de ces traces métalliques (fer < 0,1 ppm et cuivre < 0,01 ppm). Ces conditions sont délicates à réaliser, c'est pourquoi le raffinage physique fut réservé aux huiles saturées pauvres en phospholipides (palme, palmiste, coprah, olive) et aux corps gras animaux. Les huiles polyinsaturées, sensibles à l'oxydation, ne peuvent pas être raffinées de la sorte, sans risque de formation de réactions parasites du type polymérisation ou isomérisation.

3.2.1. Dégommage acide

De l'eau et de l'acide (phosphorique ou citrique) sont ajoutés à l'huile préalablement chauffée vers 80-90 °C. Le mélange est ensuite « mûri » pendant 20 à 30 minutes. Pendant ce temps les phospholipides hydratables vont flocculer grâce à l'eau introduite et les phospholipides non hydratables vont former un complexe avec l'acide citrique, ce qui va les rendre hydratables et permettre ainsi leur floculation.

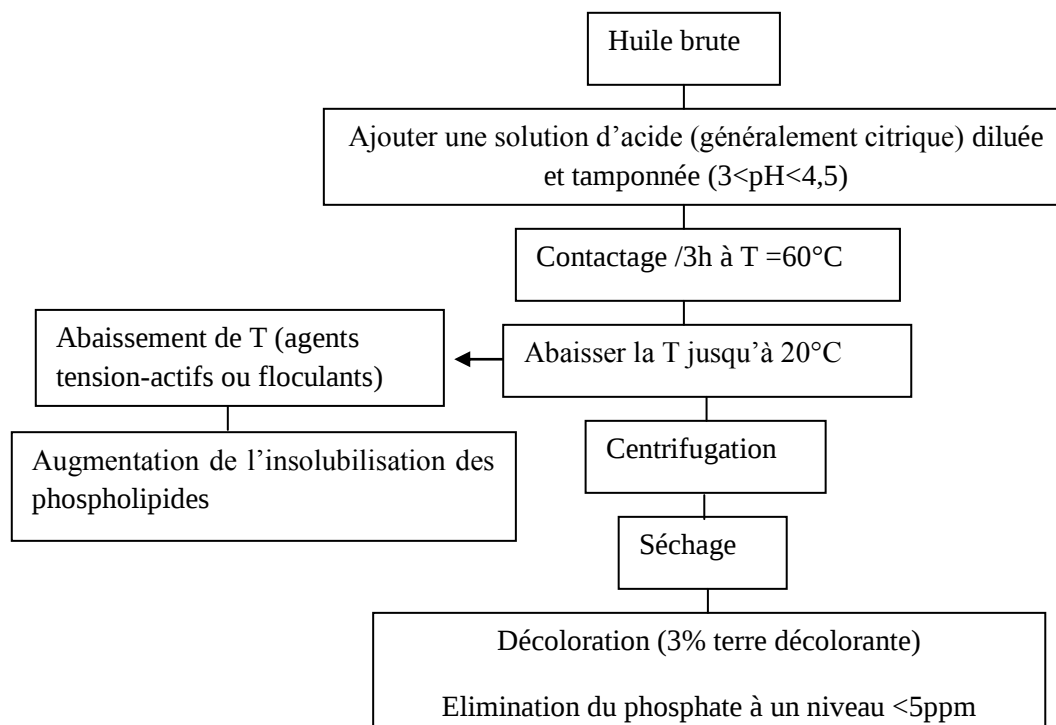
Les floculats ainsi formés sont éliminés par centrifugation. Cette première étape permet l'élimination d'environ 80 % des phospholipides.

3.2.2. Superdégommage

L'étape de dégomme acide est suivie éventuellement d'une étape dite de « super-dégommage » ou unidégommage pour parfaire l'élimination des phospholipides. Le superdégommage peut être réalisé soit par voie humide soit par voie sèche.

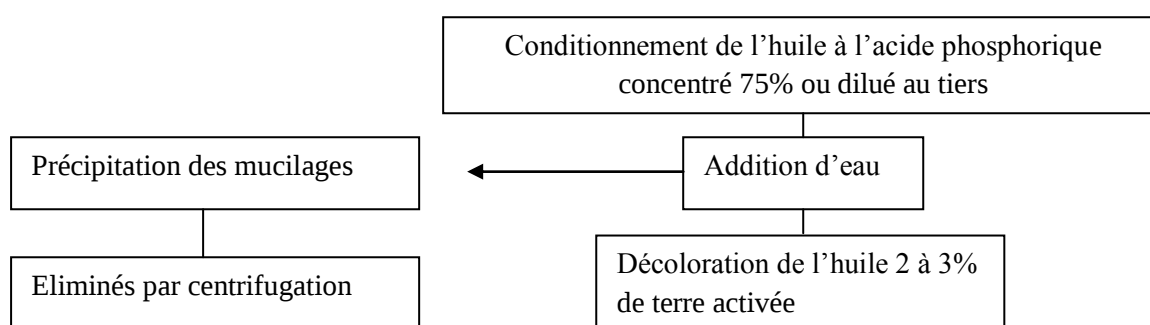
3.2.2.1. Voie humide

Le super-dégommage par voie humide est effectué à l'aide d'une solution acide (généralement l'acide citrique) diluée et tamponnée de façon à ce que le pH soit compris entre 3 et 4,5. La température initiale est fixée à 60 °C, puis est abaissée jusqu'à 20 °C, ce qui augmente l'insolubilisation des phospholipides, également favorisée par la présence d'agents tensio-actifs ou de flocculants. Après centrifugation, l'huile est séchée puis décolorée.



3.2.2.2.Voie sèche

Pour les huiles pauvres en phospholipides (huiles concrètes et huiles d'olive), cette étape complémentaire n'est pas pratiquée ; le prétraitement consiste en un conditionnement à l'acide phosphorique concentré (75 %) ou dilué au tiers, suivi d'une addition d'eau qui fait précipiter les mucilages qui sont éliminés par centrifugation ou lors de la décoloration.



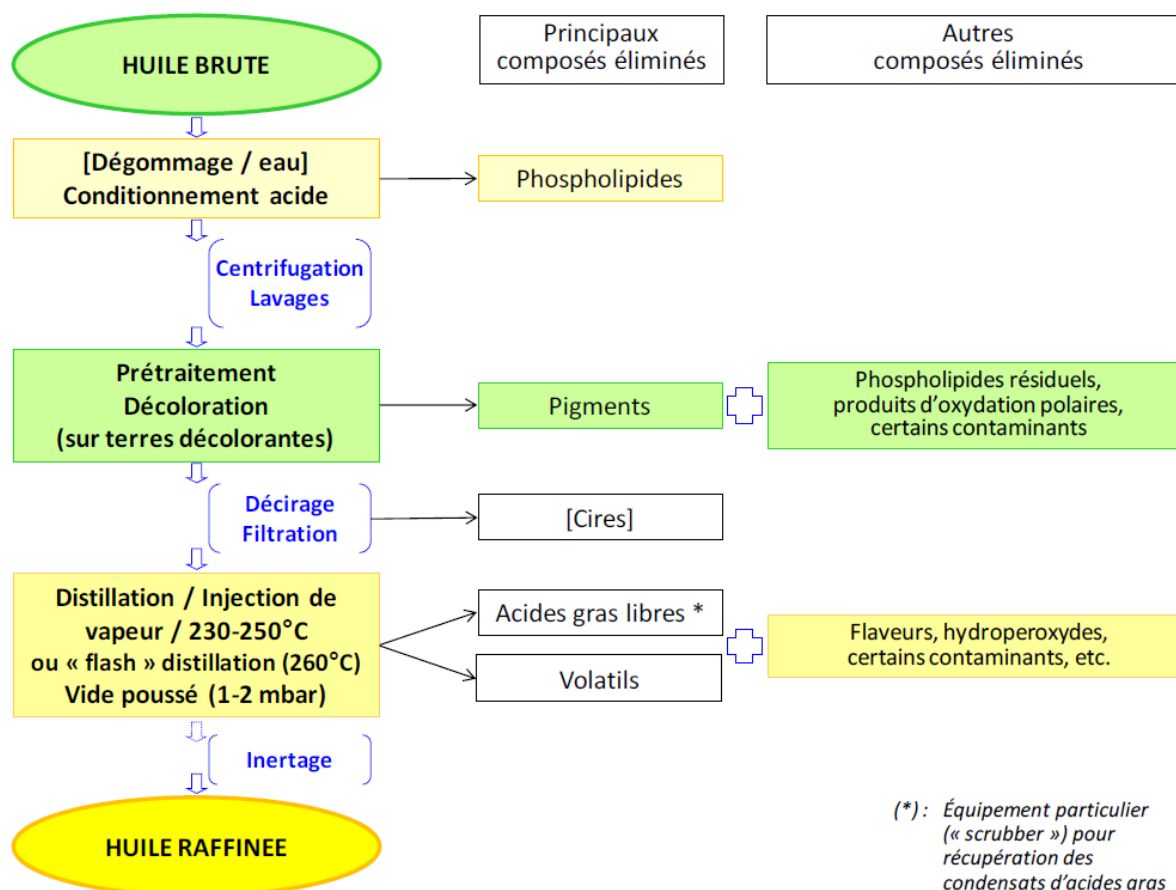


Figure 6 : Etapes du raffinage physique des huiles

3.3. Quelques composés éliminés au cours du raffinage

De nombreux composés coexistent avec les corps gras naturels, vitamines, stérols, tocophérols. D'autres doivent, par contre, être éliminés parce qu'ils sont toxiques ou parce qu'ils nuisent à la présentation du produit, à ses qualités organoleptiques et à sa conservation.

3.3.1. Acides gras libres

Les acides gras libres sont naturellement présents dans la graine ou proviennent de réactions d'hydrolyse enzymatique qui se produisent dans les huiles brutes. Ils sont beaucoup plus sensibles à l'oxydation que les triglycérides. L'élimination des acides gras libres s'effectue soit par voie chimique (neutralisation à la soude) soit par voie physique (entraînement à la vapeur).

3.3.2. Eau

L'eau naturellement présente dans la graine, chargée d'impuretés solubles, il faut l'éliminer de l'huile brute aussi rapidement que possible par centrifugation puis séchage sous vide.

3.3.3. Glycérides partiels

Les glycérides partielles sont considérées comme des agents émulsifiants très gênants pouvant entraîner des pertes importantes lors des centrifugations. De plus, leur présence dans les huiles raffinées augmenterait la tendance à la formation de mousse au cours des fritures profondes.

3.3.4. Phospholipides

Les propriétés émulsifiantes et tensioactives des phospholipides gênent les opérations du raffinage si bien que leur élimination constitue le premier stade de tous les procédés.

3.3.5. Colorants

Les colorants d'origine oxydative sont responsables de la couleur brune de certaines huiles. Ils sont beaucoup plus gênants que la β carotène et la chlorophylle car ils ne sont que peu retenus par les produits adsorbants utilisés pour décolorer les huiles.

3.3.6. Sucres libres, glycolipides

Les sucres libres et les glycolipides proviennent des hydrates de carbone présents dans les graines au moment de la récolte. Certains de ces composés forment avec l'eau des mucilages.

3.3.7. Hydrocarbures, résines

Les huiles végétales contiennent des traces de paraffines, de squalène (hydrocarbure triterpénique dans certaines huiles), des traces d'hexane.

3.3.8. Stérols, tocophérols

Certains stérols peuvent permettre la détection d'adultérations (ex : brassicastérols caractéristique des huiles de colza, navette, moutarde). Ils sont entraînés à la vapeur lors de la désodorisation. Les tocophérols sont des protecteurs naturels des huiles brutes végétales. Une partie disparaît au cours du raffinage surtout lors de la désodorisation.

3.3.9. Cires

Les cires se trouvent naturellement dans certaines huiles. A une température de 40°C, les cires commencent à précipiter donnant au produit un aspect trouble et floconneux.

3.3.10. Composés métalliques et composés responsables de l'odeur et du goût

Les composés métalliques sont présents à l'état de trace et généralement liés à des composés organiques. Ex : fer, cuivre (puissants catalyseurs d'oxydation). Ils sont éliminés par raffinage classique à la soude. Les composés soufrés sont à l'origine du goût et de l'odeur caractéristiques des crucifères (colza). Ils sont éliminés par entraînement à la vapeur sous pression réduite.

3.3.11. Substances toxiques naturellement présentes dans les corps gras

Les composés les plus connus sont le gossypol, composé phénolique rouge brun présent dans l'huile de coton, et l'aflatoxine rencontrée surtout dans l'huile d'arachide. Ils sont éliminés par le raffinage à la soude caustique.

3.3.12. Substances d'origine externe

Les pesticides peuvent se retrouver à la surface des graines, ces composés liposolubles peuvent se retrouver dans les huiles végétales ou dans les tissus adipeux d'animaux nourris avec des substances végétales contaminées.

Ex :

Insecticides organophosphorés ----- éliminés par hydrolyse lors de la neutralisation.

Insecticides organochlorés ----- éliminés par désodorisation.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques, substances introduites dans la matière première par le moyen utilisé pour le séchage des graines ou des pulpes sur les lieux de récolte (huile de coprah). Ils sont éliminés par charbons actifs lors de la décoloration.

3.4. Conditionnement et stockage de l'huile

Si elles ne sont pas correctement stockées, certaines variétés d'huile peuvent rapidement rancir et développer une odeur et en goût déplaisants. Les principaux facteurs de renseignements (en plus de l'humidité, des bactéries et des enzymes) sont la lumière, la chaleur, l'air et certains types de métaux. Pour garantir une conservation de plusieurs mois, les huiles doivent être stockées dans des contenants opaques, étanches à l'air et à l'humidité, dans un endroit frais.

Les boîtes de conserve à double couche, les faïences vernissées, le verre et le plastique de qualité alimentaire sont tous des contenants adaptés, lorsqu'ils sont convenablement étanchéifiés. Le plus grand soin doit être apporté lors de la suppression de toute trace résiduelle sur les contenants, ainsi que sur leur séchage complet avant de les remplir à nouveau, car toute humidité résiduelle, ou toute trace d'huile rance à l'intérieur du contenant abîmera très rapidement l'huile fraîche. Les matériaux utilisés pour fabriquer les contenants ne doivent pas comporter de cuivre, parce que c'est un matériau qui favorise le rancissement.