

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة العربي بن مهيدي بأم البواقي
Larbi Ben M'Hidi University of Oum El-Bouaghi
Université Larbi Ben M'Hidi d'Oum El-Bouaghi

عين مليلة/معهد العلوم والتكنولوجيا التطبيقية (معهد التكنولوجيا)
Institute of Applied Science and Technology (Institute of Technology)/ Ain M'Lila
Institut des Sciences et Techniques Appliquées (Institut de Technologie) / Ain M'Lila

قسم الهندسة البيولوجية/العلوم الغذائية
Department of Biological Engineering/ Food Sciences
Département de Génie Biologique/ Filière Sciences Alimentaires

التخصص/ ليسانس مهني: تثمين وجودة المنتجات الزراعية والنوعية
Specialty/Professional Bachelor's degree: Vaporization and Quality of Agri-Food Products
Spécialité / Licence Professionnalisante : Valorisation et Qualité des Produits Agro-
Alimentaires

الماجستير المهني: جودة وسلامة المنتجات الغذائية
Professional Master: Quality and Safety of Food Products
Master Professionnalisant : Qualité et Sécurité des Produits Alimentaires

الدروس المخصصة لطلاب العلوم الغذائية ليسانس VQPA والماستر QSPA
Courses intended for L3 (VQPA) and Master (QSPA) Food Science students:
Cours destiné aux étudiants en Sciences Alimentaires de L3 (VQPA) et M2 (QSPA)

بعنوان Titled Intitulé:

Technologie de transformation des aliments :
CORPS GRAS et DÉRIVÉS

Présenté et élaboré par

Dr. Hacène Medjoudj

(Maître de Conférences 'A' en Sciences et Technologie Alimentaire)

Septembre 2023

Préambule de la matière

La matière de Technologie de transformations des produits agro-alimentaires ; Corps gras et dérivés est l'une des Unités d'Enseignement Fondamentales les plus importantes des matières de Technologie de Transformation des aliments. Ce document commence par une présentation générale de l'industrie des corps gras et dérivés et les différentes transformations que subissent les graines et fruits oléagineux ainsi que la matière première animale riche en gras. Il présente aussi la matière première d'où l'on tire ces produits gras ainsi qu'un rappel sur les lipides et corps gras. Ensuite c'est la partie technologique qui intervient en commençant par la partie traitement de la matière première, sa conservation et son entretien avant les opérations unitaires de traitement, qui est en générale représentée par les graines oléagineuses ainsi que des fruits oléagineux riches en matière grasse à partir desquels on extrait les corps gras. Les différentes étapes de traitement des graines et fruits, ensuite l'extraction de l'huile avec les différentes étapes de son raffinage suivi par les opérations unitaires qui s'imposent afin d'extraire un maximum de gras et avoir un bon rendement en huile ou matière grasse.

Le document contient des Travaux dirigés pour les étudiants afin de les initier aux calculs et à la vérification de certains indices et paramètres de la qualité de cette matière. Une série de Travaux pratiques sont dispensés aux étudiants dans l'enseignement (non inclus dans le document) afin de permettre aux étudiants de se familiariser avec les travaux de contrôle de qualité soit de la matière première destinée à obtenir des corps gras ou huiles ou directement du produit fini afin de vérifier certains paramètres de qualité dans le but de rassurer et sécuriser le consommateur et répondre aux exigences des normes et standards en usage dans le pays.

Ce document scientifique est destiné aux étudiants de Licence L3 et Master M2 de la filière Sciences Alimentaires, de spécialité licence : Valorisation et Qualité des Produits Agro-alimentaire (VQPA) et aux Masters de Qualité et Sécurité des Produits Alimentaires (QSPA), afin de les introduire dans le créneau de la technologie agro-alimentaire et de savoir comment sont obtenus les corps gras ainsi que comment réaliser les analyses de contrôle de qualité soit de la matière première soit du produit fini. Etant donné que ces tâches et missions de contrôle de qualité et de sécurité des produits alimentaires rentrent dans le cadre de leur missions futures dans les différentes entreprises au niveau des chaînes de fabrications ou en tant que responsable de qualité au niveau du laboratoire. Même si l'étudiant travaillera dans les services du contrôle et de la répressions des fraudes, ces notions de technologie de transformation et de contrôle de qualité doivent être des acquis afin de pouvoir vérifier et contrôler les différentes opérations, soit de transformations, de conservation, de traitement et de contrôles de qualité des produits alimentaires.

Dr. Hacène Medjoudj- MC'A' en Sciences et Technologie Alimentaire

Table des Matières

Chapitre 1. Présentation et généralités sur les Corps Gras

Introduction.....	01
1. Origine et classification des Corps Gras.....	01
a-Selon leur origine.....	02
b-Selon leur consistance.....	02
2. Utilisation	02
3. Résistance à la chaleur.....	03
4. Matières premières.....	04
4.1. Graines et fruits oléagineux	04
4.1.1. Graines	04
a-Arachide	04
b-Colza	04
c-Soja	05
d- Tournesol	05
4.1.2. Fruits.....	06
a- Coprah.....	06
b-Olive	06
c- Palme et palmiste	07
4. Huiles Végétales.....	08
5. Margarines.....	09
6. Graisses Animales et Huiles de Poisson	09

Chapitre 2. Rappels de Biochimie des Corps Gras

I. Introduction.....	10
1.1. Lipides	10
1.2. Phosphatides.....	10
1.3. Insaponifiables.....	12
II. Propriétés des Corps Gras.....	12
1.1. Propriétés physiques	12
a- Etat naturel et aspect	12
b- Caractères particuliers des glycérides saturés	12
c- Caractères particuliers des glycérides insaturés	13

d- Propriétés spectrales des Corps Gras.....	13
e- Principaux critères physiques d'appréciation d'un AG	13
1.2. Propriétés chimiques.....	13
a-Propriétés dues au COOH	13
b- Propriétés des AGS	14
c- Propriétés des AGI	14
d- Propriétés dues aux doubles liaisons : Principaux critères chimiques d'appréciation des Corps Gras	14
2.3. Propriétés Biologiques	15
a/ Utilisation des Corps Gras dans le domaine alimentaire.....	15
b/ Altérations biologiques des CG	15
III. Industrie des Corps Gras.....	15

Chapitre 3. Huileries

Généralités.....	16
I. Conservation des graines oléagineuses.....	16
1.1. Agents d'altération	16
1.2. Eléments qui favorisent l'altération	17
1.3. Critères et procédés de conservation	18
1.3.1. Tamisage.....	18
1.3.2. Séchage.....	18
1.3.3. Conservation en atmosphère confinée	18
1.3.4. Conservation sous CO ₂	18
II. Préparation des graines à l'extraction.....	20
2.1. Nettoyage.....	20
a- Séparation basée sur la différence de volume	20
b- Séparation basée sur la Densité ou le poids spécifique	21
2.2. Décorticage, défeuillage, dépelliculage, délitages	21
a- Cas de l'Arachide	22
b- Cas du Tournesol	22
c- Cas du Coton	23
2.3. Broyage.....	23
a- Cas des fruits oléagineux : Coprah, Palmiste, Olive.....	24
b- Cas des graines oléagineuses : Colza, Lin.....	24
c-Cas de l'arachide	25

2.4. Chauffage : Conditionnement thermique	25
III. Extraction d'huile	25
3.1. Extraction par pression	25
3.1.1. Procédés discontinus	25
3.1.2. Procédés continus	26
3.2. Extraction par solvant	27
3.2.1. Choix du solvant	27
3.2.2. Exemple de solvant	27
3.3. Récupération de l'huile.....	28
3.3.1. Concentration (évaporation)	28
3.3.2. Finition (distillation)	28
3.4. Récupération des tourteaux : Diagramme	28
CAS particuliers : Traitement des fruits oléagineux : Palme, Olive	
3.4.1. Extraction de l'huile de Palme	29
Diagramme type pour la production d'huile à partir d'une graine oléagineuse	
2 cas sont possibles	30

Chapitre 4. Raffinage des Huiles

1. Filtration.....	32
2. Démucilagination.....	32
2.1. Principe.....	32
2.2. Etapes de la démucilagination.....	33
2.3. Facteurs influençant la démucilagination.....	33
3. Neutralisation ou désacidification.....	33
3.1. Choix de la concentration de l'agent neutralisant	35
3.2. Lavage.....	35
3.3. Séchage.....	36
4. Décoloration	36
4.1. Agents décolorants	36
a-Terres naturelles	36
b-Terres activées	37
c-Charbon actif	37
4.2. Conditions de décoloration.....	37
5. Désodorisation.....	38

Chapitre 5. Margarine

1. Définition des caractères fondamentaux de la margarine.....	39
1.1. Caractères fondamentaux	39
2. Production.....	40
2.1. Matière première	40
3. Préparation.....	41
3.1. Procédés discontinus.....	41
3.1.1. Baratte -Tambour.....	41
3.2. Procédés continus.....	42
3.2.1. Procédé continu avec tube de refroidissement à lames racleuses Ex. VOTATOR.....	42

Chapitre 6. Industrie des Corps Gras animaux et Huiles de Poissons

1. Production des corps gras.....	45
1.1. Collecte	45
1.2. Préparation des CG à la fonte.....	45
1.3. Procédés de Fonte (extraction)	45
a-Fonte à sec en cuve ouverte	45
b-Fonte à sec en cuve fermé (cuiseur)	45
c-Procédés de fonte humide (Procédé HINKO).....	46
2. Graisses d'animaux marins	46
2.1. Méthodes d'extraction d'huile de poisson.....	47
3. Méthodes de Raffinage.....	48
4. Méthodes de concentration en Oméga-3.....	50
5. Formes d'acides gras oméga-3.....	51
6. Conclusion.....	52

Travaux dirigés

TD1. Acides gras et triglycérides	54
TD2. Béta oxydation des acides gras	55
TD3. Indices chimiques des corps gras.....	56
Références bibliographiques.....	57

Chapitre 1. Présentation et généralités sur les CORPS GRAS

Introduction

Le CG est l'un des éléments essentiels de notre alimentation. Ils comprennent :

- Les huiles et les graisses d'origine végétale ou animale ;
- Les beurres et les Margarines.

* Les huiles et les graisses sont composés de Triglycérides et de constituants insaponifiables. Par contre les beurres et les Margarines sont constituées de deux phases ; il s'agit d'une émulsion d'une phase aqueuse dans une phase grasse, douée de propriétés plastiques. On peut différencier par l'aspect : Huile : liquide, Graisse : solide, Beurre et Margarine : Plastique.

On différencie une huile d'une graisse par leur point de fusion et par convention, on se réfère à la température de 15°C et si à cette température un CG est liquide on dit que c'est une huile, par contre s'il est solide on dit que c'est une Graisse.

Cette définition est aléatoire puisqu'un CG peut être dans certaines conditions une huile et dans d'autres conditions il est une graisse. Le cas le plus concret est le Coprah, MG extraite des Noix de Coco.

Les rôles des CG :

- Rôle énergétique : 1g de CG apporte de 8,5 à 9 Kcal,
- Rôle Nutritionnel dû à l'apport des AGE et des Vitamines liposolubles,
- Rôle Thérapeutique (Toux ; huile d'olive, Bronchite) relatif à la condition socioculturelle ;
- Rôle organoleptique : texture, saveur, sapidité ;
- Rôle dans l'emploi culinaire : préparation des repas.

1. Origine et classification des Corps Gras

Suivant l'origine, on peut classer les CG en deux groupes : le 1^{er} groupe c'est les CG d'origine végétale, dans ce cas on retire les CG le plus souvent des graines oléagineuses tel que le Colza, Arachide, graine de Coton, et on les extrait aussi à partir de la pulpe de certains fruits ex : l'Olive, le Palme.

Le 2^{ème} groupe c'est les Cg d'origine animale : Les suifs (Graisses de Ruminants), les Saindoux (Graisses du Porc), graisses d'animaux terrestre d'élevage, de chasse ou de pêche.

les CG sont subdivisés en 4 principales classes :

1^{ère} classe : Les Huiles végétales Fluides (liquides) ; ex : l'Arachide, le Colza, la graine de Coton, les germes de maïs, pépin de raisin, Olive, Soja et Tournesol.

2^{ème} classe : Les huiles végétales Concrètes qu'on appelle aussi Graisse végétale, ex : Coprah, Palme, le Palmiste (noix de coco, arbre tropical : Afrique du sud. Palme à partir de la pulpe ; le palmiste à partir du noyau.

3^{ème} classe : Les huiles et graisses d'origine animale des animaux terrestres : les beurre, les saindoux, les suifs, huile de cheval.

4^{ème} classe : Les huiles et graisses d'origine marine : ex : huile de baleine, de cachalot, le poisson, morue, hareng, ...

a) Selon leur origine

Origine	Végétale		Animale	Mixte
	Pulpes de fruits ou graines d'oléagineux		Tissus adipeux, graisses sous-cutanées et d'organes	Huiles végétales hydrogénées, graisses de poissons ou animales
Consistance	Huiles Fluides	Huiles Concrètes	Matières Grasses Concrètes	Matières Grasses Concrètes
Exemples	Arachide, Tournesol, Colza, Soja, Maïs, Cotonnier, Germes de maïs, Pépins de raisins, Noix, Noisettes, Amandes, Olives	Palme, Palmiste, Coprah, Margarines végétales, (Fruit d'or) végétaline, (coprah)	Beurre Saindoux Graisses : de bœuf, de rognons, d'oie, de canard, de volailles Shortenings pour fritures profondes (GAT 10, lardex, blanc d'œuf)	Margarines courantes Shortenings divers ou produits blancs

Les huiles végétales fluides : Etat liquide à température ambiante

Les huiles végétales concrètes : Etat solide à température ambiante

Shortenings pour fritures profondes : Matières désodorisées et raffinées pour l'industrie.

b) Selon leur consistance

— Les corps gras durs ou solides à la température ambiante +15 °C.

— Les corps gras fluides à la température ambiante.

2. Utilisation

Les corps gras doivent être choisis en fonction de leurs utilisations.

1) Condiments

— Le Beurre extra-fin, doux, demi-sel ou allégé : -Il met en valeur et personnalise les préparations comme les charcuteries, les fruits de mer, les crudités, le fromage.

2) Assaisonnement

— Les Huiles d'olive, de noisettes, de noix : -Elles personnalisent l'assaisonnement des

hors d'œuvres par ex les salades).

3) Cuissons à basse température (moins de 120°)

— Beurre ; beurre clarifié, beurre cuisinier, margarines standards.

— Exemples de cuissons à basse température : raidir, étuver, suer, sous-vide, papillote, sauter pour les viandes blanches et les poissons, poêler, cuire à l'étouffée.

4) Cuissons à hautes températures (plus de 120°)

— Les huiles pour fritures, les graisses animales et végétales ; les margarines pour cuissons et fritures.

— Exemple de cuissons à haute température : Revenir, rissoler, frire, sauter pour les viandes rouges.

— Les températures les plus élevées sont utilisées pour les fritures.

5) Pâtisserie

— Beurres extra-fin, concentrés et margarines à pâtisserie.

— Exemples d'utilisations : Pâtes de base, garnitures, fourrages.

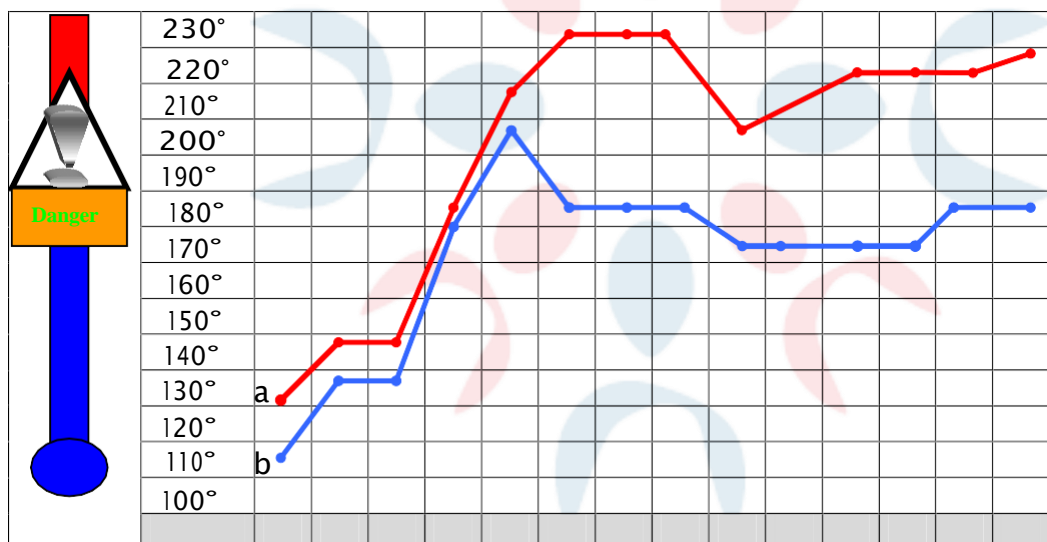
6) Qualités diététiques

Selon leurs origines, leurs transformations et leurs utilisations, ils apportent des acides gras essentiels et des vitamines (A.D.E.).

7) Coût matière

Selon l'utilisation (gastronomique ou collective), le choix de la matière grasse est important.

3. Résistance à la chaleur



a : Températures critiques b : températures maximales conseillées

Le point de fusion : c'est la température à partir de laquelle un corps gras se liquéfie.

Le point de fumée : c'est la température à laquelle un corps gras commence à se décomposer en noircissant et en dégageant une fumée âcre.

Le point de fumée correspond à la température critique qui ne doit jamais être dépassée.

4. Matières premières

Les CG alimentaires sont préparés à partir de graines ou de fruits oléagineux, de germe ou de pépins de production végétales diverses, de tissus adipeux, d'animaux terrestre ou marins.

4.1. Graines et fruits oléagineux : Pour traiter industriellement une matière première, il faut qu'elle contienne au moins **20%** d'huile, dans certains cas on pose la condition de **60%**, et au moins 20% de protéines et dans certains cas **40%**. Ces conditions sont faites pour la rentabilisation du travail industriel. Ces matières premières peuvent contenir des glucides, sels minéraux et de l'eau.

4.1.1. Graines

a-Arachide : Elle est originaire d'Amérique du sud, actuellement elle est principalement cultivée en Chine, Inde, USA, Nigéria, Soudan, Birmanie, Chad et l'Argentine. C'est une culture tropicale qui nécessite de la chaleur et de l'humidité. La récolte est annuelle, en 1986 la production mondiale était de 2 millions de tonnes décortiquées. L'arachide est cultivée sur 26.4 millions d'hectares à l'échelle mondiale avec une production totale de 37.1 millions de tonnes métriques et une productivité moyenne de 1.4 tonnes à l'hectare. Plus de 100 pays dans le monde entier cultivent l'arachide. En 2018 la production mondiale était de 51.26 Million de tonne ; en 2019, 49.33MTet en 2020 elle a atteint les 53.41 millions de tonnes.

L'Arachide donne une huile de bonne qualité, mais les tourteaux peuvent contenir des Aflatoxines (*Aspergillus flavus*).



Culture de Tournesol à Ouargla

Source : @medea_medea26 (twitter)

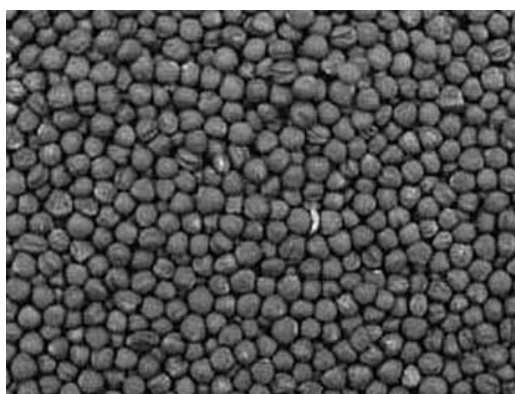


Culture de Tournesol

b- Colza : Originaire de Chine, cultivé dans les pays tempérés ; Canada ou il y'a des régions tempérées ; France, Inde, Pologne, etc...La production mondiale en 1986 était de 9 millions de tonne et entre 2019 et 2020 elle s'est élevée à 60,7 millions de tonnes et en 2021-2022, c'est 73,5 millions de tonnes. Une huile de

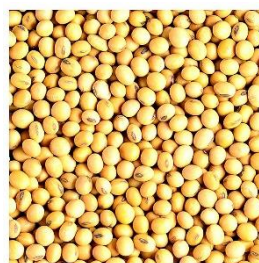
Colza est de mauvaise qualité puisqu'elle est riche en Acide Erucique responsable de lésions Cardiovasculaires. Heureusement après les progrès génétiques mis au point le Colza primer qu'on appelle le nouveau Colza a une très faible teneur en Acide Erucique, entre 0-2%. Les tourteaux de Colza contiennent des Thioglucosides qui sous l'action d'une enzyme, la myrosinase peuvent donner des Thiocyanates qui sont goitrigènes (R-CSN). Avant d'utiliser les tourteaux, il faut détruire la myrosinase.

La composition d'une graine de colza est : 43% de matières grasses, 19% de protéines, 8% d'eau, 9% de cellulose, 4% de minéraux et 3% d'amidon.



Graines de colza (taille réelle : environ 2 mm)

c-Soja : Originaire de Chine, les USA sont les premiers producteurs dans le monde suivis du Brésil et de l'URSS. C'est le premier oléagineux produit dans le monde, 70-80 millions de tonnes de production mondiale en 1986, en 2021 et 2022 ; 120,7 millions de tonnes ainsi qu'entre 2022-2023 elle est montée à 126 millions de tonnes. L'huile de Soja est très intéressante parce qu'elle est riche en AGE ; 54% d'acide Linoléique C18 2 Δ , 7,4% d'acide Linoléique C18 3 Δ , 24,3% d'acide oléique C18 1 Δ .



Graines de Soja

d-Tournesol : Originaire d'Amérique centrale, cultivé principalement dans les pays tempérés Ukraine, ex URSS, USA, Argentine, Roumanie, Bulgarie. La production dépasse les 10 tonnes (les années 80) et 14 tonnes actuellement.

L'huile de tournesol est fortement insaturée. En Russie, l'industrie des huiles et graisses est l'un des principaux sous-secteurs de l'industrie agroalimentaire, et la production d'huile de tournesol a augmenté à un rythme exponentiel au cours de la dernière décennie.



Graine de Tournesol

La Russie est le deuxième producteur mondial de graines de tournesol et d'huile de tournesol, après l'Ukraine. Un total de 11,4 millions de tonnes métriques de graines de tournesol ont été produites en 2018-2019.

4.1.2. Fruits

a- Coprah : L'huile de Coprah provient de la noix du cocotier, cultivée dans les pays tropicaux. Cette noix contient une amande, une fois séchée donne le Coprah d'où l'on extrait l'huile de Coprah. La production mondiale est de l'ordre de 4 millions de tonnes en 1986 et en. Les principaux producteurs sont la Malaisie, l'Indonésie, Philippines, Inde, ces trois derniers produisent 3 millions de tonnes par année. Les pays producteurs ayant les volumes les plus élevés de production d'huile de coco en 2018 ; étaient les Philippines (1,3M tonnes), l'Indonésie (880000 tonnes) et l'Inde (320000 tonnes), avec une part combinée de 76% de la production mondiale.



Noix de coco coupées



Huile de coprah

b- Olive : Fruit de l'olivier, cultivé depuis des millénaires et cité par le coran dans de nombreux versets, cultivé principalement dans les pays méditerranéens ; Espagne, Italie, Grèce et la Palestine

sont les principaux producteurs. La production est de l'ordre de 2 Millions de tonnes en 1986 et en 2018 en Algérie 76500 tonnes. Les derniers chiffres de 2020, la production mondiale d'huile d'olive aurait enregistré une baisse d'environ 1,5% en une année.



Olive : verte, noire



Huile d'olive

En 2019 – 2020, c'est donc 3.234.000 tonnes d'huile qui auraient été produites contre 3.185.500 tonnes en 2020/2021. Algérie a produit 52 400 Tonnes d'huile d'olive en 2019 (FAOSTAT, 2019).

c- Palme et palmiste : l'huile de palme et de palmiste provient des fruits de palmier. Ils sont cultivés dans les pays tropicaux (Congo, Zaïre, Nigéria, Malaisie, Indonésie). La pulpe donne l'huile de palme, par contre l'amande du noyau donne l'huile de palmiste. La production mondiale dépassait 4,5 Millions de tonne en 1986 et en 2015, la production d'huile a atteint 55,70 millions de tonnes pour 17,32 millions d'hectares de plantations. En 2020, on estime que la production annuelle mondiale atteindra la valeur de 78 millions de tonnes.



Amande de palmiste (huile de palmiste)



Huile de palme

Quelques exemples :

Germe de maïs : Il contient 5 à 40% d'une huile intéressante du point de vue nutritionnel.

Pepins de raisin : contiennent 2 à 6% d'huile.

Remarque : On peut extraire des huiles des graines de production végétale diverses (sous-produits des industries agro-alimentaires) raiserie, amidonnerie, minoterie, confiture, noyaux d'abricots.

On peut extraire l'huile à partir d'autres produits végétaux.

Principales graines oléagineuses avec le % huile et le % protéines

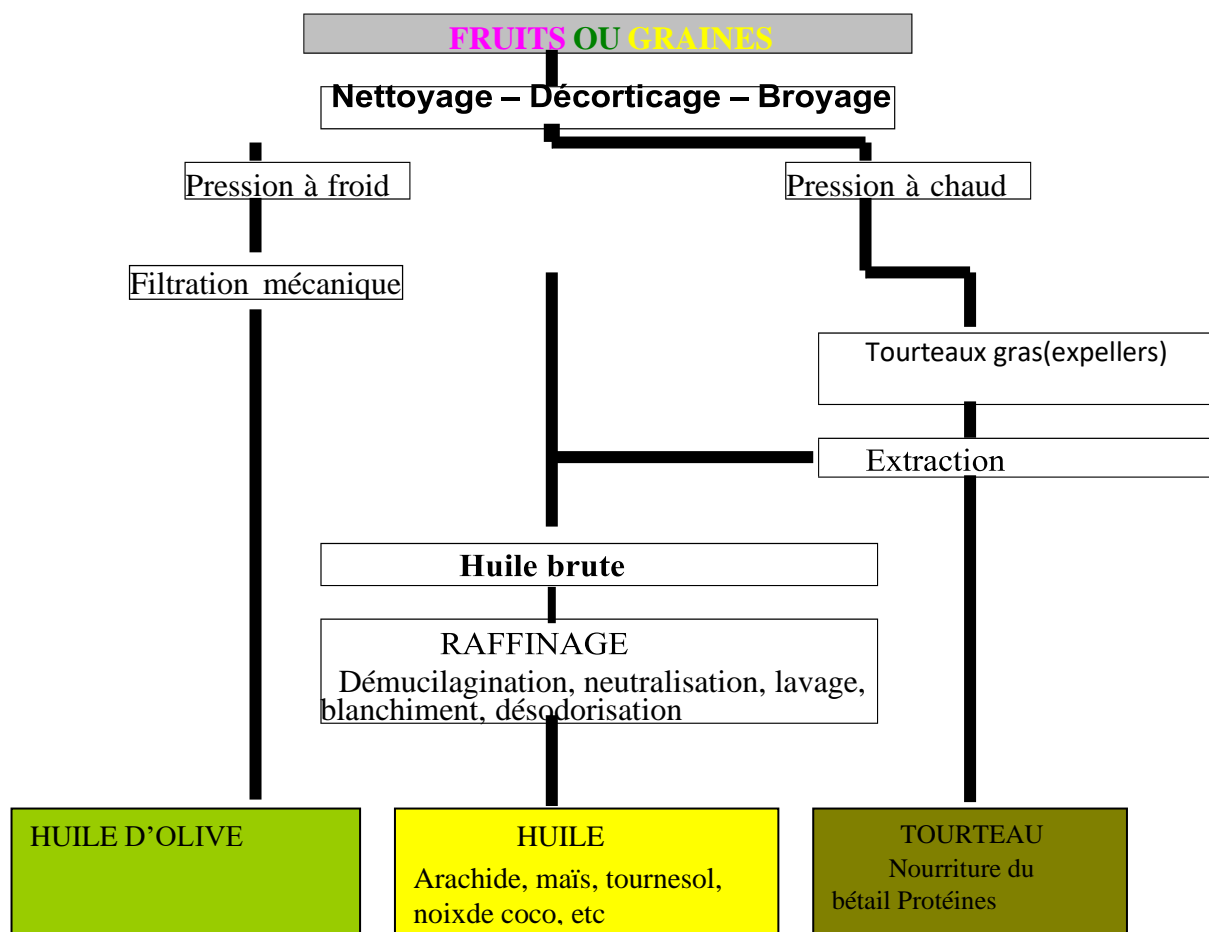
Graines	% Huile	% Protéines
Olive	5-25	1,5
Arachide	45	30
Colza	35-40	15-30
Tournesol	35-50	25
Soja	15-25	40-50
Coton	35-40	20-40
Coprah séché	63	10
Sésame	50	16-22

5. Huiles Végétales

Elles sont principalement extraites de graines ou de fruits des plantes oléagineuses. On trouve :

- De l'huile d'arachide (friture, assaisonnement)
- De l'huile de colza (assaisonnement)
- De l'huile de cocotier (friture)

Schéma de fabrication des huiles



- Une A.O.P. : L'huile d'olive de NYONS

- De l'huile de maïs (assaisonnement)
- De l'huile d'olive (cuisson, assaisonnement)
- De l'huile de palme (friture, assaisonnement)
- De l'huile de soja (friture, assaisonnement)
- De l'huile de tournesol (friture, assaisonnement)

Les huiles de coprah, de palme et de tournesol entrent dans la composition des margarines et des produits destinés à la pâtisserie.

6. Margarines Inventées en 1866 pour remplacer le beurre.

1 Définition : Ce sont les substances alimentaires autre que le beurre quelles que soient leurs origines, et de composition ressemblant au beurre et utilisées comme celui-ci.

Il s'agit d'une émulsion de matières grasses (80 % minimum) avec de l'eau ou du lait (20 %).

2 Constituants : Matières grasses végétales ou animales, eau ou lait, sel, amidon, glucose ou lactose, émulsifiant, conservateur et anti-oxygène.

3 Différentes margarines, utilisations et étiquetage : On distingue les margarines de table ou à tartiner, les margarines pour cuisson (Type Astra), les margarines pour fritures, les margarines diététiques, les margarines pour pâtisserie (margarine à feuilletage). Les margarines peuvent être conservées dans un local sec et aéré à l'abri de la lumière et de l'humidité (température 12° à 16°C).

Sur l'étiquette doit apparaître :

Margarine
Le type d'émulsion
La composition
Les traitements additifs
Le nom du fabricant
Le poids
La D.L.U.O.

7 Graisses Animales et Huiles de Poisson

— **Le saindoux** (graisse de porc) soit **pur** utilisé en cuisine régionale ou en charcuterie par exemple.

soit **hydrogéné** (désodorisé et ayant subi un traitement chimique) et utilisé pour les fritures profondes.

— **La graisse d'oie ou de canard** Utilisées dans la cuisine régionale (le cassoulet).

— Elles sont obtenues à partir de poissons gras (Hareng, Pilchard, Sprats, Anchois)

— Les poissons sont traités directement sur les bateaux, les huiles sont raffinées et hydrogénées pour être ensuite mélangées.

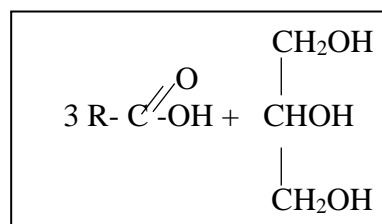
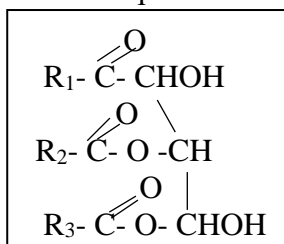
Chapitre 2. RAPPELS DE BIOCHIMIE DES CORPS GRAS

I- INTRODUCTION

A l'état naturel, le corps gras est brut et il est composé par trois groupes essentiels de produits :

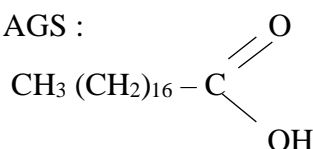
- Les lipides 99%
- Phospholipides
- Insaponifiables

1. **Lipides** : Un lipide est un ester d'AG et de glycérol ; Triglycérides « TGL ».

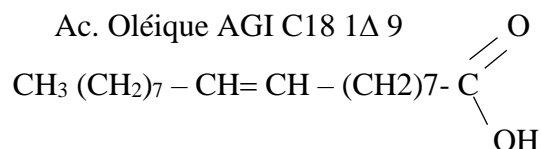


$\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ sont les radicaux des acides organiques dont la chaîne est droite, et le nombre d'atomes est pair [4-24], et la fonction acide est terminale. $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ peuvent être les mêmes ou différents. Les esters peuvent être partiels. Les acides gras peuvent être saturés ou insaturés.

Ex : Ac. Stéarique C18 AGS :



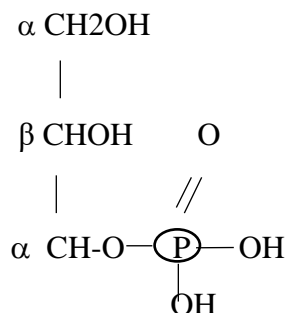
Ac. Oléique AGI C18 1Δ 9



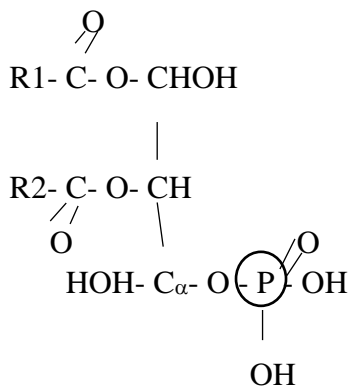
Les AG polyinsaturés contiennent les Acides Gras Essentiels « AGE ».

2. **Phosphatides** : On parle de phosphatides ou de phospholipides. Les phosphatides constituent plusieurs classes où entrent en composition ; l'acide gras, le glycérol, acide phosphorique et des fois des bases alcooliques azotées et plus ou moins les acides aminés.

***Glycérophosphates** : On les appelle des esters glycérophosphoriques ou bien des monophosphates de glycérol.

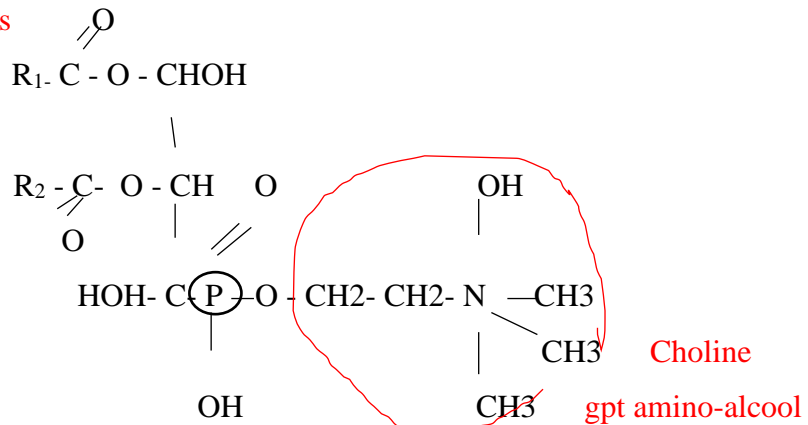


***Phosphatides proprement dits** : Ce sont des esters mixtes, d'acides gras, d'acide minéral et glycérol.



***Phosphoglycérides**: Ce sont des phosphatides dans lesquels un proton H^+ de l'acide phosphorique est remplacé par un groupement Amin alcool.

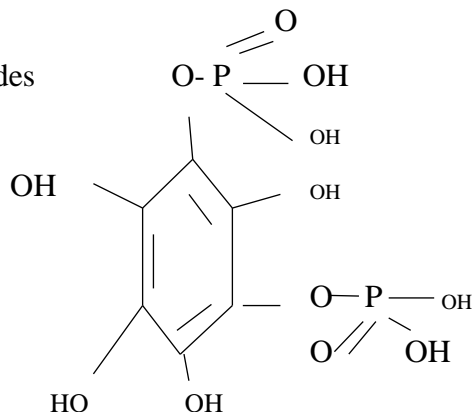
Ex : **Les Lécithines**



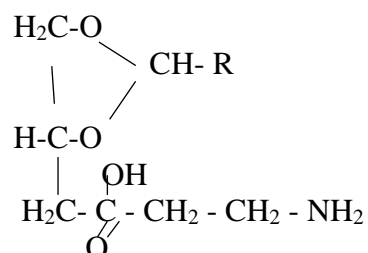
Les Céphalines : On remplace la choline par un groupement éthanolamine.

$\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ groupe phosphatidyl éthanolamine

***Phosphinositoides**



***Phosphoglycero-acétols**:



Tous les phosphatides constituent les mucilages qu'on doit éliminer au cours du raffinage par l'opération de démulcination. Ils sont plus ou moins solubles dans les solvants organiques, en particulier l'hexane.

3. **Insaponifiables** : C'est l'ensemble des composés des CG qui ne sont pas des esters. Ils sont plus ou moins complexes et leur teneur est toujours $\ll 1\%$.
- Les carbures d'hydrogène, - les caroténoïdes, terpènes
 - Les alcools à PM élevé, aliphatique ou aromatique, on parle d'alcool oléique C₁₈-ol, Cholestérol.
 - Les vitamines liposolubles : Vit A : Carotène
Vit D : Calciférol
Vit E : Tocophérol
Vit K : Dérivé du méthyl aphtaquinone
 - La glycérine : récupérée pour fabriquer les savons (eau glycinée).
 - Les Acides Gras libres
 - Les cires : mélange complexe, ce sont des esters d'acides gras et d'alcools supérieurs (à haut poids moléculaire).

II. PROPRIETES DES CORPS GRAS

1. Propriétés physiques

a/ **Etat naturel et aspect** : Les CG à température ambiante sont solides ou liquides. Cet aspect est fonction de la composition. Les lipides sont d'autant plus solides qui sont composés d'AGS et leur PM est élevé (nombre de C élevé). Inversement, un CG est liquide ; composé d'AGI et le poids moléculaire diminue.

Huile liquide $\xrightarrow{\text{Hydrogénation}}$ Huile solide ; fabrication de Margarine.
 $\xleftarrow{\text{Désaturation}}$

Les propriétés physiques des lipides dépendent des propriétés des AG qui les composent et de leur PM.

b/ Caractères particuliers des glycérides saturés

- **Point de fusion** : Le point de fusion augmente avec le nombre d'atomes de Carbone.
- **Solubilité dans l'eau** : La solubilité diminue si le nombre de Carbone augmente. La solubilité dans les solvant organiques décroît avec le nombre de Carbone. Les AG à courte chaîne sont plus solubles que les AG à longue chaîne. Le point de fusion est de 65°C pour le Tripalmitine ; 71°C pour le Tristéarine. L'analyse des lipides exige la mise en solution dans un solvant organique.

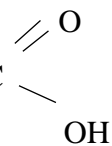
c/Caractères particuliers des glycérides insaturés

- **Point de fusion** : Pour une même longueur de chaîne de Carbone d'un AGI, le point de fusion décroît avec le nombre de double liaisons (PF \searrow , Δ \swarrow).
- **Solubilité** : Dans les solvants organiques, la solubilité augmente avec les doubles liaisons. Du point de vue forme géométrique, le point de fusion de la forme Cis est plus bas que celui de la forme Trans. Et la solubilité dans les solvants est plus grande pour les Cis que pour les Trans.

d/ Propriétés spectrales des Corps Gras

Dans l'UV, c'est les chaînes polyinsaturées conjuguées qui absorbent la lumière. La longueur d'onde utilisée pour la détermination des doubles liaisons est de 350m μ . La quantité de lumière absorbée dépend du nombre de doubles liaisons conjuguées. Dans le visible, c'est les pigments qui absorbent (V : 380-780nm). Ex : pour les chlorophylles : dosage à 630,670 et 710 nm ;

Pour les carotènes : dosage à 445 nm

C'est dans l'infrarouge (IR) que les groupements fonctionnels absorbent à la lumière ; C  et les liaisons éthyléniques de la forme Trans. Longueur d'onde 10nm à 10,5nm.

e/ Principaux critères physiques d'appréciation d'un AG

- **Densité** : c'est la masse de l'unité de volume exprimée en g/cm³ à la température t. Pour les huiles végétales la densité est comprise entre 0,915 et 0,964. Pour les corps gras animaux est de 0,866-0,933.

- **Indice de réfraction** ;
- **Les spectres d'absorption** ;
- **Le pouvoir rotatoire** ;
- **Le point de fusion** ;
- **Le point de solidification** ;
- **La viscosité**

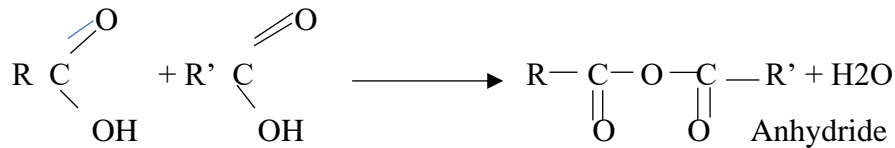
Si on arrive à déterminer tous ces critères, on peut apprécier la qualité physique d'un CG.

2. Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques des lipides dépendent de celles des AG qui les constituent et qui sont caractérisés généralement par une seule fonction acide terminale, une chaîne carbonée droite non ramifiée et un nombre pair de Carbone, et par la présence ou non de doubles liaisons.

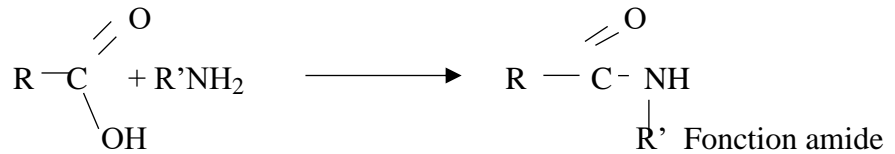
2.1. Propriétés dues au COOH :

✓ Le COOH peut donner (formation) d'anhydrides :

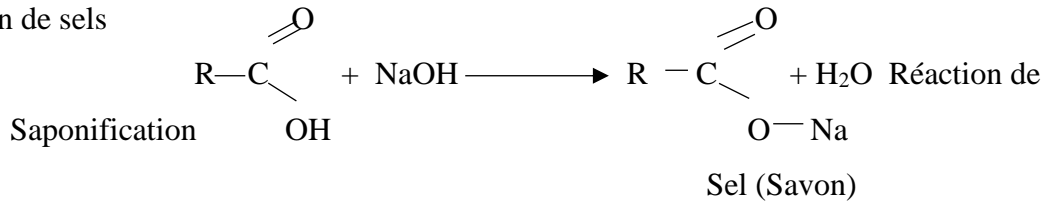


✓ Formation d'Esters (Esterification)

✓ Formation d'Amides



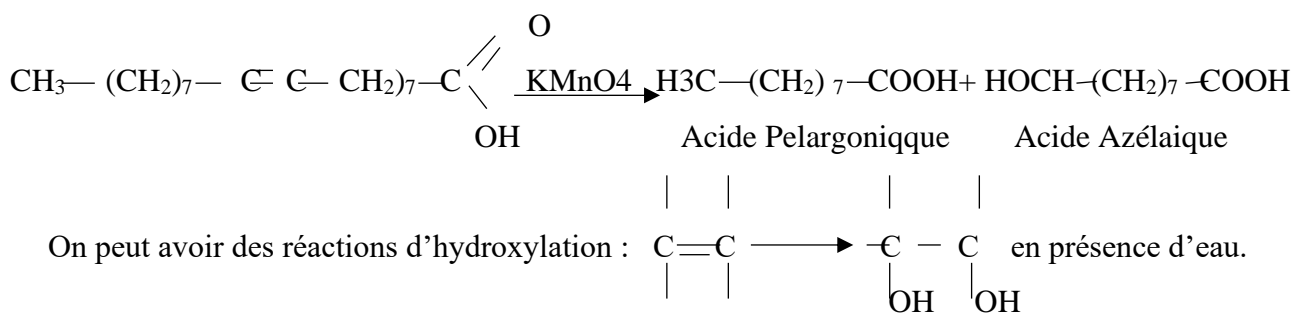
✓ Formation de sels



La saponification est la réaction de neutralisation qui est recherchée pour éliminer l'acidité due aux AGL.

2.2. **Propriétés des AGS** : Ils sont solides, stables (sauf pour le COOH), ils ne peuvent avoir que des dérivés de substitution.

2.3. **Propriétés des AGI** : Ils sont liquides, la double liaison est cis dans les AG normaux, ils sont instables, addition des halogènes (Br, I, F, ...) est une réaction de saturation, on peut avoir une réaction d'hydrogène (Hydrogénation). On peut avoir une réaction d'oxydation par l'O₂ de l'air qui va aboutir à des peroxydes instables qui vont être dégradés en Aldéhydes et cétones ainsi de PM faible et volatils. Oxydation par des oxydants forts qui sont responsables de la fragmentation de l'acide Gras en deux acides. Généralement le 2^{ème} acide est un diacide. Ac. Oléique : C₁₈ 1Δ 9.



2.4. **Propriétés dues aux doubles liaisons** : Principaux critères chimiques d'appréciation des Corps Gras

La qualité d'une huile est appréciée par son :

✓ **Indice d'Acidité** : L'acidité est due à la présence d'AGLibres. L'Indice d'acide est exprimé par le nombre de mg de potasse (KOH) ou NaOH nécessaire pour neutraliser l'acidité (AGL) de 1g de corps gras.

- ✓ **Indice de Saponification** : permet de déterminer la quantité d'AG et on exprime l'Indice de Saponification par le nombre de potasse nécessaire pour transformer en savons les AGLibres ou combinés de 1g de corps Gras.
- ✓ **Indice d'Iode** : C'est le nombre de gramme d'Iode fixé par 100g de Corps Gras.
- ✓ **Indice de peroxyde** : C'est la quantité d'O₂ actif capable de libérer l'Iode des Iodures. Il existe plusieurs expressions de l'indice des Peroxydes.
- ✓ **Insaponifiables** : Donne une idée sur le degré de pureté des lipides.

3. Propriétés Biologiques

3.1. **Utilisation des Corps Gras dans le domaine alimentaire** : Le métabolisme des CG chez les animaux se fait dans l'intestin et grâce à la lipase pancréatique, ils traversent la paroi intestinale sous forme de glycérol et AGL ou de mono et diglycérides (rares) mais pas sous forme de TGL. C'est au niveau du sang qu'il y a synthèse des TGL.

Les AGE interviennent contre certaines maladies du type cardiovasculaires. Les AGE vont estérifier le cholestérol qui devient soluble.

3.2. **Altérations biologiques des CG** : Les microorganismes favorisés par certaines conditions surtout de température et d'humidité, et de pH (<5) peuvent produire des enzymes responsables de l'hydrolyse des TGL ce qui va engendrer la libération d'AGL et donc diminution du pH. Des enzymes responsables d'oxydation (peroxydases) ce qui va engendre la production de produits d'oxydation ; Aldéhydes, Cétones, Alcool, peroxydes qui vont entraîner des modifications de texture, de saveur et l'apparition de toxicité. C'est pourquoi certains pays autorisent l'addition aux corps gras raffinés de produits antimicrobiens (bactériostatiques, fongistatiques).

III. INDUSTRIES DES CORPS GRAS

Suivant leur origine ou leur destination les industries correspondantes se classent comme suit :

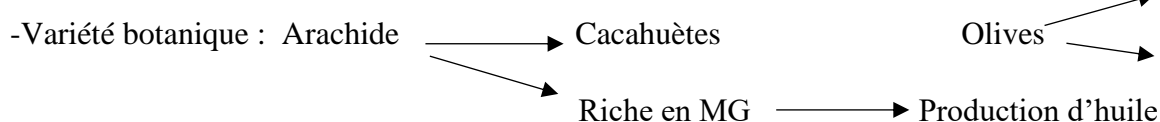
- ✓ **Huiles (Huileries)** : Elle consiste à extraire à partir des oléagineux des huiles, de les raffiner, de les conditionner et de les commercialiser.
- ✓ **Industrie des CG d'animaux** : Dont le but est de collecter les suifs et les saindoux et de les rendre propre à la consommation (purification).
- ✓ **Industrie de la Margarine (Margarinerie)** : Dont le but est de préparer des émulsions de corps gras raffinés.
- ✓ **Industrie des savons (Savonnerie)** : c'est une industrie de valorisation des pâtes de Neutralisation.
- ✓ **Industrie des Acides Gras et dérivés lipochimiques** : fait partie de la pétrochimie.

Chapitre 3. HUILERIES

Généralités

- La teneur en huile des graines oléagineuses est fonction de plusieurs facteurs :

-Maturation : Après un mois de la fécondation intervient la période d'une dizaine de jours au cours de laquelle se produit la synthèse des lipides à partir des glucides. La teneur en huile est fonction de la maturité des graines pour choisir la période de récolte.



-Région géographique et lieu de récolte

-Condition climatiques et techniques culturales, l'année de récolte.

- Qualité des graines (Acidité et humidité) : on définit la qualité des graines par leur acidité et l'humidité (quantité d'acide et d'eau). La qualité des graines varie en fonction des récoltes, de transport et de stockage.

- La durée de stockage est très importante puisque l'acidité augmente avec le temps, et la qualité finale du produit en dépend (de la récolte, transport et de stockage) donc la matière première qui en rentre dans l'usine.

I. Conservation des graines oléagineuses

On ne peut pas traiter les graines dès leur récolte puisqu'on se trouve devant plusieurs opérations successives ; la récolte qui dure de 15 à 20 ou 30 jours, l'achat, le transport, le stockage sur place avant le transport ; un 2^{ème} stockage avant traitement. Toutes ces opérations demandent une période de conservation et cette période peut durer au minimum 2 mois (≥ 2 mois). Au cours de la conservation les graines peuvent subir des altérations qui sont dues aux agents suivants :

1.1. Agents d'altération : Pendant leur conservation les graines oléagineuses sont l'objet de plusieurs altérations dont les agents sont les suivants :

- ✓ **Microorganismes :** Qui agissent en présence d'humidité, parmi les microorganismes les bactéries, les moisissures et les levures.

- ✓ **Enzymes :** Naturelles des graines

- ✓ **Air**

- ✓ **Insectes**

✓ Animaux

➤ **Action des bactéries** : Les microorganismes se développent en présence d'humidité dans les milieux légèrement alcalin, elles vont contaminer le produit et sont responsable de l'hydrolyse des lipides. Pour les éliminer on peut jouer sur l'humidité, Température, etc...

➤ **Action des moisissures** : Se développent dans des atmosphères chaudes et humides. Pour les éliminer, on joue sur la température, l'air, l'humidité. Elles introduisent des enzymes et des toxines responsables de l'hydrolyse des TGL.

➤ **Action des Levures** : Elles se nourrissent des constituants des produits et se développent en présence d'humidité. Pour les inhiber on joue sur la température de séchage ou sur la disponibilité de l'O₂ et sur l'humidité.

➤ **Enzymes** :

• **Lipases** : Elles sont responsables de l'hydrolyse des TGL, augmentation de l'acidité et perte en huile.

• **Lipoxydase** : elle est responsable de l'oxydation des AG en donnant des composés impropres à la consommation et à la fabrication des savons. Enzyme d'oxydation.

• **Myrosinase** : Enzyme spécifique au Colza. Responsable de l'hydrolyse et transformation des thioglycosides en isothiocyanates, avec apparition de toxicité.

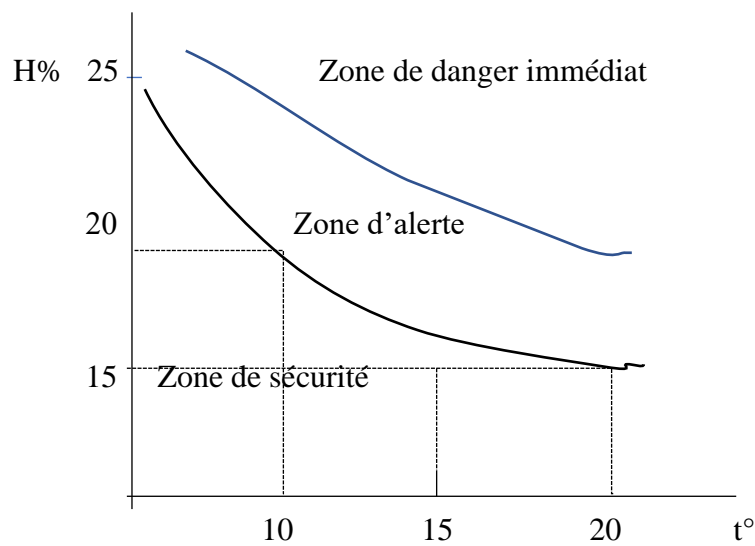
• **Linase** : Enzyme spécifique à l'huile de lin, responsable de la transformation des glycosides (Linamarine) en acide cyanhydrique (HCN) avec apparition de toxicité ou produits indésirables.

➤ **Air** : L'air apporte de la chaleur et de l'O₂ responsable de l'oxydation des composés insaturés, dues soit à l'apport de l'O₂ ou l'augmentation de la température, ce qui va donner des produits hydroxylés et toutes les réactions d'oxydation sont exothermiques donc dégagement de chaleur ce qui va entraîner l'augmentation de la température dans les silos de stockage. L'augmentation de la température des silos peut entraîner des interactions entre constituants des produits stockés, ex : formation de complexes lipoprotéiques.

1.2. Eléments qui favorisent l'altération : Les altérations sont favorisées par surtout la température et l'humidité. Ces altérations peuvent être aussi favorisées par l'air, l'O₂ et les brisures (endommagement des graines). En fonction de la température et de l'humidité on a défini une zone de sécurité où les microorganismes ne peuvent pas se manifester.

Un 3^{ème} élément peut intervenir, c'est l'O₂ qui intervient pour aider le développement des microorganismes aérobies et en plus il a une action oxydante, il permet aux insectes de proliférer et

peut apporter de l'eau, de la chaleur. Il peut altérer le produit comme il peut favoriser les facteurs d'altération.



1.3. Critères et procédés de conservation : Des travaux ont permis de dire que la qualité des graines est fonction de la durée de conservation, ex :HR% augmente en fonction du temps de conservation, l'acidité augmente ainsi que l'oxydation.

1^{ère} opération : Le **Tamissage** permet d'éliminer les farinettes et les brisures afin d'empêcher une consommation par les insectes et les microorganismes, et on utilise les Tamis dont le diamètre des mailles est à choisir.

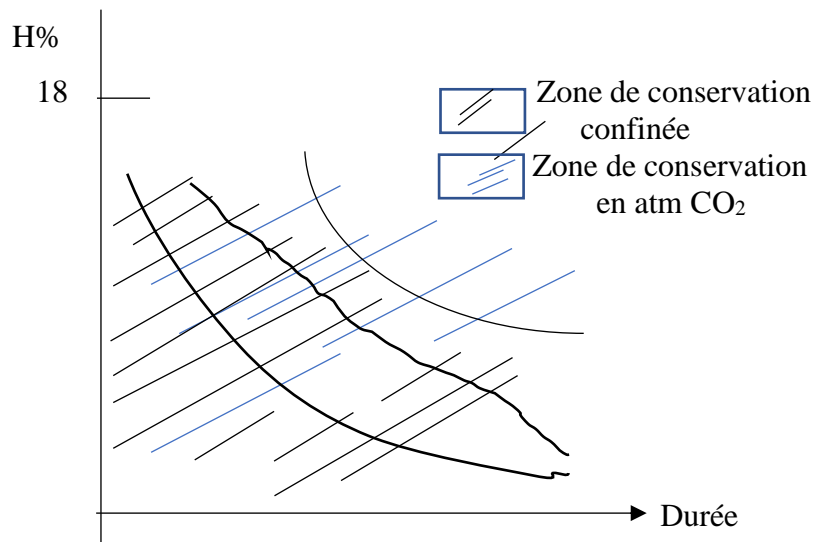
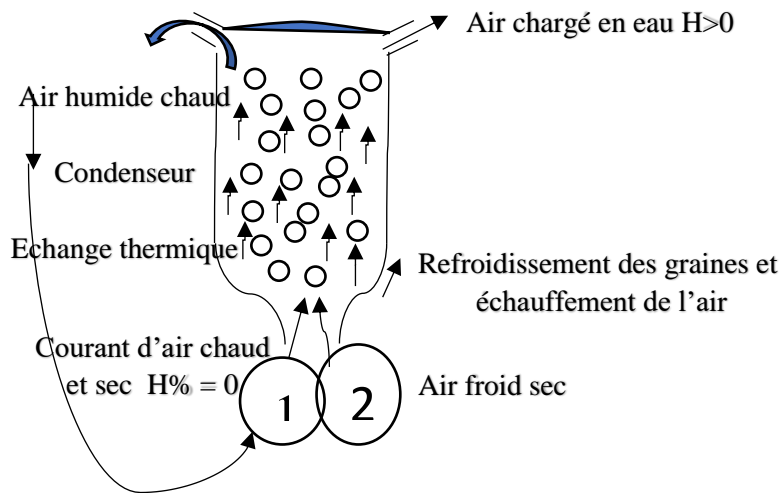
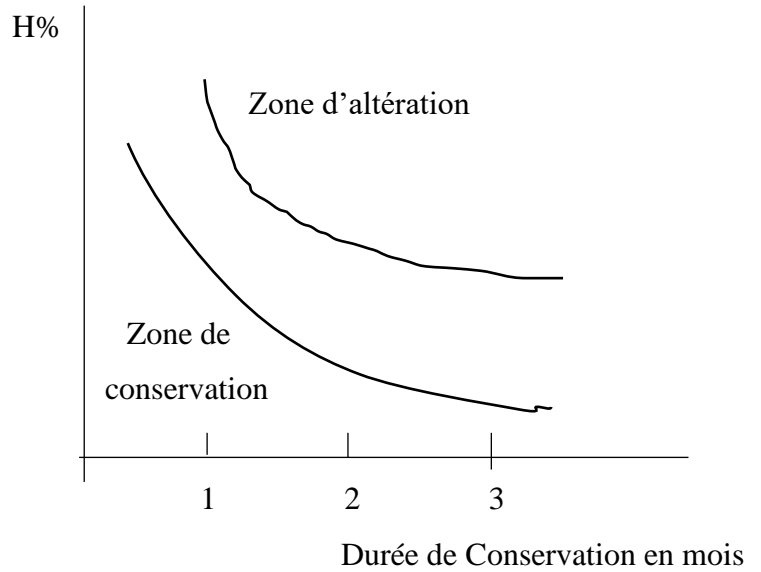
2^{ème} opération : Le **Séchage** : la durée de conservation est fonction de la teneur en eau des graines. Pour prolonger la durée de conservation, on fait appel au séchage. Son but est d'abaisser au maximum la teneur en eau des graines oléagineuses jusqu'à la limite où les microorganismes ne peuvent plus se développer (H% = 4%). La technique consiste à convoyer dans la masse des graines qui est introduite dans un silo, un courant d'air chaud sec et d'air froid sec alternativement. Pour ce procédé on peut arriver à stocker les graines pendant six mois.

3^{ème} opération : **Conservation en atmosphère confinée** : Les graines préalablement tamisées et séchées sont mises en silo hermétiquement fermé et étanche tant que l'air subsiste, les graines consomment l'O₂ disponible dans l'espace intergranulaire et dégagent CO₂ et à partir d'une certaine concentration en CO₂ qui est de 50%. Les altérations causées aux graines diminuent brusquement. Le seuil d'inhibition est de 50% ce qui permet d'augmenter la durée de conservation.

4^{ème} opération : **Conservation sous CO₂** : Ce procédé consiste à remplacer la totalité de l'air du silo par du CO₂ qui est injecté à travers les graines en quantité suffisante. Les avantages de ce procédé :

- Disparition de tous les phénomènes biologiques et biochimiques
- Inhibition de l'action des insectes

- En atmosphère libre on ne peut pas aller au-delà de 3 mois de conservation pour une humidité $H > 8\%$



En atmosphère confinée : à humidité=12%, on peut aller jusqu'à 6 mois de conservation.

En atmosphère de CO_2 : conserver des graines pour une humidité $H=18\%$ pendant plusieurs mois (> 6 mois).

➤ La quantité de CO₂ nécessaire pour un lot de graines déterminée, elle dépend de la nature de ces graines pour 3 raisons :

- Teneur en eau : le CO₂ est partiellement soluble dans l'eau
- Teneur en huile : l'huile a un grand pouvoir absorbant du CO₂ (la solubilité du CO₂ est grande dans l'huile).
- La grosseur des graines (espace intergranulaire) : qui lui-même est fonction de la grosseur des graines et de leur dimension.

En plus de la solubilité soit dans l'eau, soit dans l'huile est fonction de la température. Donc la quantité de CO₂ dépend de la nature des graines et de la température. Cette quantité de CO₂ nécessaire est exprimée en : $V = V_H + V_e + V_i$

V : Volume de CO₂ nécessaire

V_H : volume ou quantité de gaz absorbée par l'huile

V_e : quantité de CO₂ absorbée par l'eau

V_i : Quantité de CO₂ retenue dans l'espace intergranulaire

Ex : V_i : le colza représente 35% / Le tournesol : 60%.

II. Préparation des graines à l'extraction

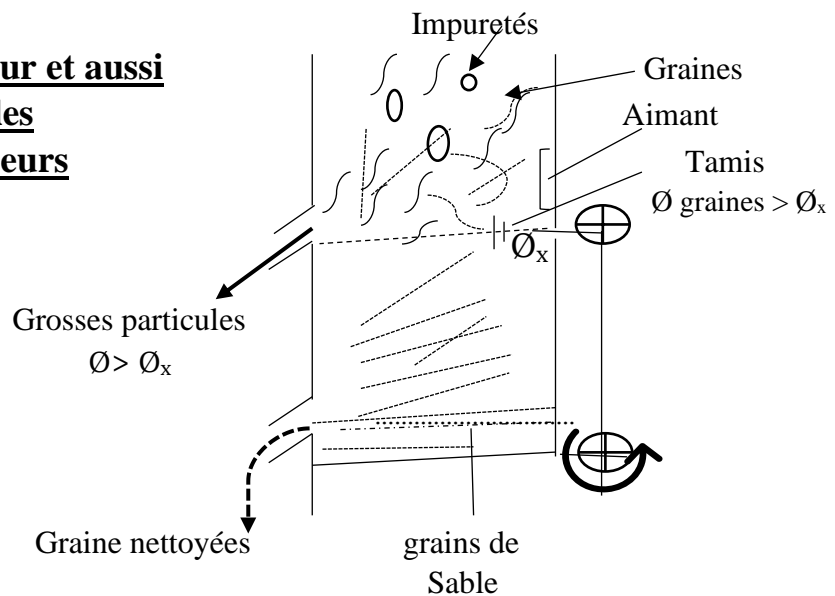
La pratique montre qu'une graine bien préparée se travaille bien mieux et donne des rendements meilleurs.

2.1. Nettoyage : C'est un ensemble d'opérations qui consiste à éliminer les impuretés qui peuvent être des agents d'altérations biologiques, chimiques ou autres. Cette opération est nécessaire pour l'amélioration de la qualité de l'huile et des tourteaux. Comme impuretés on peut citer : les débris végétaux, les graines endommagées, les particules métalliques, les pierres, la boue les feuilles, les racines, Il existe 2 principes du nettoyage : le 1^{er} est basé sur la différence de volume ou grosseur des graines, le 2^{ème} est une séparation basée sur la différence de Densité.

a- Séparation basée sur la différence de volume : le 1^{er} tamis est légèrement incliné lié à un moteur, travail par vibration. Le 2^{ème} tamis est dit tamis à sable.

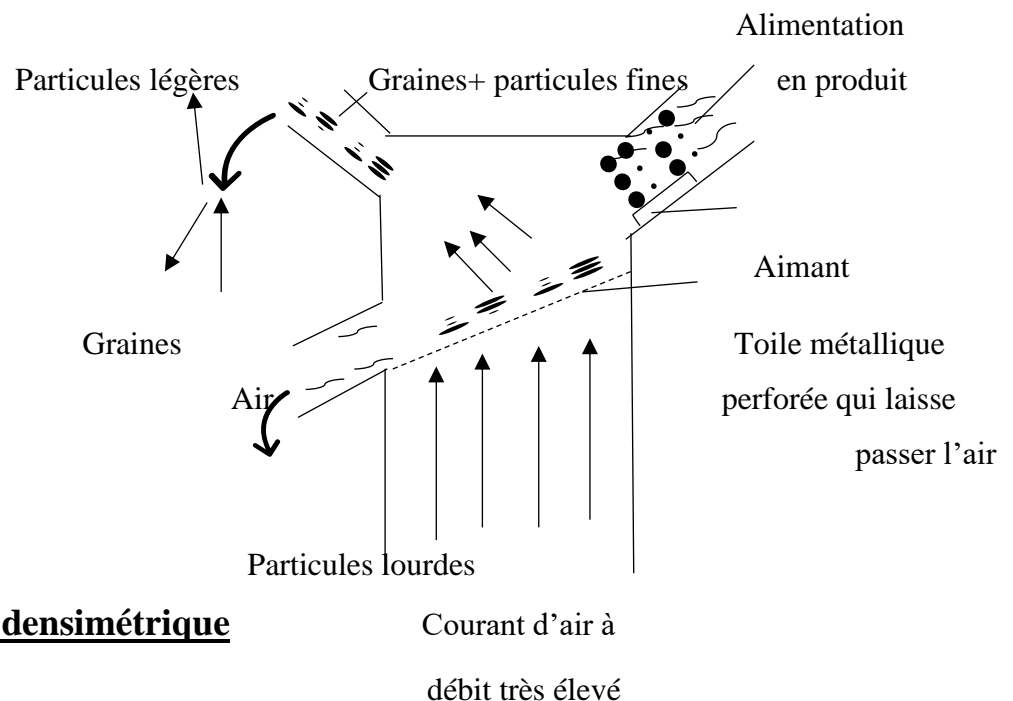
Le produit arrive sur le 1^{er} tamis mélangé avec des particules étrangères. Arrivé sur tamis qui a des ouvertures laissant passer les graines et retient les grosses particules dont le diamètre est supérieur au diamètre des perforations du tamis (pierres, débris végétaux, ...). Puis le produit tombe sur le 2^{ème} tamis à sable où les impuretés fines sont retenues et les graines sortent par la 2^{ème} ouverture (bouche de sortie) nettoyées. L'aimant retient les métaux. Le débit de séparation est fonction de la surface des tamis et de la vitesse du mouvement de circulation (vibratoire).

**Séparateur ou trieur et aussi
Tamis vibrant ou les
Calibreurs**



b- Séparation basée sur la Densité ou le poids spécifique :

Les particules métalliques sont retenues par l'aimant. Le courant d'air va soulever les graines plus les particules fines qui ont une densité égale ou inférieure (<) à celles des graines. Les particules lourdes sont évacuées par la bouche de sortie inférieure. Une 2^{ème} séparation s'effectue entre les graines et les particules légères en envoyant un courant d'air dans un 2^{ème} cyclone qui soulève les fines particules et les évacue et on récupère les graines.



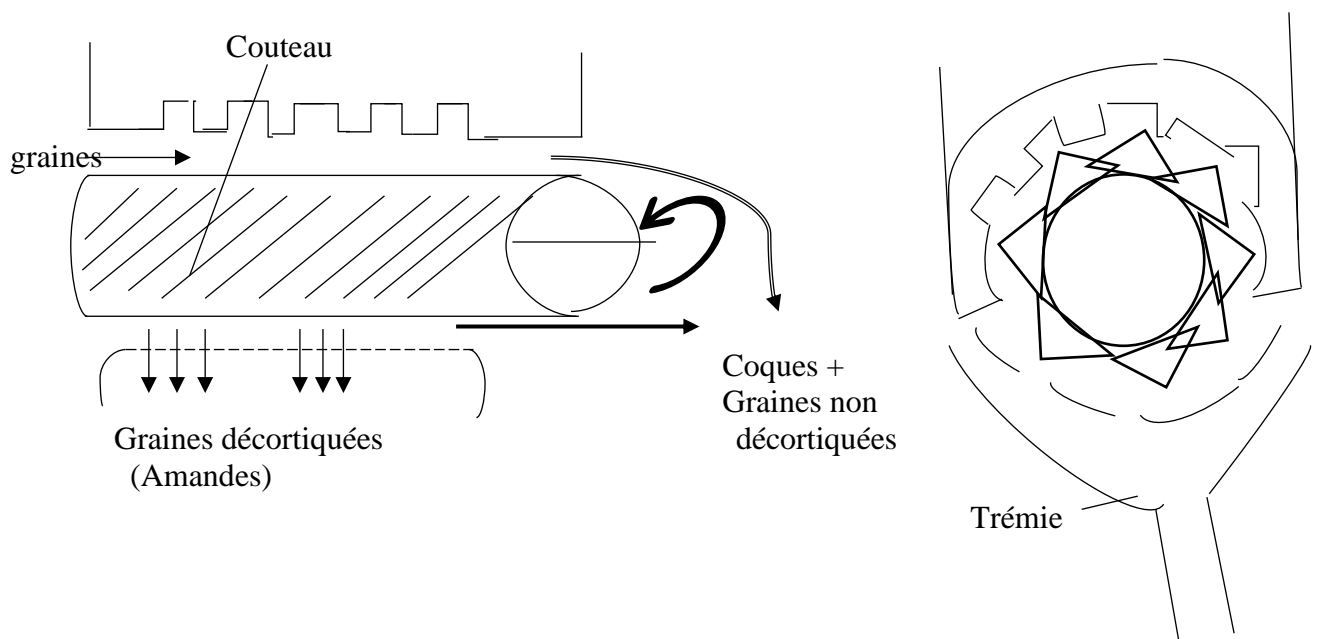
**Epurateur- Table densimétrique
ou Cyclanes**

Les étapes de la préparation à l'extraction sont :

2.2. Décorticage, défeuillage, dépelliculage, délitages : Certaines graines telles que l'arachide, le tournesol, le coton, le ricin doivent être au préalable débarrassés de leur coque. L'épaisseur,

l'adhérence, la dureté sont différentes d'une graine à une autre. Il existe des appareils spéciaux et spécifiques pour chaque type de graine ou de coques.

a- Cas de l'Arachide : Le principe consiste à séparer la coque de l'amande dans ce cas le décortiqueur est constitué d'un tambour que l'on appelle rotor mobile, cylindrique en acier portant sur toute sa périphérie des couteaux de forme triangulaire (saillies) en fente trempé. Le tambour est entouré d'une certaine distance (réglable) par une enveloppe en forte tôle.

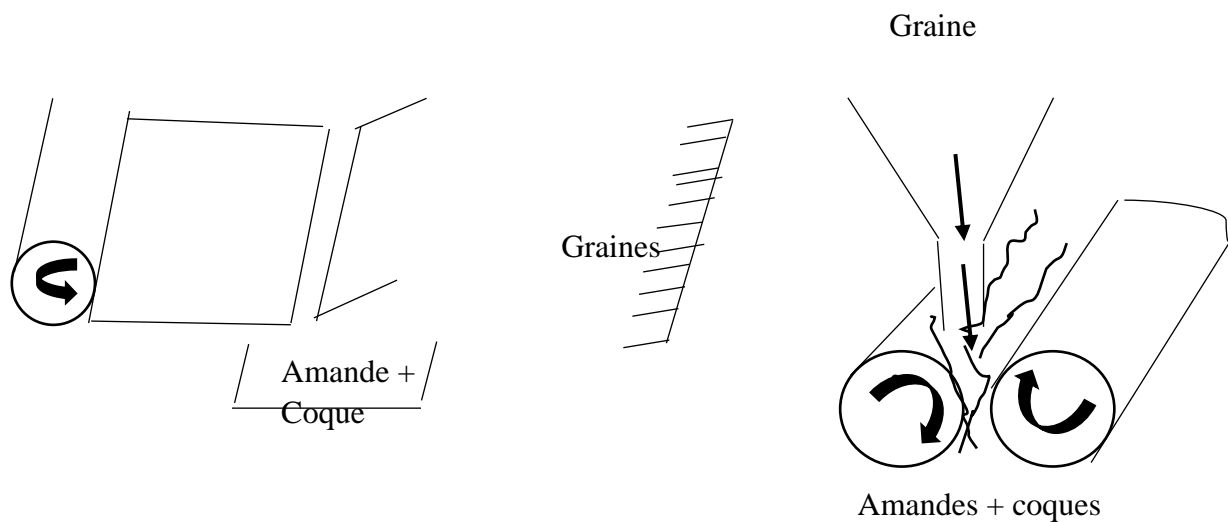


Les arachides sont entraînées par le mouvement de rotation du Rotor, elles se trouvent en friction les unes contre les autres, 2^{ème} contre les saillies du rotor et les parois de l'enveloppe. La coque se partage ainsi en 2 et l'amande se trouve ainsi libérée. Les amandes passent à travers les perforations de l'enveloppe et tombent sur un tamis vibrant pour séparer les amandes plus les parties du coques passées avec les amandes. Les coques sortent de l'autre côté des appareils.

b- Cas du Tournesol : Il existe deux types d'appareils. Les appareils qui agissent par percussion et les appareils qui agissent par friction.

✓ **Par percussion :** Les graines sont violemment projetées à grande vitesse (25 à 30m/s) par un tambour batteur qu'on appelle aussi ventilateur sur un écran cannelé. Par percussion la coque se casse et libère l'amande.

✓ **Par friction :** On utilise deux disques striés, la distance entre les deux est réglable suivant le type de graines traitées. Les graines sont décortiquées par friction entre les deux disques. Utilisé pour les coques très adhérents et rigides.



c- Cas du Coton : La graine de coton est entourée par un duvet qu'on appelle le Lint. C'est un amas feutré très dense, blanchâtre jusqu'à grisâtre. Ce Lint est éliminé par l'opération de délantage et celui-ci est suivi par l'opération de décortiquage.

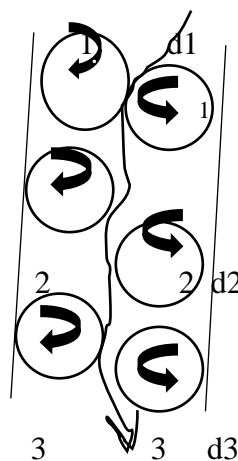
L'opération de délantage est réalisée par des appareils à disques ou à tambour. Le décortiquage est réalisé par des appareils à disques.

Remarque : On a d'autres opérations de préparation tel que l'effeuillage qui est spécifique à chaque graine.

2.3. Broyage : L'huile est contenue dans les vacuoles intracellulaires, pour la libérer, il faut écraser la graine. Le but du broyage est de réduire les dimensions des fruits ou des graines afin de faciliter le travail des presses ou du solvant. Il existe pour chaque catégorie d'oléagineuse une dimension optimale. Généralement on dispose d'un ensemble de cylindres qui tournent à des vitesses différentielles de sens contraire qui provoquent l'éclatement et l'étirement de la graine. La distance qui sépare deux cylindres diminue au fur et à mesure qu'on descend dans l'appareil. Les parois peuvent être cannelées, striées et rarement lisses.

$$V_1 > V_2 > V_3$$

$$d_1 > d_2 > d_3$$



a- Cas des fruits oléagineux : Coprah, Palmiste, Olive

Le Coprah et le Palmiste exigent un matériel de broyage dans ce cas on parle de laminage très robuste car dans ce cas l'objectif est d'avoir après broyage une farine, la plus fine possible pour faciliter la sortie de l'huile des vacuoles. Une usine qui traite le Coprah ou le Palmiste est avant tout



Noix de Palme



Les amandes de Palmiste



Huile de Palme

matériel de laminage.

un bon

L'**huile de palme** (nom INCI **Palm oil**) est obtenue par extraction à partir du mésocarpe du fruit ; sa consistance est celle d'un beurre, sa couleur est celle du bouton d'or, elle dégage une odeur de violettes. Elle blanchit sous l'action des oxydants ou bien en étant placée à l'air libre. Les triglycérides qui la composent contiennent de l'acide oléique (40%) et palmitique (45%). Les acides stéarique et linoléique sont assez peu représentés.

L'**huile de palmiste** (Nom INCI **Palm kernel oil**) est obtenue par extraction à partir de l'amande du fruit. Elle est de couleur blanche. Elle est riche en glycérides lauriques (48 %). On trouve également des acides gras comme l'acide myristique (15 %) et l'acide oléique (15 %).

Ces deux huiles sont très utilisées dans le domaine cosmétique et en particulier dans le secteur de la **savonnerie**. Née en Afrique de l'Ouest, le palmier à huile a conquis par la suite le continent asiatique. En Asie du Sud-Est les plantations de palmiers à huile couvrent environ 2/3 de la surface globale du territoire.

b- Cas des graines oléagineuses : Colza, Lin

Pour obtenir des rendements satisfaisants le broyage doit être conduit d'une façon parfaite c'est à dire qu'en cas d'une graine ne passe à travers les broyeurs sans être écrasée.

Le taux de laminage : $R_L = \frac{\text{Poids de 1L de graine avant laminage}}{\text{Poids de 1 L après laminage}}$

c-Cas de l'arachide : On peut travailler des demi-amandes, soit des quart (1/4) d'amandes, soit des « graines de riz ». Ce choix dépend des arrangements de la presse, du taux d'extraction recherché et de la qualité des écailles (tourteaux). Pour avoir le rendement optimum il faut un écartement de 38 à 56/10° de mm. Dans ce cas le taux résiduel d'huile dans le tourteau est de 6,7 à 7,1%.

2.4. Chauffage : Conditionnement thermique : Les graines broyées sont chauffées dans le but de faciliter la sortie des CG par l'augmentation de la perméabilité de la paroi cellulaire, par la diminution de la viscosité de l'huile. Par contre pour obtenir certaines huiles d'une certaine qualité on fait un premier pressage à froid.

On porte les graines à 100-110°C pendant 40 min sous atmosphère saturée d'eau. Il existe deux types d'appareils de chauffage. Les chauffoirs verticaux et les chauffoirs horizontaux.

Les chauffoirs verticaux sont constitués par 4 à 5 étages et dans chaque étage le produit est porté à une certaine température.

Le chauffage est direct par injection de vapeur d'eau, ou indirect. Le chauffage est graduel.

Pour les chauffoirs horizontaux sont appelés chauffoirs tubulaires, constitués par une série de tubes qui sont chauffés par injection de vapeur ou par circulation de vapeur à l'intérieur des tubes. Les chauffoirs sont dotés d'un arbre (vis sans fin) qui fait avancer le produit.

III. Extraction d'huile :

Il existe 2 principes d'extraction d'huile : 1. Par pression

2. Par solvant ; la 2^{ème} complète le 1^{ère}

3.1. Extraction par pression : La pression qui a pour but de libérer de l'huile, peut se faire soit d'une façon discontinue, soit d'une façon continue.

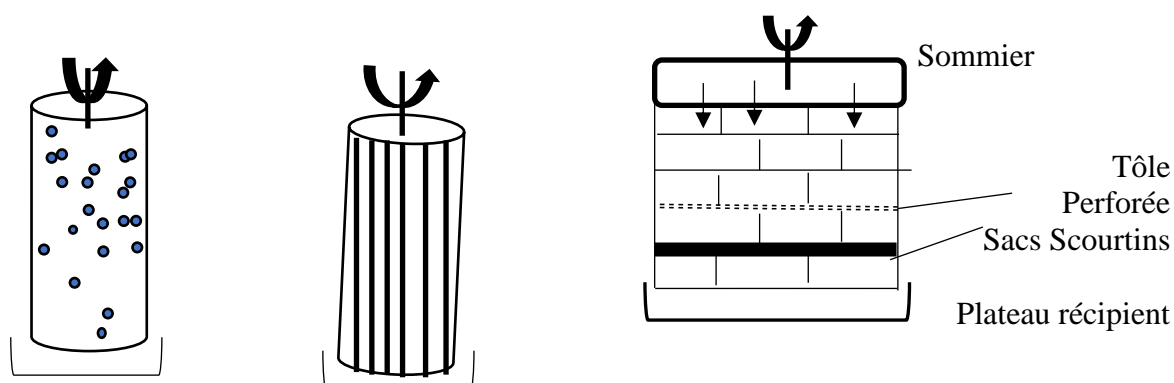
a- Procédés discontinus : Dans ce cas on utilise des presses hydrauliques, sont utilisées pour des productions artisanales, on distingue plusieurs types de presses hydrauliques. **Ex :**

✓ **Presses Marseillaises :** Les graines broyées et chauffées sont mises dans des sacs en poils de chèvres qu'on appelle Scourtins. Ces sacs sont empilés les uns sur les autres entre le sommier et le plateau et séparés entre eux par des plaques de tôles perforées.

Le sommier en tournant exerce une pression sur les sacs, cette pression peut atteindre 250 à 300 Kg/ cm². Sous l'effet de cette pression, l'huile s'exsude et passe à travers les parois des Scourtins, s'écoule sur le plateau inférieur puis elle est recueillie dans un récipient et on obtient une huile dite huile de première pression qu'on appelle aussi **huile vierge** ou **huile de froissage**.

Une fois l'opération est terminée, on enlève les Scourtins, les grignons (tourteaux) sont broyés une seconde fois, chauffés une 2^{ème} fois et soumis à une 2^{ème} pression et on obtient l'huile de 2^{ème} pression qu'on appelle **RABOT**.

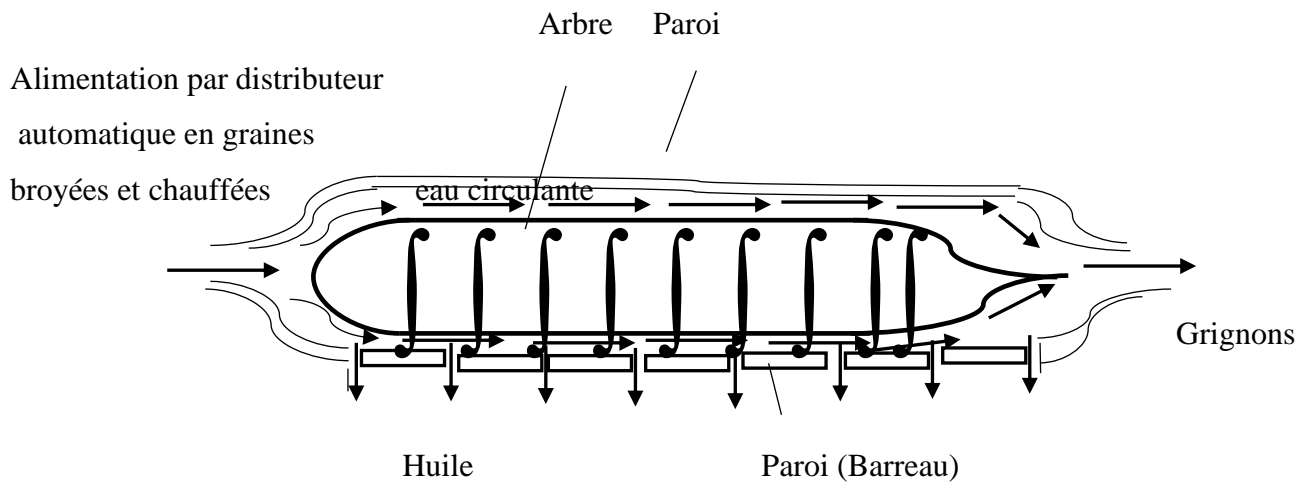
✓ **Presses à cages** : Ces presses ont la forme de récipients cylindriques dont les parois sont constituées par des barreaux métalliques verticaux juxtaposés, ou bien par une tôle par une enveloppe métallique perforée. La presse est remplie de grignon, grains broyés et chauffés puis on exerce une pression qui peut atteindre 500Kg/cm². L'huile s'exsude et sort par les barreaux ou la paroi (enveloppe) et est récupérée dans un récipient.



b- Procédés continus : La pression des graines broyées et chauffées est obtenue par l'action conjuguée d'un arbre à tronc conique (Tronconique), muni d'une vis sans fin à pas variable. Le corps de la presse est constitué par la juxtaposition de barreaux métalliques (alliage très dur).

Les graines broyées et chauffées sont entraînées par la vis sans fin qui exerce une pression et l'huile est récupérée à travers les parois des barreaux dans un récipient de récupération d'huile. Du fait de la température initiale des graines et du travail qui se fait dans la presse, on a été obligé de prévoir un circuit de refroidissement par circulation d'eau dans l'arbre lui-même et dans les parois de la presse. Ce genre de presse a un débit qui peut atteindre 1600Kg/h. Il y'a des options qui peuventatteindre2800Kg/h. Après pression, on récupère d'une part une huile chargé en « Pieds » (toute la matière végétale qui passe avec l'huile : Impuretés physiques). Elle doit donc subir une clarification par filtration sur un filtre presse, toile filtrante ou de préférence un séparateur (centrifugeuse) ou bien une décantation.

D'autre part on récupère ce qu'on appelle les grignons, les écailles et les tourteaux qui peuvent contenir encore jusqu'à 8% d'huile. Il faut donc compléter l'extraction par pression par l'utilisation d'un solvant organique et ceci jusqu'à l'obtention d'une teneur résiduelle en huile <1%.



NB : En générale, l'huile obtenue par pression qui a subi une clarification doit subir un raffinage sauf pour l'huile d'olive (consommé à l'état brute).

3.2. Extraction par solvant : Le but de cette extraction, c'est de compléter l'extraction par pression, càd de récupérer l'huile qui reste dans les écailles.

3.2.1. Choix du solvant : Le choix est basé sur les qualités du solvant, on définit des critères de choix :

- Coût : Il faut qu'il soit le moins cher possible (utilisation en m³) ;
- Doit être doué d'une inertie chimique totale :
 - Ne doit pas se décomposer ou se polymériser, doit être stable, au cours de son utilisation (surtout en présence de chaleur).
 - Ne doit pas attaquer les métaux ;
 - Ne doit pas réagir avec les composants de l'huile ou des écailles (tourteaux)
- Il doit avoir un bon pouvoir solvant (solubiliser au maximum l'huile) ;
Il doit avoir une sélectivité suffisante (dissoudre uniquement la MG).
- Il doit avoir un bon pouvoir mouillant et pénétrant ;
- Doit avoir une élimination facile de l'huile et des tourteaux (récupération aisée) (le point d'ébullition le plus bas possible)
- Doit être ininflammable et non explosif ;
- Doit être organoleptiquement neutre.

3.2.2. Exemple de solvant

✓ L'Hexane commerciale : C'est le moins cher, il a un bon pouvoir sélectif, les inconvénients comme hydrocarbure c'est qu'il est inflammable et explosif au-delà de 2,5 à 5%. C'est le plus utilisé.

✓ Trichloroéthylène : $\text{ClCH}_2\text{CCl}_2$: il est ininflammable. Dissout les résines, les cires, les pigments, il n'est pas stable, il peut dégager de l'HCl en présence de chaleur. Corrosif et toxique puisqu'il est à base de chlore. Pouvoir solvant faible.

✓ Sulfure de carbone CS_2 : Sa vapeur dans l'air donne un mélange explosif. Avantage il dissout les pigments, peu utilisé.

✓ Alcool éthylique et isopropanol : un pouvoir solvant faible (à basse température).

✓ Gaz rares : Fréon 113. Il est comparable au TCT (trichlorotrifluoroéthane) mais moins toxique, même sélectivité que l'hexane.

Généralement on utilise l'hexane.

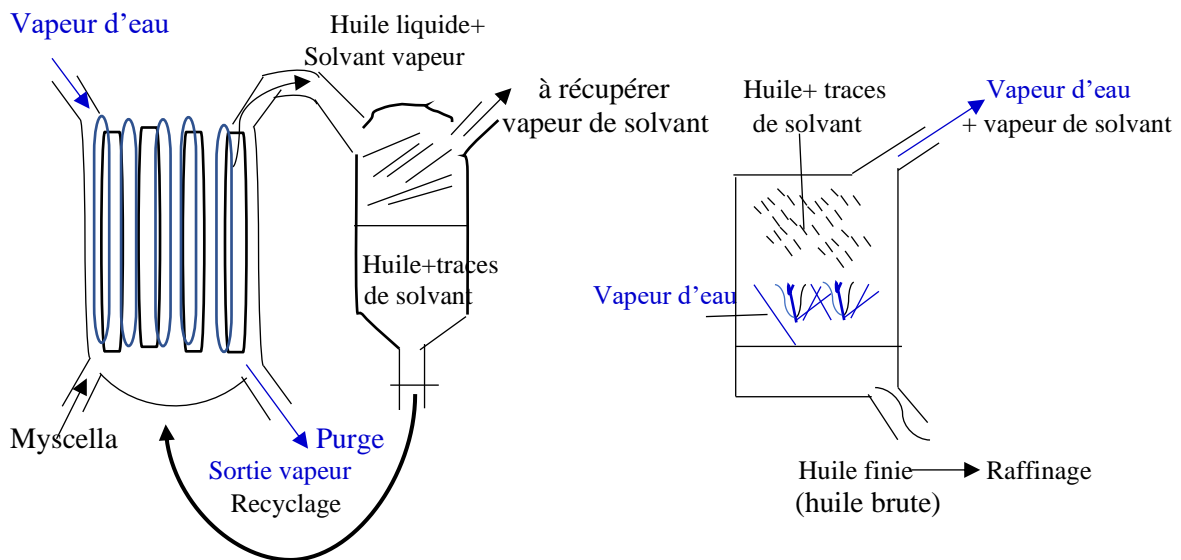
3.3. Récupération de l'huile : Il s'agit de récupérer l'huile qui se trouve dans le solvant. La récupération. La récupération se fait en deux étapes : Etape de concentration qu'on appelle aussi **évaporation** et la 2^{ème} est la distillation appelée **finition**.

3.3.1. Concentration (évaporation) : Elle repose sur le chauffage du miscella à une température légèrement supérieure à la température d'évaporation du solvant basée sur la différence des deux points d'évaporation du solvant et de l'huile. La température d'évaporation ne dépasse pas généralement 80% pour les solvants. Le miscella est envoyé dans des tubes et en contre courant il y'a de la vapeur d'eau à l'intérieur des tubes qui circule. On dispose d'une purge de vapeur d'eau. L'huile est récupérée sous forme liquide+ solvant sous forme de vapeur dans une ampoule à décanter. La vapeur de solvant est évaporée avec des traces d'eau et l'huile+ traces de solvant est récupéré si la 1^{ère} opération est mal effectuée.

3.3.2. Finition (distillation) : L'huile de la concentration passe dans une colonne de distillation parcourue en sens inverse par un flux de vapeur qui va entraîner le reste de la vapeur et du solvant. L'huile récupérée est dite huile brute qui peut être consommée en l'état ce qui est rare sauf pour l'huile d'olive, et elle passe au raffinage en fin d'opération.

3.4. Récupération des tourteaux : Diagramme

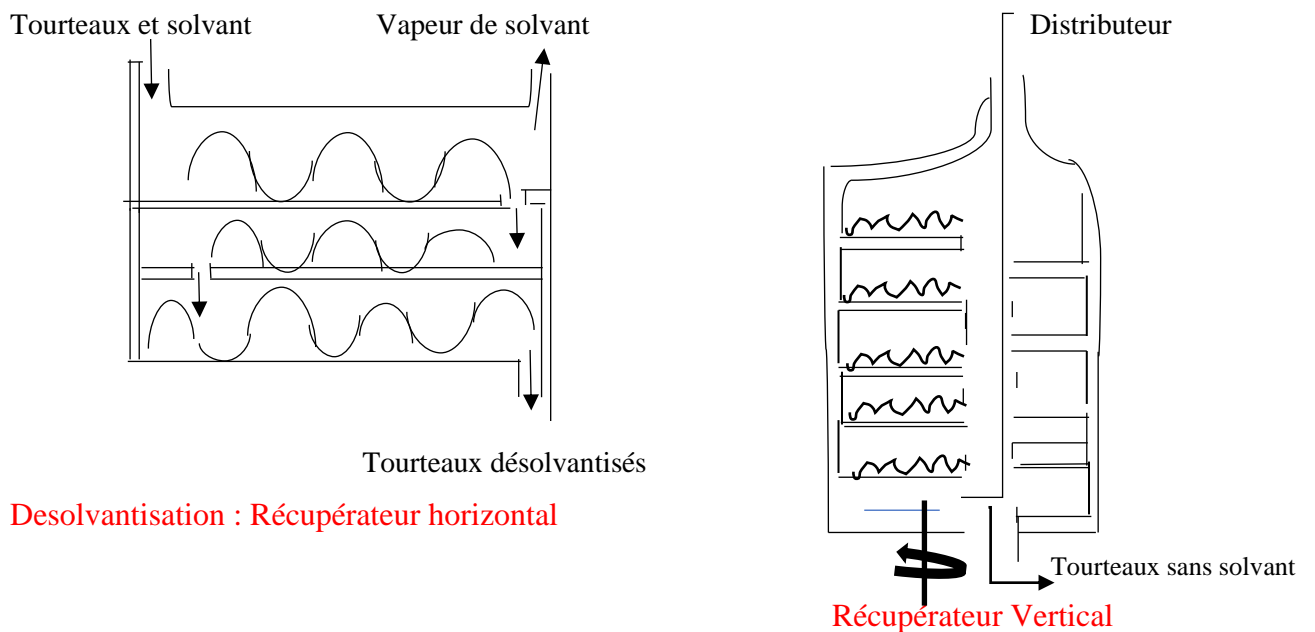
La récupération des tourteaux repose sur leur chauffage à la température d'évaporation du solvant. On fait circuler les tourteaux dans une série de tubes reliés entre eux et à l'intérieur de chaque tube on a une vis sans fin. Le chauffage se fait soit par la circulation de la vapeur entre les parois, soit par injection de la vapeur dans le produit. L'élévation de température va entraîner l'évaporation du solvant, comme on peut utiliser des appareils de type chauffeoirs verticaux.



CAS particuliers : Traitement des fruits oléagineux : Palme, Olive :

Les principaux fruits oléagineux que l'on traite couramment sont : Palme et Olive.

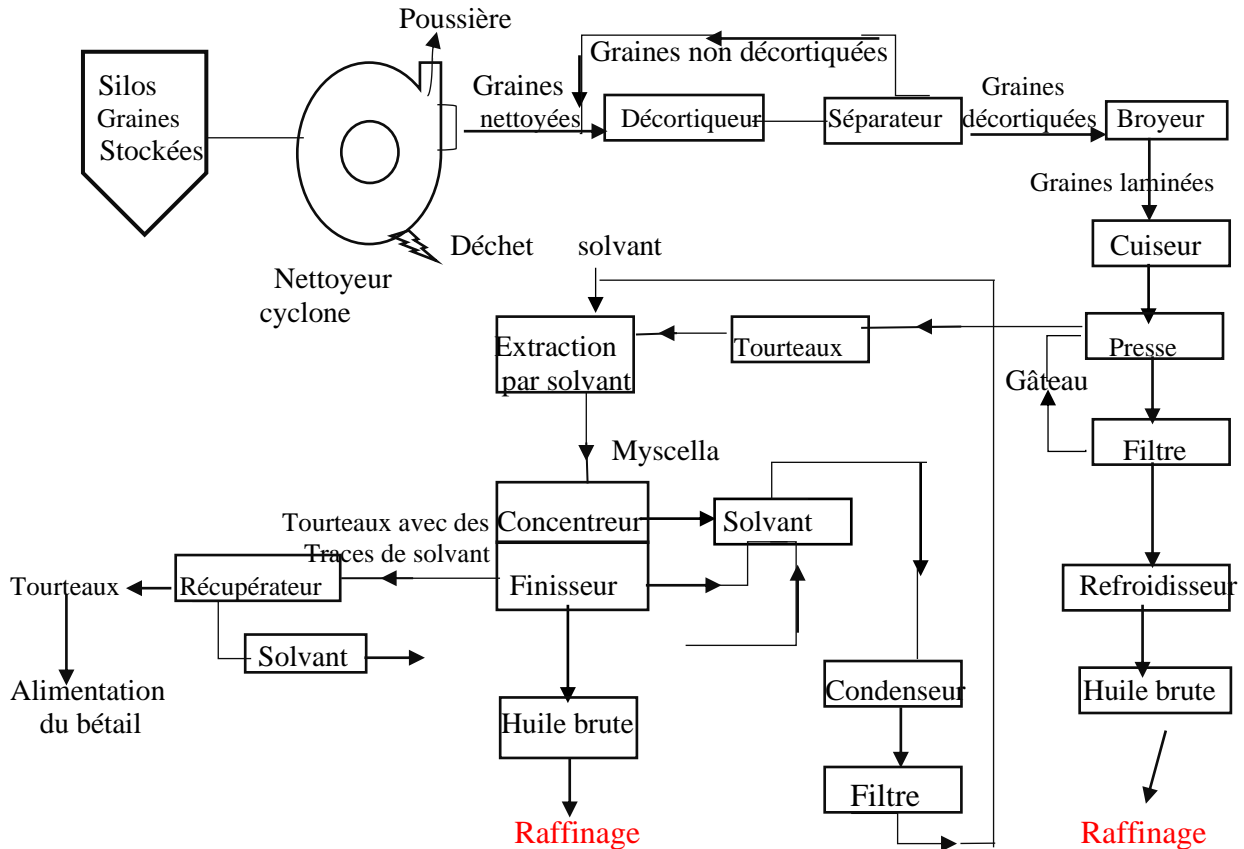
3.4.1. Extraction de l'huile de Palme : La conservation du fruit de fruit de Palme est très difficile. Fruit très riche en sucre, protéines, donc il est susceptible d'être attaqué par les microorganismes, d'où l'on doit stériliser ces fruits par autoclavage à la vapeur à 100°C pendant 30 min. Cette stérilisation va nous permettre de conserver ces fruits pendant seulement 12 heures. Puis les fruits passent sur un égrappeur pour séparer les fruits ou régions des Raffles. La 3^{ème} étape c'est l'extraction.



Desolventisation : Récupérateur horizontal

Récupérateur Vertical

Diagramme type pour la production d'huile à partir d'une graine oléagineuse

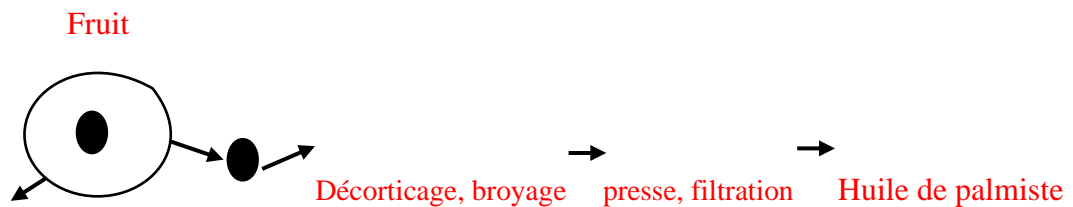


2 cas sont possibles ; 1^{er} si la coque des noyaux est épaisse, l'extraction est faite par une presse continue ou par une presse hydraulique et on obtient d'une part une émulsion d'huile dans l'eau et d'autre part une « natte » constituée par des fibres et des débris cellulosiques où on retrouve les noyaux.

2^{ème} étape : On sépare les noyaux de la « natte », et on les décortique. Si la coque des noyaux est mince ou fragile donc elle risque de se briser et comme on veut séparer l'huile de palme d'huile de palmiste on fait une extraction par centrifugation.

❖ Il existe un autre procédé d'extraction « WELGHE ». Il consiste à extraire l'huile de palme par dilacération (déchirer) de la pulpe et entrainement de l'huile de Palme par lavage à l'eau chaude, les fruits sont introduits dans un malaxeur réchauffeur où ils sont chauffés par la vapeur d'eau à 100°C. La pulpe se déchire et l'huile s'échappe, ensuite on ajoute de l'eau chaude, qui lave la fibre résiduelle « natte », on obtient d'une part une émulsion d'huile dans l'eau et d'autre part on a les noyaux à partir desquels on va extraire l'huile de Palmiste.

Remarque : On traite les noyaux pour l'extraction de l'huile de palmiste de la même façon que les autres graines.



Extraction de l'huile de palme

2^{ème} cas : Même chose, la quantité de l'huile obtenue, elle dépend de la qualité de la matière première. Il est nécessaire de les stocker très peu de temps. Quelquefois, il faut éviter de les choquer ou les blesser. Le schéma général de la production d'huile d'olive est le suivant :

Récolte → triage parage lavage broyage → Malaxage → Extraction-presse → Filtration → Extraction par les solvants

- ❖ **Lavage** : consiste à enlever les particules de boues et les autres impuretés.
- ❖ **Broyage** : Il existe plusieurs types de broyeurs :

1^{er} Broyeur à marteau : la vitesse de rotation est très grande, ce qui va entraîner une émulsification (inconvenient), un échauffement de la pâte, libération des traces de métaux dans les huiles ou les tourteaux.

Les Concasseurs : Ce sont des rouleaux à parois cannelées ou dentées. La vitesse de rotation est faible donc pas d'émulsification. L'inconvenient c'est la division des graines qui est insuffisante mais les concasseurs sont préférables aux broyeurs à marteau. Les rouleaux qui tournent dans un cylindre, vitesse lente, pas d'émulsion et assurent le pétrissage de la pâte (c'est le meilleur appareil), on fait rarement le dénoyautage.

- ❖ **Malaxage** : On utilise des malaxeurs chauffants : homogénéisation de la pâte et le conditionnement thermique.

- ❖ **Extraction** : Faite soit par des presses hydrauliques ou paressoreuse. Presse continue à la fin de l'extraction on obtient d'une part l'huile vierge de 1^{ère} pression qui contient beaucoup d'eau (eau ajoutée, ou eau du fruit), donc elle doit subir une centrifugation séparant ainsi l'huile d'une émulsion d'une huile dans l'eau, qu'on appelle « **Margine** » qui peut être recyclée. On obtient l'huile de 2^{ème} pression, d'autre part on obtient des tourteaux qui vont être traitées par l'eau ou par le solvant.

L'huile de 1^{ère} pression est consommée à l'état brute par contre l'huile de 2^{ème} pression et l'huile de grignon doivent être raffinées.

Chapitre 4. Raffinage des Huiles

L'huile obtenue contient des composés indésirables qui peuvent avoir des actions néfastes sur la qualité et la conservation de l'huile, donc on doit les éliminer par une série de traitements : **Raffinage**.

FILTRATION : Pour éliminer les pieds ; particules solubles qui passent dans l'huile lors de l'extraction.

1. **Démucilagination** : Consiste à l'élimination des mucilages constituées par les phosphatides ou gommés.

2. **Neutralisation ou désacidification** : Elimination des acides gras libres.

3. **Décoloration** : Elimination de certains pigments.

4. **Désodorisation** : Elimination des odeurs, donc des matières odorantes (alcool, cétone, aldéhydes, AG à courtes chaînes et à faible PM).

5. **Lavage** : Elimination des hydrolysats (sels).

6. **Séchage** : Eliminer les traces d'eau.

Après ces étapes on obtient l'huile raffinée.

Dans certains cas, on fait appel à des opérations annexes qui modifient les propriétés physicochimiques de l'huile raffinée (Hydrogénation ; Margarinisation).

1. Filtration

L'objectif de ce procédé est l'élimination des impuretés (pieds) que peut contenir l'huile brute obtenue par pression. La filtration est réalisée soit par passage sous pression sur des filtres, soit par centrifugation. La filtration est une opération préliminaire.

2. Démucilagination

Les huiles végétales contiennent une faible quantité de produits dont l'ensemble est appelé Mucilages $\approx 1\%$. La constitution des mucilages est complexe, elle comprend surtout les phosphatides, phospholipides et en particulier les lécithines (récupérables) surtout dans le cas du soja. Ces mucilages sont éliminés les premiers car ils ont une action néfaste sur le raffinage et en particulier sur la décoloration.

La quantité des mucilages et leur composition varie d'une variété d'huile à une autre. Les mucilages résiduels se déposent dans les réservoirs de stockage, si les mucilages se précipitent emprisonnant l'huile, on récupère les mucilages et on les essore pour récupérer l'huile.

2.1. Principe : Il consiste à faire précipiter les mucilages (phospholipides) puis à les éliminer par centrifugation. La précipitation s'obtient par hydratation des phospholipides hydratables en contact de l'eau qui est attirée par les phospholipides en formant des ponts polaires et gonflent.

Les phospholipides non hydratables sont des sels de Calcium et de Magnésium des acides phosphatidiques, qui sont peu polaire et peu hydrophiles.

Par la précipitation des mucilages non hydratables est obtenue par l'addition d'un acide minéral fort ou d'une base forte (H_2SO_4 , NaOH). Ces substances ont des actions physiques et chimiques.

2.2. Etapes de déémucilagination :

-Il faut créer des interfaces entre l'huile et l'eau ;

-Il faut un temps de contact, entre les deux interfaces, suffisant pour que les molécules formées aient les temps de s'adsorber par la phase aqueuse, puis séparer par centrifugation à une vitesse de 5000tr/mn, T° entre 60 et 80°C.

2.3. Facteurs influençant la déémucilagination :

✓ **Quantité et qualité des mucilages** : C'est-à-dire hydratable ou non hydratable. Ex : On a une huile qui a un mucilage hydratable, on utilise l'eau pour les fruits : Olive, Palme.

Pour une huile qui contient un mucilage hydratable et non hydratable on ajoute de l'eau et de l'acide ou de la base, ex : Tournesol : H_2SO_4 seulement en solution donc il y'a les 2 phénomènes.

Cas particulier, le soja ; contient beaucoup plus de lécithine et de mucilage : Déémucilagination par l'eau, on obtient des mucilages hydratables+ lécithine qu'on récupère, on complète par un acide.

✓ **Température** : Pour chaque huile, il existe une température optimale de déémucilagination. Elle est généralement comprise entre 60 et 80°C. A une température < 80°C on aura une déémucilagination incomplète, due à la viscosité des l'huile, au-delà de 80°C on aura décomposition des mucilages.

✓ **Agitation** : La forme d'agitation et la force d'agitation. A forte agitation, il faut réduire le temps de contact, pour contre à faible agitation il faut un temps plus long.

✓ **Agent déémucilaginant** : La quantité d'agent est fonction de la quantité des mucilages et de leur qualité, du rendement aussi en huile. Le choix est en fonction de l'utilisation des mucilages ; si on veut les récupérer, on utilise l'eau, sinon de l'acide. On utilise \approx 2 à 10% d'agent par rapport à la quantité d'huile. L'acide phosphorique est utilisé en solution de 0,1 à 0,3% dans l'eau et ajouté à l'huile à raison de 2 à 8%.

Si la déémucilagination est incomplète, au cours de la décoloration on aura le phénomène inverse qui est une coloration ou mauvaise décoloration, c'est surtout la température qui intervient. Ces mucilages peuvent se décomposer. On aura des troubles sur le stockage au cours de la conservation. Si on a utilisé un excès de déémucilaginant ça veut dire qu'on aura des pertes en huile.

3. Neutralisation ou désacidification

Elimination des acides gras libres (AGL) responsables de l'acidité de l'huile et qui peuvent être responsable de l'oxydabilité de l'huile. Sans toucher aux AG combinés à l'huile neutre.

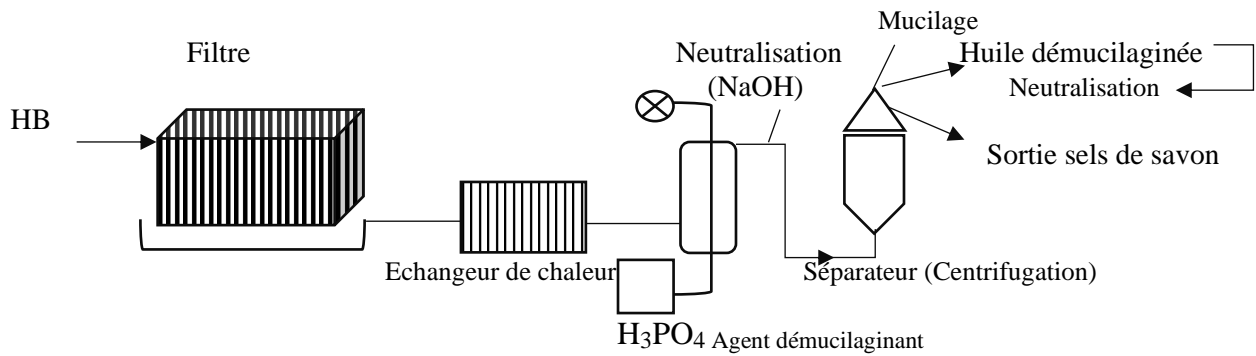
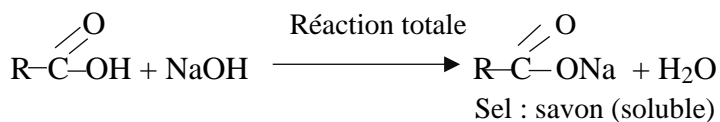


Diagramme de Démucilagination d'une huile brute

Il existe plusieurs méthodes de neutralisation : la 1^{ère} consiste à ajouter un agent neutralisant (réaction classique acide + base). La 2^{ème} consiste en la distillation ou sur la solubilisation. Evaporation d'AG si on utilise un solvant organique.

Procédé de Neutralisation : le neutralisant le plus utilisé est la soude caustique ou la potasse (NaOH, KOH) dont la concentration dépend de l'acidité initiale de l'huile.



Le principe consiste à utiliser la NaOH qui neutralise l'AGL en le transformant en un sel dit savon qui est soluble. On obtient après mélange et séparation une pâte ou phase pâteuse qu'on appelle pâte de neutralisation ou soap stocks. Les paramètres de neutralisation sont :

- La Température peut varier de 80-100°C ;
- La vitesse d'agitation est de l'ordre de 3000tr/mn ;
- Le temps de contact doit être très court de quelques secondes sinon on touche les AG combinés.
- L'acidité de l'huile neutre (résiduel) doit être inférieure ou égale à 0,05% ($\leq 0,05\%$).

✓ Si on utilise un excès de soude on va toucher les AG combinés et on aura une réaction de saponification, on va toucher l'huile et ce qui va entraîner une perte en huile, une pâte solide ce qui va emprisonner l'huile et c'est la 2^{ème} perte en huile.

✓ Si on utilise peu de soude ça veut dire qu'on ne va pas neutraliser la totalité des AGL et l'huile reste acide et elle peut être oxydée au cours du stockage, formation de goût de rance.

C'est pourquoi on doit calculer la quantité exacte théorique de soude à utiliser. La quantité de soude théorique nécessaire est donnée par la formule suivante :

$$\begin{array}{ll}
 P = \frac{Q.d. A.1000}{M.N.100} & P : \text{débit, quantité théorique nécessaire de la soude } \mathbf{L/h} \\
 & Q : \text{Quantité ou débit d'huile à neutraliser en } \mathbf{L/h}
 \end{array}$$

d :Densité ou poids spécifique de l'huile à neutraliser

A : Acidité de l'huile brute **A/100 %**

M : Poids moléculaire des AG en **g**

N : Normalité de NaOH **éqg/L**

1000 et 100 sont des coefficients

Ex : d= 0,92 pour le tournesol

M= 292 g pour le tournesol

Pour la densité il faut travailler avec la température de neutralisation et non avec la température ambiante.

$$P = \frac{Q \cdot d \cdot A}{M \cdot N} \cdot 10$$

M.N

En pratique : la quantité pratique est égale à la quantité théorique plus 5 à 10%.

$$P_{pr} = P_{th} + 5 \text{ à } 10\%$$

3.1. Choix de la concentration de l'agent neutralisant :

La concentration de la soude dépend de plusieurs facteurs :

- ❖ La nature des pâtes de neutralisation : quand la concentration ou la normalité est élevée on aura un entrainement de l'huile neutre par les pâtes de neutralisation parce que la viscosité et la dureté des pâtes augmentent. Par contre si on utilise des concentrations très faibles, on peut avoir le phénomène d'émulsification.
- ❖ Si on utilise une concentration élevée il y aura risque de saponification.
- ❖ En général, on utilise une concentration de 20° Bé (ou 0,1 → 1N), ce qui dépend avec la quantité d'AGL.

Deux conséquences : si on utilise de mauvaises concentrations de l'agent neutralisant :

1. Perte en huile soit par emprisonnement, soit par saponification ;

2. soit il reste une acidité élevée, oxydation de l'huile → gout de rance.

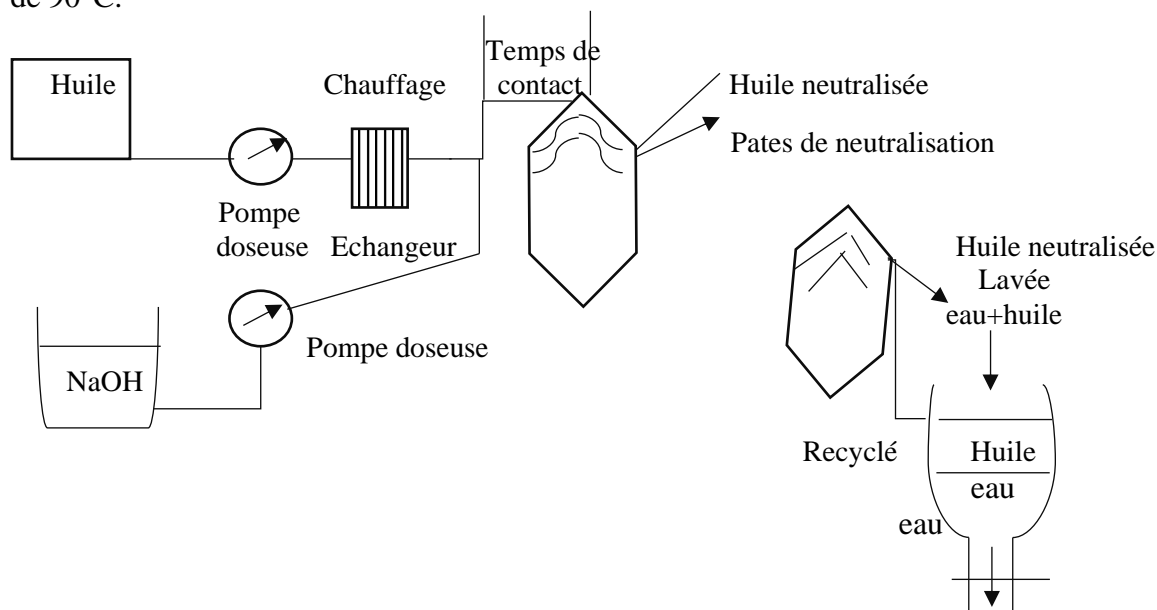
Remarque : Dans certains cas, on fait une 2^{ème} neutralisation : Re neutralisation. Le but est d'améliorer la qualité par élimination des restes d'AGL. On utilise une concentration généralement de 12° Bé. Une fois la neutralisation faite on la complète par un lavage.

3.2. Lavage

Le but est d'éliminer les traces de savons ou des substances alcalines. On peut éliminer aussi les traces métalliques, les mucilages (phospholipides).

Le lavage s'effectue avec de l'eau chaude décalcifiée, se fait par mélange de l'huile et de l'eau dans les centrifugeuses. L'eau va solubiliser les savons et le lavage est plus efficace lorsqu'il est réalisé en 2 stades : 1er lavage et 2ème lavage. La quantité d'eau. Les eaux de lavage peuvent entrainer avec

elles entrainer avec elles des quantités plus ou moins importante d'huile, c'est pourquoi qu'on doit faire passer l'eau dans un décanteur afin de récupérer l'huile, la température de lavage est de l'ordre de 90°C.



Pour le 1^{er} lavage : le pourcentage d'eau est de l'ordre de 10 à 15 % à 90°C.

Pour le 2^{ème} lavage : le pourcentage d'eau est de 4 à 7%.

Temps de contact : 15-20s → 30 s. la température entre 80-100°C ; Vitesse de rotation : 3000tr/mn.

3.3. Séchage

L'huile lavée contient jusqu'à 0,5% d'eau (oxydation, stabilité) qu'il faut éliminer. On aura colmatage des filtres lors de la filtration. On envoie l'huile en la pulvérisant dans une tour de séchage à 80 ; 95°C-100°C sous vide. L'huile est envoyée dans la tour sous pression, le vide dans la tour est de 40 à 60 mm Hg. On doit récupérer une huile dont l'humidité ne doit pas dépasser 0,05%.

4. Décoloration

La couleur des huiles est due à la présence de pigments colorés principalement : les carotènes qui sont responsables de la couleur jaune et rouge. Et les chlorophylles responsables de la couleur verte. Afin de satisfaire le consommateur, on est obligé d'éliminer l'excès de pigments pour donner à l'huile une couleur propre.

Ex. huile de Colza : elle est verte noire → verte claire ;

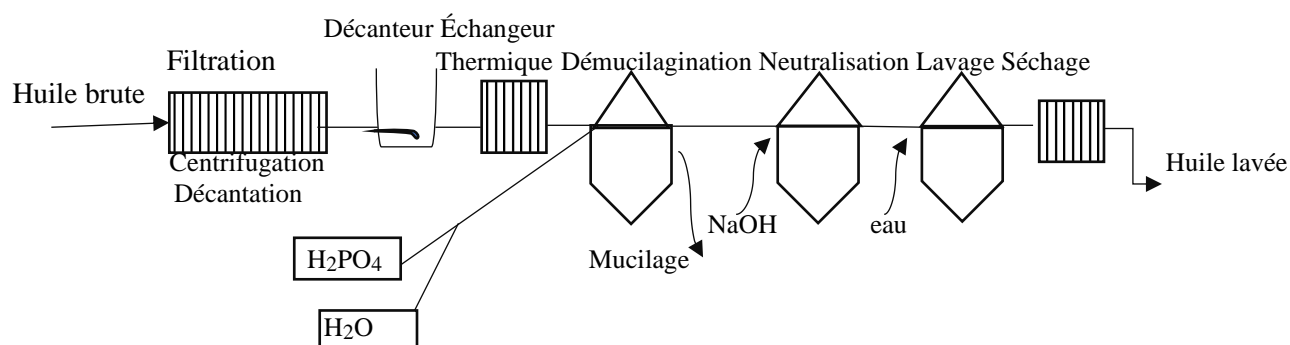
Tournesol tend vers le rouge → huile de couleur jaune.

La décoloration : son principe consiste à faire adsorber ces pigments par des agents d'adsorption qu'on appelle agents de décolorations.

4.1. Agents décolorants

✓ **a-Terres naturelles** : elles appartiennent à la famille des sépiolites, ce sont des silicates d'alumine hydratés, elles ont un pouvoir adsorbant faible. Elles ne sont pas activables c'est pour ça

qu'elles sont dites naturelles. Car les agents d'activation se rendent solubles elles sont uniquement broyées et séchées. Elles sont utilisées uniquement pour les huiles faiblement colorées.



✓ **b-Terres activées** : ont un bon pouvoir adsorbant 95-100% (décoloration de 95-100% des pigments), acidité est de 0,6 %, densité : 0,5 g/cm³, humidité : 8%. Ces terres sont riches en sels minéraux : oxyde de silicium, d'aluminium, de Mg, Na, Ca.

Les Terres utilisées pour la décoloration en Algérie.

Composition chimique des terres activées de Maghnia :

SiO₂: 69,69 / Al₂O₃: 14,67 / FeO₃: 1,16 / MgO:1,07 / CaO: 0,30

Elles sont le résultat d'une attaque acide d'un matériau argileux : « Bentonite ». Pour activer ces terres brutes, on les sèche ou non en fonction de leur Humidité, puis elles sont mélangées avec une solution d'acide minéral (HCl ou H₂SO₄) puis le mélange est chauffé à 100°C pendant 4 à 10h. Puis on lave les terres pour éliminer l'excès d'acide, on les filtre par pression ou par décantation, puis on les sèche, on les broie pour obtenir une granulation définie, on obtient une terre à la fin qui a un pH de 3,5-5, et une surface spécifique de 250 à 300m²/g. Et le pouvoir adsorbant décolorant est en général très supérieur à celui des terres naturelles.

✓ **c-Charbon actif** : Il renferme 95-98% de carbone, sa surface spécifique varie de 600 à 1000 m²/g. Il a une structure capillaire ou sous forme sphérique de billes perforées. Pour l'activer, il faut l'imprégner avec un certain pourcentage d'agent décolorant à une température de 90-95°C pendant un temps variable de 1h à 1h30'. Il existe un temps seuil au-delà duquel il y'a le phénomène inverse, celui de la recoloration. Après ce temps on fait une filtration par passage sous pression sur les filtres presses. La terre va se déposer sur les filtres et l'huile s'égoutte.

4.2. Conditions de décoloration

✓ **Pourcentage de terre décolorante** : Plus le pourcentage de terre est élevé, plus la couleur obtenue est claire, sauf il peut y avoir possibilité de saturation de la terre ou du charbon actif. Donc il faut chercher le % de terre ou de charbon actif qui peut varier de 2 à 5%.

✓ **Temps de contact** : Il est variable, dépend de la quantité de pigments à éliminer de l'agent décolorant utilisé, de son activation, de son pouvoir adsorbant, et du temps seuil.

✓ **Le vide** : c'est pour éviter l'oxydation. Si on travaille dans les conditions normales dans les terres, il y'a de l'O₂, mais devenir disponible oxydant sus l'action de la température.

- L'agitation : choisir le mode d'agitation, il faut qu'elle soit lente pour obtenir une bonne homogénéisation du mélange. D'autres facteurs qui peuvent intervenir c'est la présence d'eau qui va diminuer le pouvoir adsorbant. La terre va se saturer d'eau au lieu des pigments.

- Les savons : qui passent et sont adsorbés à la place des pigments.

- La décoloration est suivie parla filtration dans le but de séparer les terres de l'huile.

5. Désodorisation

Le but c'est d'éliminer toutes les substances volatiles responsables d'une odeur indésirable qui peuvent modifier le gout spécifique et propre à l'huile. Parmi ces substances on a : les substances volatiles, AG, alcool, acétone, aldéhyde à faible PM. Un 2^{ème} groupe des AG Libres qui échappés à la neutralisation ou qui ont échappés lors du raffinage, on a aussi des produits oxydés à partir des AG. On a aussi le gout de terre ou d'agent adsorbants, le gout de chaudron dû à la présence de traces métalliques.

- Principe : est basé sur l'évaporation à la température de 180 à 220 °C, sous vide et à une pression inférieure à 5 mm Hg (pression d'injection). On utilise une injection d'huile dans une tour de désodorisation et l'huile va passer par différentes étapes.

- L'huile entre à la tour à la Température de 90-95°C ;

- Elle est chauffée par l'huile désodorisée sortante et ensuite par de l'huile minérale par échange thermique indirect à 150°C. Un 3^{ème} chauffage où ;

- L'huile va barboter dans la vapeur ou bien par un échange thermique indirect avec de la vapeur d'eau qui circule dans les serpentins et va atteindre une température de 220°C (240°C). On peut aussi avoir un barbotage et des serpentins contenant de l'huile minérale, puis elle descend et va se refroidie en chauffant l'huile qui rentre.

- Refroidissement :

Refroidissement par l'huile qui rentre, puis un 2^{ème} refroidissement dans un compartiment ou circule de l'eau froide.

Elle sort de la tour pour passer dans un échangeur refroidisseur où circule de l'eau salée ou de l'eau de mer puis elle est filtrée. Tout cela dans le but de récupérer la chaleur (énergie).

Les AG sont récupérés pour l'industrie chimique ou pharmaceutique (ceux qui sortent de la tour par évaporation).

Chapitre 5. MARGARINE

1. Définition des caractères fondamentaux de la margarine

La margarine est un corps gras alimentaire sous forme d'émulsion d'eau et/ou lait dans la matière grasse (phase grasse). C'est une émulsion plastique qui présente des caractères physiques, chimiques, organoleptiques, bactériologiques et nutritionnels propres. On distingue plusieurs groupes de margarines, on a :

- Les margarines de table destinées aux emplois ménagères
- Les margarines pour l'industrie alimentaire utilisées en boulangerie, pâtisserie, crémeries, ...
- Les margarines diététiques ou spéciales ou margarines sur mesure (margarine pour les sportifs, pour un régime amaigrissant pour les obèses, pour les enfants, les vieillards, pour les catégories de malades, etc., ...)

Toutes les margarines ont une composition totale de 84% au moins de phase grasse, 16% phase aqueuse ; lait +eau+ adjuvant soit obligatoires, soit facultatifs.

1.1. Caractères fondamentaux

❖ **Caractères physiques** : Ils sont liés à l'état plastique et à son état d'émulsion, dire que la margarine est plastique c'est-à-dire qu'elle n'est ni solide, ni liquide puisqu'elle contient une phase grasse qui baigne dans une phase liquide, dire qu'elle est une émulsion c'est-à-dire qu'elle est constituée par deux phases dont l'une est répartie sous forme de gouttelette dans la 2^{ème}.

❖ **Caractères olfactogustatifs** : Elle doit être appétissante, agréable à goûter, parfumée et fraîche.

❖ **Caractères chimiques** : Ils sont assez variables, dépendent donc de la composition de la margarine selon le pays, les emplois et les époques de fabrication.

On doit déterminer ou donner la composition artisanale du produit, la composition ou la teneur en AG de la phase grasse et en particulier la teneur en Acides Gras Insaturés « AGI ».

Il faut donner aussi la teneur et la nature des différents éléments non glycéridiques de la phase grasse.

Ex : taux de stérols, les tocophérols et les vitamines (insaponifiables, vitamine, tocophérol). Enfin les indices du degré de fraîcheur (acidité, indice de peroxyde, coefficient d'absorption spécifique dans l'UV (état d'oxydation)).

❖ **Caractères bactériologiques** : Les études ont montré qu'on peut retrouver des moisissures tel que *Aspergillus*, les levures tel que *Candida lipolytica*, *Saccharomyces* et des bactéries. Les normes pour ; -les germes aérobies -1000 germes/g

- Coliformes maximum 10 germes/g - E. coli : 1germe/g

- Levures maximum 200germes/g - Moisissures : 2 germes/g

- Pseudomonas moins de 1 germe/g (Psychrotrophe qui secrète les enzymes lipolytiques et protéolytiques).

❖ **Caractères Nutritionnels** : La margarine est un élément énergétique 7500Cal/1000g, on retrouve aussi les AGI en particulier Acide Linoléique et vitamines.

Coefficient d'utilisation digestive : 97-99%.

2. Production

2.1. Matière première :

❖ **Phase grasse** : La phase grasse peut être composée de :

✓ **Les huiles végétales liquides** : l'arachide, le colza, coton, soja, tournesol.

✓ **Les graisses végétales concrètes** : le coco, huile de palme, huile de palmiste, etc., ...

✓ **Les graisses animales** : les suifs, les saindoux, dans certains cas le beurre où il est obligatoirement ajouté dans certains pays.

✓ **Les huiles marines** : l'huile de baleine.

Ces corps gras sont utilisés tel quels ou hydrogénés. La présence d'une matière grasse solide est justifiée par la nécessité d'apporter à la margarine. La consistance voulue ou recherchée pour une formule de base donnée : à propriétés physiques déterminées on peut donc ajouter une faible quantité de graisse fortement hydrogénée, soit une forte quantité de graisse légèrement hydrogénée.

❖ **Phase aqueuse** : Cette phase comprend de l'eau pure et ou du lait. Le lait est écrémé, pasteurisé puisensemencé par des ferments lactiques, c'est une culture sélectionnée de Streptococcus qui développe un arôme agréable.

❖ **Adjuvants** : ces composés ont pour but soit pour faciliter la fabrication, soit à donner à la margarine des caractéristiques organoleptiques conforme au goût du consommateur, leur emploi est réglementé.

✓ **Sucre et sel** : Ils sont utilisés pour donner à la margarine son goût, il intervient dans le profil de la saveur. Le sucre donne une couleur dorée très appréciée. Les quantités employées pour le sucre 0,2 à 0,3%, pour le sel 0,2 à 2%. Leur incorporation ne pose pas de problème sur le plan légal.

✓ **Emulsifiants** : leur rôle est d'assurer une bonne dispersion de la phase aqueuse dans la phase grasse et de stabiliser l'émulsion par la réduction de la tension interfaciale. Ex : Lécithines, extraite du soja, jaune d'œuf ; produits non naturels ; les monoglycérides et des glycérides qui résultent de la lipolyse totale ; autorisés de 2% en poids (législation Française). En Algérie on utilise la lécithine.

✓ **Colorants** : généralement les substances synthétiques ou naturelles sont introduites. La couleur de la margarine est apportée par l'addition d'huile fortement colorée. Ex : l'huile de palme riche en β -

carotène. Aromates est un extrait de la graine de rocouyer, rocou, actuellement on utilise surtout le β -carotène. C'est un **excellent colorant naturel** qui donne aux plats une jolie teinte orangée, allant du jaune pâle jusqu'au rouge.

- ✓ Aromatisants : ils sont interdits, à l'exception des diacetyles obtenus par fermentation ou par synthèse. Utilisé à 0,1mg/100g du produit.
- ✓ Antioxydants : Tocoph2rol naturels ou synthétiques. Les galettes de propyl, octyls, diacetyls, hydrocarbures insaturés utilisés à raison de 100ppm.
- ✓ Révélateurs : Il ne s'agit pas d'adjuvant, mais d'une substance dont l'utilisation est imposée par la loi. Il s'agit soit d'amidon de riz, soit des féculs de pomme de terre utilisés à raison de 0,2% et dans certains cas on utilise l'huile de sésame (pour différencier le beurre de la margarine).

3. Préparation : Formulation de quelques variantes de margarine commercialisées en Algérie.

Margarine de Table 'Rika' : Elle comprend le tournesol, le coprah et le palme hydrogéné, composée de l'eau + huile+ émulsifiant Emulgator + sel + sucre + fécule de P de T+ acide ascorbique et acide citrique+ aromates+ diacétyl + glucose.

Margarine Pâtissière ROTBA : même composition que la précédente, même dans le % des différents ingrédients, mais plastique (beaucoup d'eau).

Margarine pour feuilletage SAMSA : phase grasse : colza, l'huile de palme et soja + les autres ingrédients.

Préparation proprement dite : Elle comprend les étapes suivantes :

- Le dosage des deux phases ; - le mélange et l'émulsion ; - la cristallisation ; - le mélange ; - maturation. Cette somme d'opération peut se faire en discontinu dans tous les cas il faut réaliser le dosage et les mélange des huiles entrant dans la phase grasse.

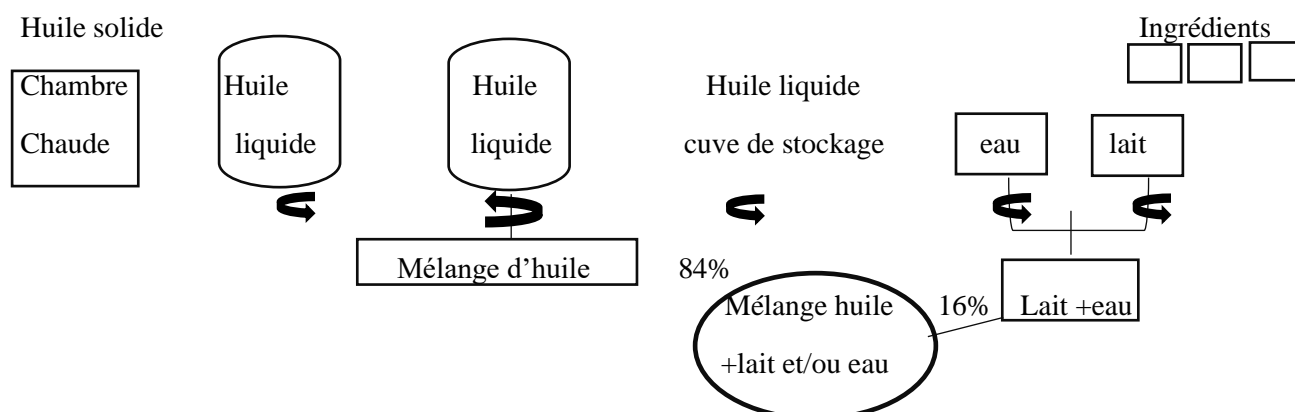
- Les MG solides sont liquéfiés dans la chambre chaude et maintenues liquides dans des cuves à double paroi dont la température est de 40°C. Les huiles sont pompées en quantité déterminée et envoyées vers un appareil où s'effectue le mélange, par ailleurs les adjuvants sont ajoutés à la phase aqueuse dans les proportions correspondantes à la formulation choisie.

Les procédés sont donc continus ou discontinus.

3.1. Procédés discontinus

3.1.1. Baratte -Tambour : Le mélange des deux phases est admis volumétriquement dans une baratte où grâce à une agitation provoquée par des jeux de pales tournant en sens inverse, on provoque l'émulsification. La finesse et la stabilité de l'émulsion sont des critères importants. Il faut obtenir une

dispersion convenable de l'eau sous forme de gouttelettes de quelques microns de diamètre pour donner au produit une bonne plasticité et une bonne conservation prolongée.



L'émulsion obtenue est envoyée sous forme d'un jet sur un tambour rotatif refroidisseur, sous l'effet du froid intense par la détente de l'ammoniac (-15°C), elle se fige et cristallise. Le tambour est formé par double enveloppe (paroi) et entre les 2, il y'a la circulation de l'ammoniac. Le tambour tourne à une vitesse de 60-70 tr/mn, reçoit le jet d'émulsion qui se répand sur la surface du tambour sous forme d'une mince pellicule d'une épaisseur de 0,1 mm \approx . Un couteau racleur détache la pellicule formée qui tombe dans une trémie. Le produit est laissé au repos pour subir la maturation. Puis le produit solide est envoyé dans une série de cylindres malaxeurs lamineurs pour lui donner les propriétés plastiques, l'homogénéité et la texture convenable.

Émulsification-cristallisation-Malaxage laminage.

Ex : 1. DIATAMBOUR de la firme GERSTEMBERG et AGGER

On peut avoir deux tambours. L'inconvénient majeur c'est le travail ouvert en contact avec l'air et possibilité de contamination. Ce type de procédé est utilisé pour les petites et moyennes industries.

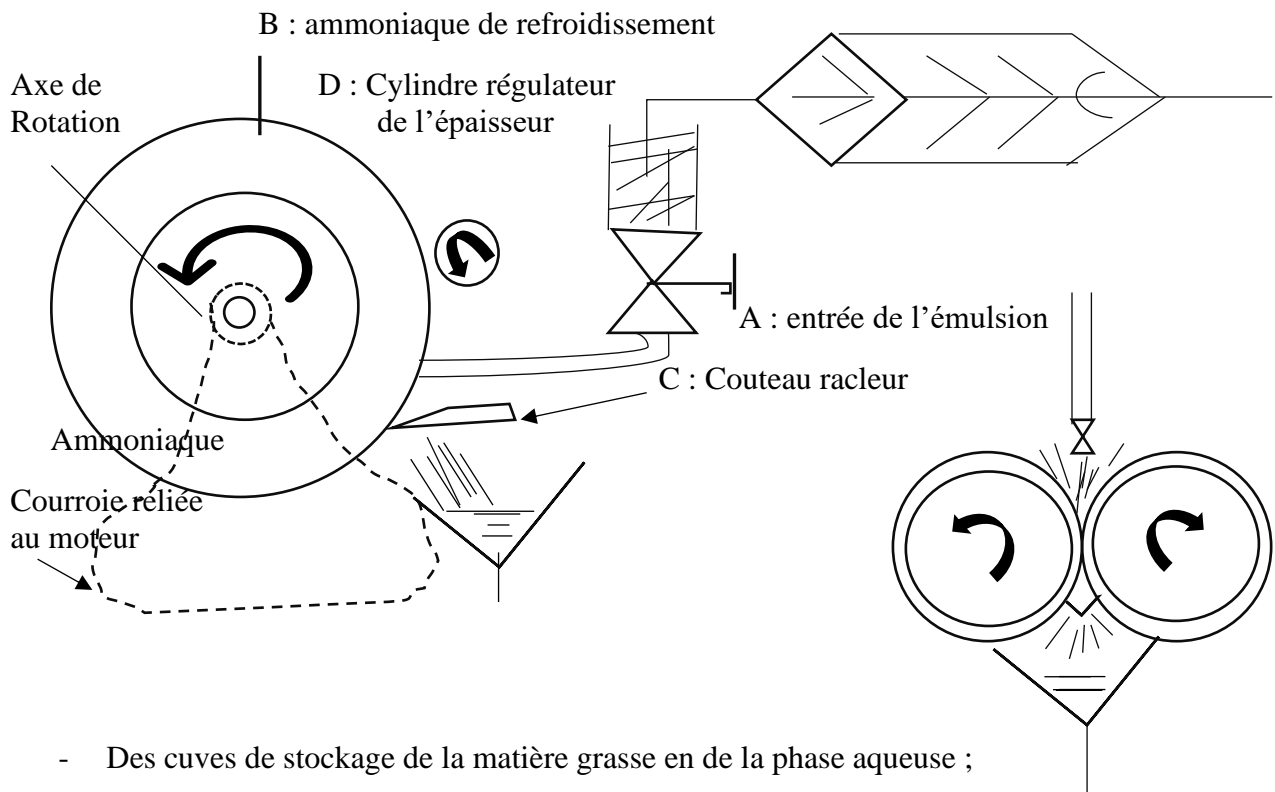
-Le problème est l'uniformité de l'émulsification

- Le produit est toujours en contact avec l'air donc possibilité de contamination.

3.2. Procédés continus

3.2.1. Procédé continu avec tube de refroidissement à lames raclées : C'est un procédé adapté pour des productions importantes, c'est un système clos. On utilise soit pour la margarine et crème glacées et tout produit qui est à base d'une émulsion.

Ex : VOTATOR : Système continu, clos, destiné pour les productions importantes. Le principe repose sur l'échange thermique dans un dispositif où le produit change d'état en continu. La chaîne comprend :



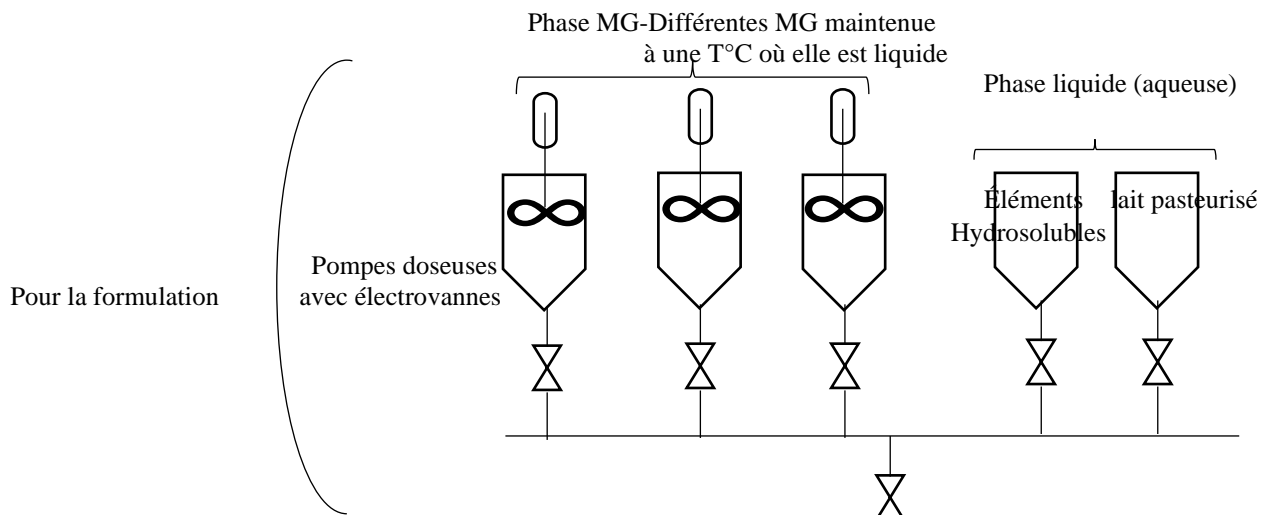
- Des cuves de stockage de la matière grasse et de la phase aqueuse ;
- Des pompes doseuses
- Des cuves de prémélanges
- Deux séries de cylindres qui sont le VOTATOR proprement dit.

Une fois le mélange obtenu (cuves de prémélange) la pompe doseuse (A) envoie le prémélange dans l'unité A à 38°C environ. Cette dernière composée de 2 ou 3 cylindres votator commence le refroidissement et la précristallisation de l'émulsion. Chaque cylindre se compose d'un tube qu'on appelle MUTATOR à l'intérieur duquel tourne un arbre portant des lames racleuses, autour du Mutator. Dans un autre tube concentrique circule le fluide réfrigérant. Le produit est immédiatement refroidi à 10°C environ. Au même temps, les lames racleuses le compriment et le déplacent ce qui va favoriser l'échange thermique (refroidissement).

La fin de la solidification ou la cristallisation, le malaxage et l'homogénéisation sont obtenus dans l'unité B.

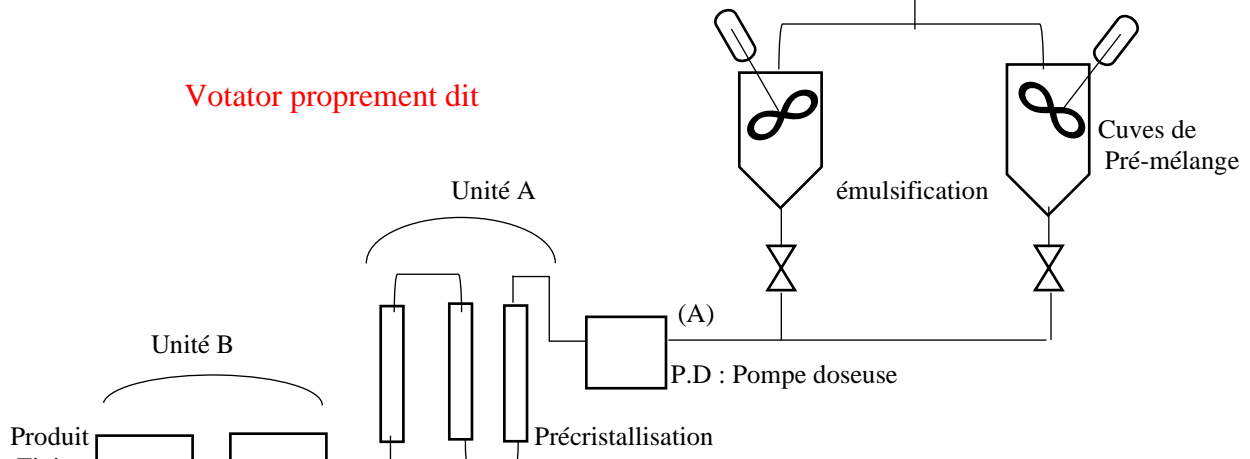
Avantages : -travail continu

-Étanche sans contact avec l'air donc pas de risque de contamination.



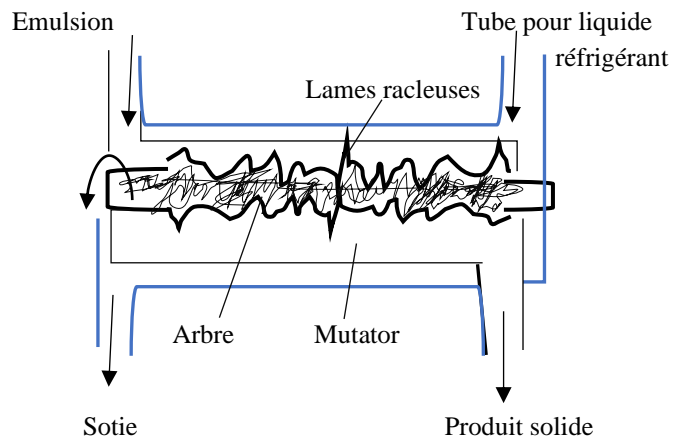
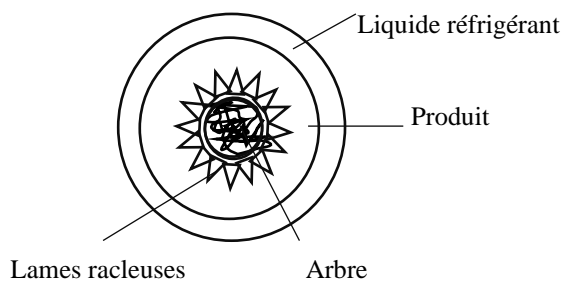
Cuve balance pour avoir la préparation de X Kg.

Votator proprement dit



- Cristallisation complète
- Malaxage -Homogénéisation

Ex : ASTRA de ALFALAVAL



Chapitre 7. INDUSTRIE DES CORPS GRAS ANIMAUX ET HUILES DE POISSONS

Chez les animaux, les CG sont présents dans les différents organes. Du point de vue biologique, les CG d'animaux se répartissent en 3 groupes :

1. Les graisses de réserves : ex : suif, lard, saindoux, ont une localisation précise.
2. Les matières grasses cellulaires, ex : intestins, foie, reins, etc., ...
3. Les matières grasses du lait des mammifères.

Du point de vue technologique on a le groupe des CG d'animaux terrestre et le groupe des Cg d'animaux marins.

1. Production des corps gras : On peut extraire les CG d'animaux, soit des mammifères, soit de la volaille.

1.1. Collecte : On sait que la qualité de la matière grasse dépend de la rapidité du traitement ou à défaut une bonne conservation. Il faut collecter les graisses dans les abattoirs, les laver avec de l'eau courante et froide, et leur assurer une immersion assez prolongée pour avoir un bon refroidissement et une bonne élimination des souillures, on élimine le vecteur essentiel qui est le sang. Les pièces asséchées sont mises dans des paniers aérées de forme plus large que haute (clayettes), afin d'éviter tout empilement et constitué d'un matériau inerte et facile à nettoyer. Les véhicules de transport doivent être d'une propreté rigoureuse au moins isotherme ou frigorifique.

1.2. Préparation des CG à la fonte : 2 étapes : 1. Triage et lavage ; 2. Broyage

Triage : C'est pour éliminer toute matière ou déchet adhérent avec un CG qui pourrait contaminer les graisses. On utilise un tapis roulant, sur le même tapis on arrose les CG par de l'eau froide et propre.

L'étape essentiel de la préparation est le broyage.

Broyage : Qui consiste à libérer les graisses de leurs cellules dans un temps et à un T° convenable pour ne pas altérer les matières des CG.

1.3. Procédés de Fonte (extraction) : Il existe plusieurs procédés.

a- Fonte à sec en cuve ouverte : Technique classique, c'est le plus ancien procédé. On met les MG dans une cuve et on chauffe à la T° de 115°C puis on sépare par passage sur un tamis métallique.

b- Fonte à sec en cuve fermé (cuiseur) : le cuiseur est une cuve cylindrique horizontale, munie d'une enveloppe chauffante et un agitateur axial équipé de palettes qui assurent l'agitation. Une fois l'opération terminée, le contenu est filtré pour récupérer les graisses (sous forme liquide).

c- Procédés de fonte humide

- Procédé HINKO
- ~ CHAYEN
- ~ ALFA LAVAL
- ~ TITAN

Dans ce cas le fluide chauffant (eau, vapeur) se trouve directement en contact avec la matière première.

HINKO : Après triage, les matières premières sont envoyées dans les bassins de lavage où elles sont arrosées par de l'eau froide pendant 12 heures, permet l'élimination des souillures et pour inhiber les enzymes et microorganismes (enzymes microbienne ou naturelles), puis les matières premières sont broyées, puis introduites dans un tube chauffé par double enveloppe et dans lequel circule de l'eau chaude à 75- 80°C.

L'eau chaude transporte les matières premières en les fondant. De l'autre extrémité du tube on récupère la MG surnageante et compléter la séparation sur des filtres presses qui travaillent en continu. L'eau est éliminée par centrifugation à 60 °C, vitesse de rotation 3000 à 4000 tr/mn pendant 3mn.

Triage → Lavage par arrosage → Broyage → Fonte (75-80°C) dans un tube fermé muni de palettes.

2. Graisses d'animaux marins

Les huiles marines sont des sources prometteuses d'acides gras polyinsaturés (AGPI) dont les bienfaits en matière de nutrition et de santé sont bien établis. Ces composés sont obtenus à partir de poissons, d'algues ou de sous-produits de l'industrie halieutique, par des méthodes telles que la cuisson sous pression avec des solvants, ou des techniques enzymatiques moins invasives.

Des fractions contenant des AGPI plus ou moins purifiées sont obtenues par des procédés tels que la cristallisation à froid en présence de solvants organiques, la complexation avec de l'urée, la distillation moléculaire ou l'extraction par fluide supercritique. L'utilisation de lipases stéréospécifiques dans les processus d'hydrolyse et d'estérification permet d'obtenir une variété de molécules d'acylglycérols riches en AGPI, qui trouvent de nombreuses applications dans l'industrie agroalimentaire et dans le domaine de la santé.

2.1. Méthodes d'extraction d'huile de poisson

L'huile de poisson est issue de la pêche ciblée dans ce but (poisson fourrage) et de co-produits de la pêche : arêtes, têtes, viscères, peau, mais également de poissons qui ne sont pas commercialisables en l'état, poissons abîmés par exemple, ou méconnus du public. Il existe plusieurs méthodes pour obtenir de l'huile de poissons :

- Cuisson et pressage (notamment pour les foies de morue ou de squal)
- Procédés chimiques
- Procédés enzymatiques
- Extraction par pression à froid des sous-produits de poisson (têtes, arêtes, peau).

L'huile apporte des oméga 3, mais aussi 100 % de lipides et souvent de la vitamine E de synthèse rajoutée.

L'extraction la plus courante d'huile de poisson est celle pratiquée sur les poissons bleus de type harengs, sardines, maquereaux, anchois, dans les usines mixtes de farines et d'huiles de poissons (figure 1). Ce process enchaîne des étapes de cuisson et pressage de poissons entiers pour séparer d'une part les protéines récupérées dans la fraction farine et les lipides d'autre parts récupérés dans l'huile.

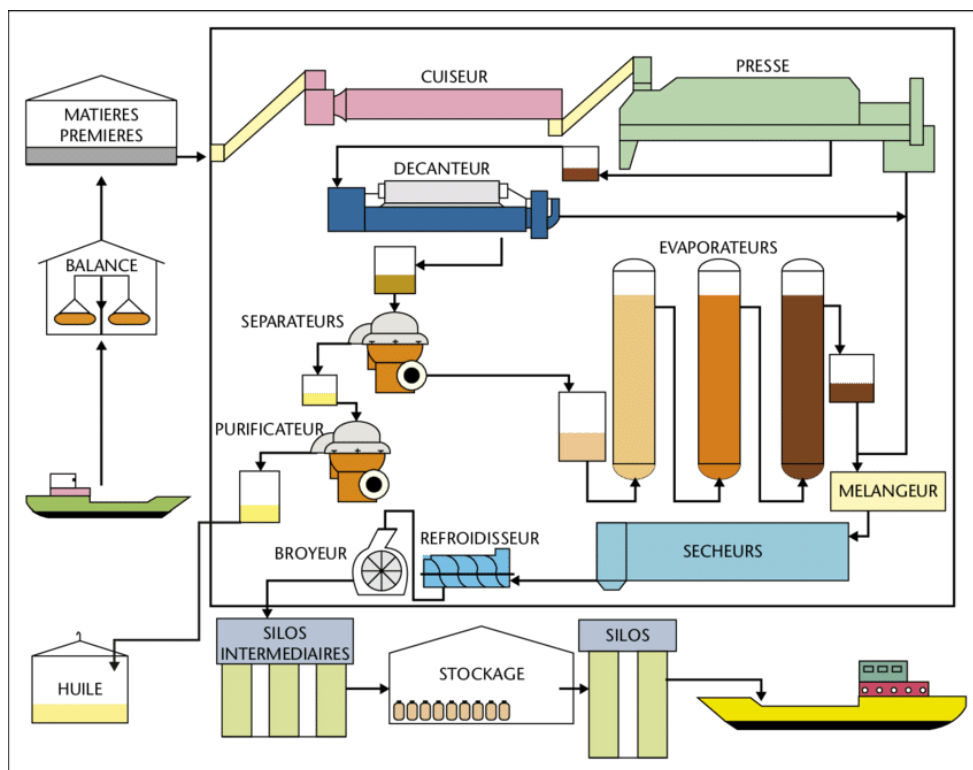


Figure 1. Obtention d'huile et de farine de poissons (Source IFFO).

*Ce type d'extraction par pression à chaud a pour principal inconvénient la cuisson de l'huile, entraînant une dégradation de la qualité oxydative de l'huile et une perte de teneurs en acide

eicosapentaénoïque (EPA ; C20:5 n-3) et acide docosahexaénoïque (DHA ; C22:6 n-3) dont les huiles de poisson présentent la particularité d'être riches en acides gras oméga 3 et notamment en acides gras polyinsaturés à longues chaînes (AGPI-LC). D'autres procédés innovants arrivent sur le marché tels que l'extraction par pression à froid, process breveté issu de l'industrie de production des huiles végétales et en particulier de l'extraction d'huile d'olive.

Il existe d'autres méthodes d'extraction moins courantes ; l'extraction par voie enzymatique basée sur l'action de protéases spécifiques à basse température (60 °C) sur les tissus protéiques. L'extraction historique de l'huile de foie de morue à partir de foies frais (ou congelés) se réalise par la cuisson des foies puis par un broyage et une centrifugation pour séparer l'huile des protéines et de l'eau.

De nombreuses études montrent que ces AGPI-LC participent à la prévention de certaines pathologies comme l'excès de cholestérol ou le cancer, et jouent un rôle important dans la régulation du métabolisme.

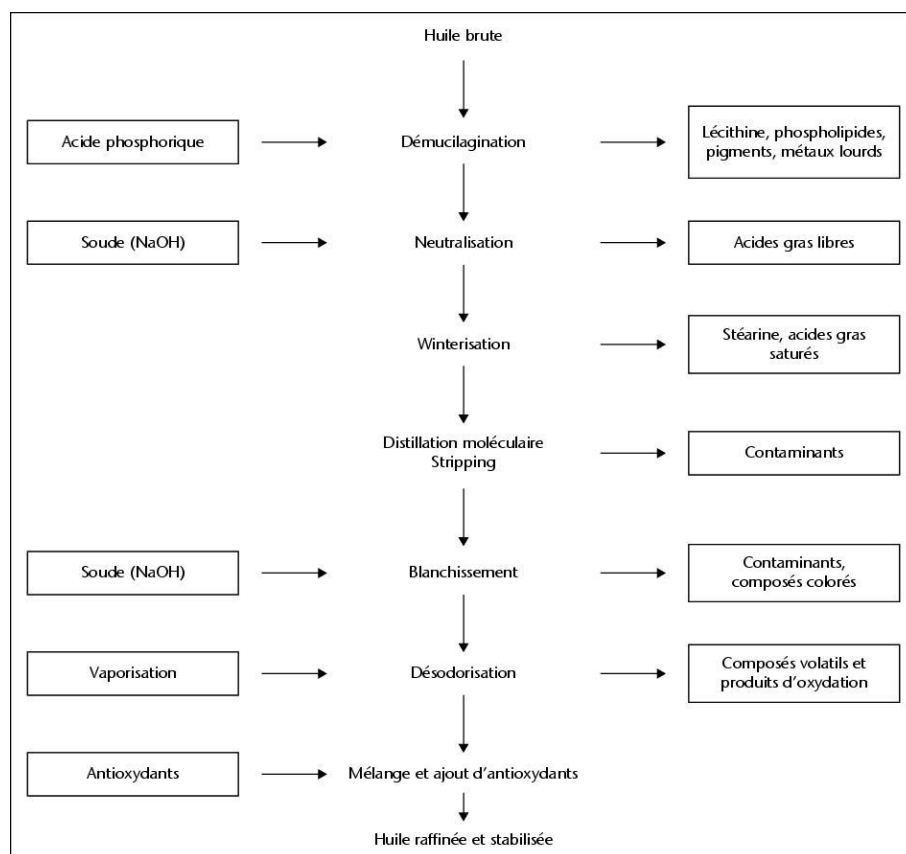
Les acides gras polyinsaturés essentiels, non synthétisés par l'organisme, doivent être apportés par l'alimentation. Les apports en AGPI-LC de la famille des oméga-3 sont insuffisants d'où l'intérêt du complément alimentaire pour combler ces carences en rééquilibrant les apports alimentaires sous diverses formes comme les capsules molles contenant de l'huile de poisson. Les marchés ont donc évolué de la consommation historique d'huile de foie de morue (apport d'EPA, de DHA et de vitamines A et D3) à l'incorporation des oméga-3 dans les aliments du quotidien tels que des margarines, des laitages et autres aliments enrichis en oméga-3 en passant par les applications pharmaceutiques des formes d'huiles ultraconcentrées jusqu'à 90% de DHA.

L'étape primordiale de la production d'huile de poisson est l'approvisionnement en matières premières de qualité, approvisionnement qui se doit de garantir une traçabilité et la préservation des espèces. Historiquement, les process de production de ces huiles étaient essentiellement adaptés à la forme de la matière première, c'est-à-dire des poissons entiers ou des parties telles que la tête, le foie ou les sous-produits et ne prenaient que peu en compte la « qualité finale de l'huile ». Aujourd'hui la technologie de pointe s'adapte aux demandes, aux exigences réglementaires et aux attentes des consommateurs en élaborant des huiles désodorisées, décontaminées ou concentrées en acides gras polyinsaturés.

3.Méthodes de raffinage

Après extraction, l'huile obtenue est une huile brute, contenant des lipides saturés ou non, polaires ou apolaires, des composés insaponifiables et de possibles traces d'eau ou de contaminants lipophiles de l'environnement selon l'origine et les espèces de poissons.

Afin d'éliminer les composés indésirables, comme par exemple les lipides saturés ou les contaminants, l'huile doit subir un raffinage. Le raffinage est une succession d'étapes de traitements physiques et chimiques en ordre et nombre variables en fonction du degré de raffinage de l'huile que l'on souhaite obtenir ([figure 2](#)).



[Figure 2](#). Procédé classique de raffinage.

Démucilagination (ou dégomme) : est première étape qui consiste à ajouter de l'acide phosphorique et de l'eau. Cette étape permet d'éliminer les composés polaires tels que les phospholipides, les lécithines, les pigments et également certains contaminants comme les métaux lourds.

Neutralisation : Elle se réalise par l'ajout de soude afin d'éliminer les acides gras libres sous forme de savon.

Cristallisation (winterisation) : est classique pour certaines huiles à forte teneur en acides gras saturés telles que les huiles de thon par exemple. Elle permet, par refroidissement de l'huile à 0-4 °C, de figer les acides gras saturés, tels que la stéarine, qui restent ensuite piégés dans un filtre-pressé. Par exemple, l'huile de thon, qui sans étape de winterisation est naturellement trouble, est ainsi clarifiée.

La décoloration ou le blanchiment : élimine les colorants et autres substances indésirables par filtration de l'huile sur des terres de type charbon activé ou de silice amorphe. La décoloration est une étape majeure de décontamination, le choix des terres de filtration pouvant optimiser et cibler le captage de certains contaminants. Les sites de raffinage ont de plus en plus recours à une étape de décontamination complémentaire par distillation, à l'exemple de la méthode brevetée short path stripping distillation qui amène le niveau de contamination à des seuils proches des limites de détection analytiques, et ce, indépendamment de la contamination initiale de l'huile brute.

La dernière étape de raffinage élimine les produits odorants et volatils par injection de vapeur d'eau. L'opération est réalisée sous vide, les composés volatils sont entraînés lors du soutirage. Les progrès réalisés ces dernières années dans la technique de désodorisation et la préservation des qualités oxydatives initiales de l'huile, par l'arrivée de méthode d'extraction douce, permettent d'obtenir des huiles de poisson ultradésodorisées que le consommateur néophyte ne pourra pas différencier à l'odeur ni au goût d'une huile végétale.

L'huile en sortie de raffinage est stabilisée par l'ajout d'antioxydants tels que des tocophérols, puis conditionnée sous atmosphère inerte (azote ou argon).

4.Méthodes de concentration en oméga-3

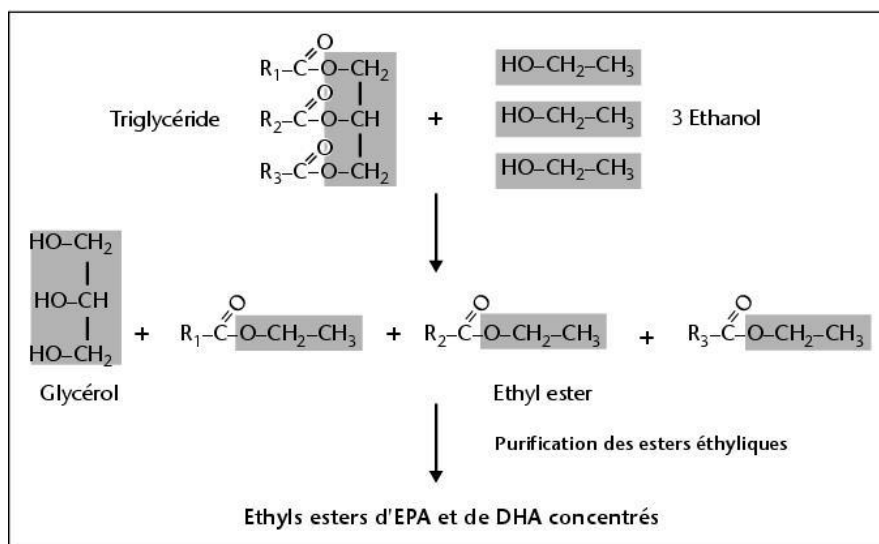
Avec les nouvelles techniques, il est possible de concentrer les huiles naturellement riches en oméga-3. Les teneurs naturelles des huiles de poisson sont de l'ordre de 8% d'EPA et de 9% de DHA pour les huiles de foie de morue ou les huiles de saumon et de 20 à 30% d'EPA et de DHA pour les huiles de poissons gras. Les standards du marché pour ces dernières sont 5% d'EPA et 25% de DHA pour les huiles de thon et 18% d'EPA et 12% de DHA pour les huiles de poissons bleus (ratio obtenu par des mélanges/assemblages de lots). Les huiles de poisson concentrées proposent des teneurs environ doubles des teneurs précédentes soit 50% de DHA pour une huile de thon concentrée et peuvent aller jusqu'à des teneurs de 90% en DHA ou en EPA.

Concentration par winterisation

La concentration par winterisation permet un gain de quelques points en EPA et en DHA. En effet, cette étape effectuée lors du raffinage élimine les acides gras saturés cristallisés à basse température, ce qui a pour conséquence une légère concentration, proportionnellement en acides gras mono- et polyinsaturés. Cependant, cette concentration n'est que faible et relative, car une partie des acides gras insaturés, dont des oméga-3, est également entraînée avec la fraction stéarique.

Concentration par voie chimique ou par voie enzymatique

La concentration par voie chimique par ajout de sodium éthylate ou par voie enzymatique par ajout de lipase comporte deux étapes ([figure 3](#)) : l'éthanolise spécifique des acides gras sous forme initiale de triglycérides par ajout d'éthanol générant du glycérol, d'une part, et des acides gras oméga-3 sous forme d'éthyl-esters volatils, d'autre part. La fraction en oméga-3 est ensuite concentrée par distillation en un ou deux passages de ces éthylesters volatils.



[Figure 3.](#) Procédé de concentration par éthanolise et purification.

Extraction et/ou concentration par fluide supercritique

Les procédés d'extraction d'AGPI utilisant des solvants organiques permettent d'obtenir des rendements élevés mais nécessitent ensuite l'élimination des résidus de solvant. L'utilisation de fluide supercritique, CO₂ par exemple, est un procédé alternatif en raison de ses propriétés non inflammable, compatible avec l'environnement et sa nature inerte. Dans ce cas, l'huile est au préalable estérifiée et subit un fractionnement à l'urée, entraînant les acides gras saturés ainsi cristallisés. Le principe de la concentration repose sur le CO₂ qui, à l'état supercritique, se comporte comme un fluide d'extraction et entraîne les acides gras. En plusieurs passages, leurs concentrations augmentent donc. Cette méthode permet d'atteindre une concentration très élevée à faible coût (le CO₂ étant recyclable) mais nécessite des installations spécifiques et la séparation fluide/acides gras est complexe.

5. Formes d'acides gras oméga-3

Les huiles concentrées issues des étapes de concentration précédemment décrites sont sous forme d'éthyl-esters indépendamment du processus de concentration choisi. Les nouvelles offres d'enzymes

lipases sur le marché permettent aujourd'hui de produire des huiles concentrées sous formes triglycérides à partir de ces éthyl-esters concentrés. Cette étape de transestérification (*figure 4*) est classiquement couplée à l'étape de concentration par voie enzymatique. Par l'ajout de la lipase à un mélange d'éthyl-esters concentrés et de glycérol, elle aboutit à la production de triglycérides concentrés présentant la même teneur en EPA et/ou DHA et à l'élimination de l'éthanol. Ce process enzymatique a pour avantages une large sélectivité, des conditions de manipulation douces, la possibilité d'une réutilisation de l'enzyme si elle est immobilisée, une grande activité et stabilité, donne à l'huile une meilleure stabilité vis-à-vis de l'oxydation ainsi qu'une meilleure odeur et un meilleur goût. Enfin, la concentration enzymatique produit moins de composés indésirables.

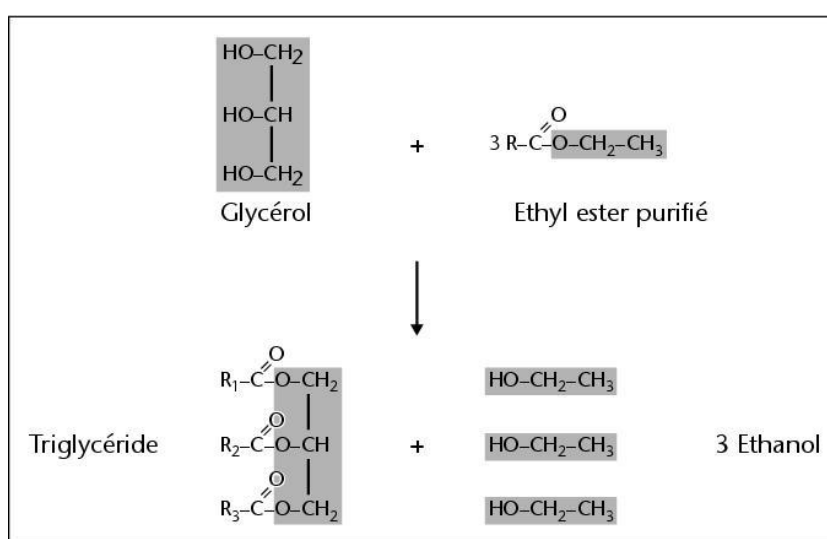


Figure 4. Obtention de triglycérides concentrés par transestérification enzymatique

Les progrès réalisés en lipochimie permettent également de réaliser des greffages par voie chimique et/ou enzymatique pour proposer des formes d'oméga-3 innovantes : monoglycérides, diglycérides, phospholipides qui ouvrent de nouvelles opportunités de par leurs hautes biodisponibilités.

6. Conclusion

Les huiles marines représentent une source importante d'acides gras polyinsaturés à longue chaîne dont les implications positives sur la santé humaine sont désormais avérées. Les possibilités de process pour obtenir des huiles de poisson semblent illimitées au vu des progrès de la lipochimie. Dans le futur, le challenge de la filière sera d'offrir des huiles de qualité irréprochable tant sur le plan organoleptique, avec des huiles ultradésodorisées, que sur le plan de la sécurité alimentaire, avec des attentes de « zéro » contaminant. Ont été passé en revue les principales techniques d'extraction et de concentration des huiles de poisson faisant appel à des traitements thermiques, mécaniques, ou assistés

par voie enzymatique préservant au mieux la qualité de ces longues chaînes insaturées. L'utilisation d'enzymes stéréospécifiques de plus en plus nombreuses sur le marché, contribue au développement de procédés d'extraction sans solvant organique, alternatifs aux techniques onéreuses conduisant à des fractions purifiées à l'image de l'extraction au CO₂ supercritique. Les teneurs en oméga-3 souhaitées seront toujours de plus en plus élevées à des coûts raisonnables. En parallèle, on note une évolution vers des process de plus en plus « propres » type chimie verte et chimie bleue. Il est désormais possible d'obtenir des concentrés d'oméga 3 sous forme de triacylglycérols restructurés présentant la meilleure biodisponibilité pour ces acides gras polyinsaturés à longue chaîne. Afin d'offrir aux consommateurs des huiles riches en oméga-3, dont les bénéfices sur la santé sont largement démontrés le challenge portera aussi sur des formes hautement biodisponibles pour des applications santé ciblées.

TD n°1 : Acides gras et triglycérides

Exercice n°1:

Chercher la formule brute et indiquer le nom d'un acide gras saturé dans les deux situations suivantes :

- 1- Acide gras de masse molaire égale à 284 g/mol.
- 2- Acide gras dont le pourcentage en oxygène est 12,5%.

Exercice n°2:

Déterminer la formule brute et indiquer le nom d'un acide gras a :

- 1- Une masse molaire égale à 280 g/mol.
- 2- Un pourcentage en oxygène est 11,51%.

Exercice n°3:

Un triglycéride homogène a :

- 1- Une masse molaire égale à 890 g/mol.
- 2- Un pourcentage en oxygène de 11,91%.

Déterminer la nature (nom et formule brute) de cet acide gras saturé.

TD n°2 : Béta oxydation des acides gras

Exercice n°1:

L'acide palmitique est un acide gras saturé à 16 atomes de carbone. Après activation, il est catabolisé entièrement en acétyl-CoA.

- 1- Quelle est la voie métabolique mise en jeu ?
- 2- Donner sa localisation cellulaire.
- 3- Ecrire la réaction d'activation de l'acide palmitique.
- 4- Etablir le bilan énergétique en moles d'ATP après oxydation complète d'une mole d'acide palmitique en présence d'oxygène.

Exercice n°2:

- 1- Ecrire l'équation de bilan de la β -oxydation de l'acide arachidique (C20 : 0).
- 2- Calculer le nombre d'ATP susceptibles d'être récupérés à la suite de l'oxydation complète des produits formés et de la réoxydation de coenzymes réduits dans la chaîne respiratoire.
- 3- En déduire le nombre d'ATP obtenus par atome de carbone oxydé.

Exercice n°3:

Un acide gras saturé à 11 atomes de carbones est catabolisé par β -oxydation suivie de l'oxydation complète dans le cycle de Krebs.

- 1- Combien de tours d'hélice de Lynen sont nécessaires pour cataboliser cet acide gras ?
- 2- Combien de moles de NADH, H^+ et de $FADH_2$ seront produites ?
- 3- Combien de moles d'acétyl-CoA et de propionyl-CoA seront produites ?
- 4- Etablir le bilan énergétique en moles d'ATP de l'oxydation complète de cet acide gras par β -oxydation en présence d'oxygène.

TD n°3 : Indices chimiques des corps gras

Exercice n°1:

Calculer l'indice de saponification (**I_S**), d'acide (**I_A**), d'ester (**I_E**) et d'iode (**I_I**) des acides gras suivants :

- 1- Acide stéarique (C18).
- 2- Acide arachidonique (C20 : $4\Delta^{(5,8,11,14)}$).

On donne : KOH= 56 g/mol et I₂= 254 g/mol.

Exercice n°2:

Trouver les indices chimiques de :

- 1- Diglycéride : alpha stéarate, bêta oléate de glycérol.
- 2- Triglycéride : tripalmitate de glycérol.

On donne : l'acide stéarique (C18), l'acide oléique (C18 : $1\Delta^{(9)}$) et l'acide palmitique (C16).

Exercice n°3:

Classez les acides gras suivants :

- 1- Par ordre croissant d'indice de saponification :

- A- Acide stéarique (C18).
- B- Acide oléique (C18 : $1\Delta^{(9)}$).
- C- Acide arachidonique (C20 : $4\Delta^{(5,8,11,14)}$).
- D- Acide palmitoléique (C16 : $1\Delta^{(9)}$).

- 2- Par ordre croissant d'indice d'iode :

- A- Acide linoléique (C18 : $2\Delta^{(9,12)}$).
- B- Acide stéarique (C18).
- C- Acide palmitoléique (C16 : $1\Delta^{(9)}$).
- D- Acide arachidonique (C20 : $4\Delta^{(5,8,11,14)}$).
- E- Acide linoléique (C18 : $3\Delta^{(9,12,15)}$).
- F- Acide oléique (C18 : $1\Delta^{(9)}$).

Références Bibliographiques

- AFSSA. Acides gras de la famille oméga 3 et système cardiovasculaire : intérêt nutritionnel et allégations. Juillet 2003. www.afssa.fr. [Google Scholar]
- **DRONNE Yves (2005)**. L'huile de palme dans le marché mondial : productions et échanges. OCL VOL. 12 N° 2 MARS-AVRIL 2005. Pp 98-106. <http://www.ocl-journal.org> ou <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2005.0098>
- **Etournaud A. Dr (2004)** LABORATOIRE CANTONAL (1999) - SCIENCES ALIMENTAIRES CHIMIE DES DENREES ALIMENTAIRES
- **Fredot Emilie (2012)**. Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3^{ème} Edition Lavoisier-Tec & Doc. Collection : BTS diététique. Broché XXX-613 pages.
- **LINDER Michel, Jacques FANNI, Michel PARMENTIER (2004)**. **Extraction, fractionnement et concentration des huiles marines**, Extraction et fractionnement des AGPI oméga 3 à longues chaînes. Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 11, Numéro 2, 123-30, MARS/AVRIL. 2004.
- **GROSDEMANGE Anne-Gaëlle (2010)**. De l'huile de foie de morue aux huiles de poisson concentrées, riches en acides gras polyinsaturés ; Vue d'ensemble des techniques de production d'huile de poisson. Oilseeds & fats Crops and Lipids, OCL VOL. 17 N° 4 JUILLET-AOÛT 2010, 219-222. Dossier lipides marins,. POLARIS SA, Moulin du Pont, 29170 Pleuven, France. ag.grosdemange@polaris.fr. <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2010.0323>
- **Nezzali M^{ed} el-Hadi (1993)**. Cours de Technologie de Corps Gras et dérivés, 5^{ème} Année Ingénieur INATAA. INATAA université Mentouri Constantine 1. Constantine.
- **Odile Morin et Xavier Pagès-Xatart-Parès (2012)**. Huiles et corps gras végétaux : ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel / Vegetable oils & fats : functional resources and nutritional interest. John Libbey Eurotext 2012. **Volume 19, Number 2 OCL Oilseeds and fats, Crops and Lipids. Pp 63 - 75.**
- **PAGÈS-XATART-PARÈS Xavier (2008)** Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales). Techniques de l'Ingénieur.
- **Riediger ND, Othman RA, Suh M, Moghadasian MH. (2009)**. A systemic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *J Am Diet Assoc* 2009 ; 109 : 668–679. [CrossRef] [PubMed] [Google Scholar]
- Chap 6. Technologie des produits : Les produits oléagineux. https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/perspectives-agricoles-de-l-ocde-et-de-la-fao-2022-2031_25048612-fr
- Connaissance des aliments : Chapter 10. Les corps gras Alimentaires Pp 295-336
- source wikipedia
- FAOSTAT , 2019
- Source : Feedbase Algérie Ouargla tournesol LA COMPOSITION DE L'HUILE DE COLZA EN ACIDES GRAS
- Source <http://www.epsic.ch/Branches/Chimie/denrees/index.html> [visitée septembre.2023]
- IFFO : International Fishmeal and Fish oil Organization. www.iffonet.net. [Google Scholar]