



RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Master Sciences et Techniques

Spécialité : Génie Mécanique et Productique

Thème :

***Étude de la maintenance dans l'unité de neutralisation
des huiles alimentaires***

Présenté par :

TIMEDOUNENE Yassine

Encadré par :

- Pr. JANATI IDRISSE Khalid : Professeur département Génie Mécanique, FST Fès
- SHIMI Abdeslam : Encadrant de la société SIOF

Effectué à : SIOF Fès

Soutenu le : 12/07/2021

Devant le jury :

• Pr. JANATI IDRISSE Khalid	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. TOUACHE Abdelhamid	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. EL HAKIMI Abdelhadi	Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Année Universitaire : 2020-2021





Remerciements

Au terme de la rédaction de ce rapport, c'est un devoir agréable d'exprimer en quelques lignes mes sentiments de reconnaissance que je dois à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici mes vifs respects et ma profonde gratitude.

*Je tiens à remercier vivement mon encadrant de la FST Pr. **Khalid JANATI IDRISSI** d'avoir mis à ma disposition ses connaissances, ses expériences, et ses précieux conseils.*

*Je voudrais également exprimer mon ample gratitude envers les professeurs **EL HAKIMI Abdelhadi**, et **TOUACHE Abdelhamid**, professeurs à la faculté des sciences et techniques de Fès, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner ce travail et participer à ce jury.*

*De même, je remercie mon encadrant à la société SIOF, Mr. **Abdeslam SHIMI** pour son suivi, ses orientations et son soutien au cours de ce stage.*

*Nous remercions aussi Monsieur **Youness TERRAFIK**, le directeur général adjoint de la société SIOF, de m'avoir accueilli et m'a donné l'opportunité d'effectuer un stage au sein de la société, ainsi l'ensemble du personnel de la société qui nous ont apportés leurs aides tout au long de ce stage. Grâce à leur disponibilité et leur gentillesse, on a bénéficié de tous les éléments nécessaires au bon déroulement de notre stage.*

*Par la même occasion, mes remerciements vont aussi à Mr **QASSIMI** et Mr **Youssef ARIBACH**, pour la disponibilité dont ils ont fait preuve durant le déroulement du projet.*

J'exprime ma profonde gratitude à la direction de la faculté des sciences et techniques de Fès. Ainsi que tout le corps professoral et administratif pour ces années de formation enrichissantes.



Résumé

Face à une population mondiale croissante, les besoins en produits alimentaires sont considérables. En effet, le secteur agroalimentaire est devenu l'une des activités industrielles les mieux structurées et jouit d'une importance socio-économique vu le chiffre d'affaires qu'il génère ainsi que le nombre d'emploi qu'il crée.

Quant à l'industrie agroalimentaire, la diminution des coûts de la maintenance dans l'unité de raffinage est devenue une préoccupation majeure afin d'augmenter le temps réel de la production.

La finalité de ce projet est de proposer des solutions simples à coût minimal pour améliorer l'efficacité des équipements de l'unité de raffinage et surtout ceux de la zone de neutralisation. Ce but ne peut pas être réalisé sauf s'il y a une bonne gestion des pièces de la machine c'est-à-dire le respect du plan de maintenance, aussi l'organisation d'un stock dédié aux pièces de rechanges des équipements et augmenter la capacité de stockage de l'huile brute et raffinée, puis lancer des campagnes périodiques de chasse aux fuites.

Mots clés : séparateur, huile alimentaire, raffinage, neutralisation, PARETO, QQOQCP, ISHIKAWA, AMDEC, MTBF, MTTR, TPM, chasse aux fuites.



Sommaire :

Liste des figures.....	9
Liste des tableaux.....	10
Liste des abréviations	10
Chapitre I : Présentation générale de l'organisme d'accueil	12
1. Présentation générale	13
2. Historique de l'entreprise	13
3. Fiche technique de l'entreprise	14
4. Organigramme de la société.....	15
5. Les dépôts	15
6. Les produits de la société	16
Chapitre II : Généralités sur les huiles alimentaires	17
I. Huile de soja	18
1. Définition	18
2. Origine d'huile de soja	18
3. Les valeurs nutritionnelles d'huile de soja	18
4. Composition d'huile de soja	19
5. Production mondiale d'huile de soja	19
II. Huile d'olive	20
❖ Composition	20
❖ Production mondiale d'huile d'olive.....	20
III. Huile de tournesol	21
❖ Composition	21
❖ Production mondiale d'huile de tournesol	21
IV. Huile de grignon	22
Chapitre III : Processus de production des huiles alimentaires	23
I. Le raffinage des huiles alimentaires	24
1. Généralités sur le raffinage	24
a) Le raffinage physique	24
b) Le raffinage chimique	24
2. Processus du raffinage	25
A. La démucilagination ou dégommage	26
B. La neutralisation	27



C. Lavage	28
D. Séchage	29
E. Décoloration	29
F. Filtration	30
G. Désodorisation	31
H. Fortification	31
II. Emballage et conditionnement	33
1. Fabrication des emballages	33
2. Conditionnement	34
Chapitre IV : Présentation du sujet	35
I. Notions générales sur le matériel dans l'unité de raffinage	36
1. Échangeurs thermiques	36
• Rôle de l'échangeur thermique	36
• Fonctionnement de l'échangeur thermique	36
• Les matériaux les plus utilisés	37
• Les types d'échangeurs thermiques	38
2. Chaudière	39
• Définition	39
• Chaudière à grignon	39
• Chaudière à fioul	40
3. Mélangeur industriel	41
❖ Composants du mélangeur industriel	41
❖ Fonctionnement du mélangeur industriel	41
4. Pompes	42
• Définition	42
• Pompes PCM	43
5. Séparateurs	44
II. Analyse des pannes dans l'unité de raffinage	46
1. La méthode de Pareto	46
2. Interprétations	48
III. Problématique	49
• Méthode QQQQCP	49
• Bête à corne	49
IV. Etude de la neutralisation	50
1. Composants	50
a) Pièces du bati	50



b) Pièces horizontales	51
c) Pièces verticales	52
d) Accouplement hydraulique	53
e) Electrovanne	53
2. Fonctionnement	53
Chapitre V : Étude de la maintenance dans l'unité de neutralisation	55
I. Analyse des indicateurs de maintenance	56
1. Etude des défaillances	56
2. Le taux de défaillance	56
3. Indicateurs de maintenabilité et fiabilité	57
4. Taux de disponibilité	58
5. Taux de réparation	58
II. Application de la méthode TPM	58
1. Généralités sur TPM	58
2. Application de la TPM	62
3. Résultats et interprétations	63
III. Etude des causes de défaillance	63
1. Méthode d'ISHIKAWA	63
2. Etude AMDEC	64
a) Présentation de la méthode AMDEC	64
b) Application de la méthode AMDEC	67
IV. Plan de maintenance préventive	73
V. Résultats et interprétations	74
1. Etude hydraulique du circuit de raffinage	74
2. Interprétations	77
3. Campagne de chasse aux fuites	77
VI. Autres solutions	78
Conclusion générale	79
Bibliographie	80
Annexe	81



Liste des figures :

Figure 1 : organigramme de la société SIOF.....	14
Figure 2 : graines de soja.....	18
Figure 3 : les producteurs principaux d'huile de soja.....	19
Figure 4 : part de la production d'huile de soja par continents.....	20
Figure 5 : les producteurs principaux d'huile d'olive.....	20
Figure 6 : part de la production d'huile d'olive par continents	21
Figure 7 : les producteurs principaux d'huile de tournesol	21
Figure 8 : part de la production d'huile de tournesol par continents	22
Figure 9 : réservoirs de stockage des huiles brutes.....	25
Figure 10 : les étapes du dégommage.....	27
Figure 11 : les étapes de neutralisation.....	28
Figure 12 : les étapes du lavage	29
Figure 13 : les étapes du séchage	29
Figure 14 : les étapes de décoloration.....	30
Figure 15 : les étapes de filtration	30
Figure 16 : les étapes de désodorisation	31
Figure 17 : résumé des étapes du raffinage des huiles alimentaires.....	32
Figure 18 : le soufflage des préformes	33
Figure 19 : schéma d'un échangeur thermique.....	36
Figure 20 : schéma du fonctionnement d'un échangeur thermique.....	37
Figure 21 : chaudière à grignon	40
Figure 22 : chaudière à fioul	40
Figure 23 : composants d'un mélangeur industriel.....	41
Figure 24 : schéma du principe du bypass	42
Figure 25 : classification des pompes hydrauliques.....	43
Figure 26 : pompe volumétrique PCM	43
Figure 27 : fonctionnement d'une pompe volumétrique PCM	44
Figure 28 : séparateur d'huile RSE 150	41
Figure 29 : diagramme de Pareto	48
Figure 30 : diagramme de bête à corne d'un séparateur	49
Figure 31 : composants d'un séparateur	50
Figure 32 : pièces du bati	50
Figure 33 : pièces horizontales du mécanisme	51
Figure 34 : pièces verticales du mécanisme	52
Figure 35 : coupe horizontale d'une électrovanne.....	53
Figure 36 : coupe verticale du séparateur	54
Figure 37 : courbe du taux de défaillance.....	57
Figure 38 : définition des temps en TPM	60
Figure 39 : fuite en amont d'une pompe	77
Figure 40 : fuite en armatures du séparateur	77



Liste des tableaux :

Tableau 1 : fiche technique de l'entreprise.....	14
Tableau 2 : types des huiles produites par SIOF.....	16
Tableau 3 : types d'olives produites par SIOF	16
Tableau 4 : composition d'huile de soja.....	19
Tableau 5 : composition d'huile d'olive.....	20
Tableau 6 : composition d'huile de tournesol	21
Tableau 7 : historique des arrêts dans l'unité de raffinage.....	46
Tableau 8 : classement de nombre de pannes dans l'unité de raffinage.....	47
Tableau 9 : application de la méthode QQQQCP.....	49
Tableau 10 : estimation des fonction $F(t)$ et $R(t)$	56
Tableau 11 : historique des TTR.....	57
Tableau 12 : grille de l'échelle de gravité.....	66
Tableau 13 : grille de l'échelle de fréquence	66
Tableau 14 : grille de l'échelle de détection	67
Tableau 15 : grille de l'échelle de criticité	67
Tableau 16 : étude AMDEC.....	67
Tableau 17 : actions préventives.....	73

Liste des abréviations :

SIOF : Société Industrielle Oléicole de Fès

TPM : Total Productive Maintenance

TBF : Time Between Failures (temps de bon fonctionnement)

MTBF : Mean Time Between Failures (moyenne des temps de bon fonctionnement)

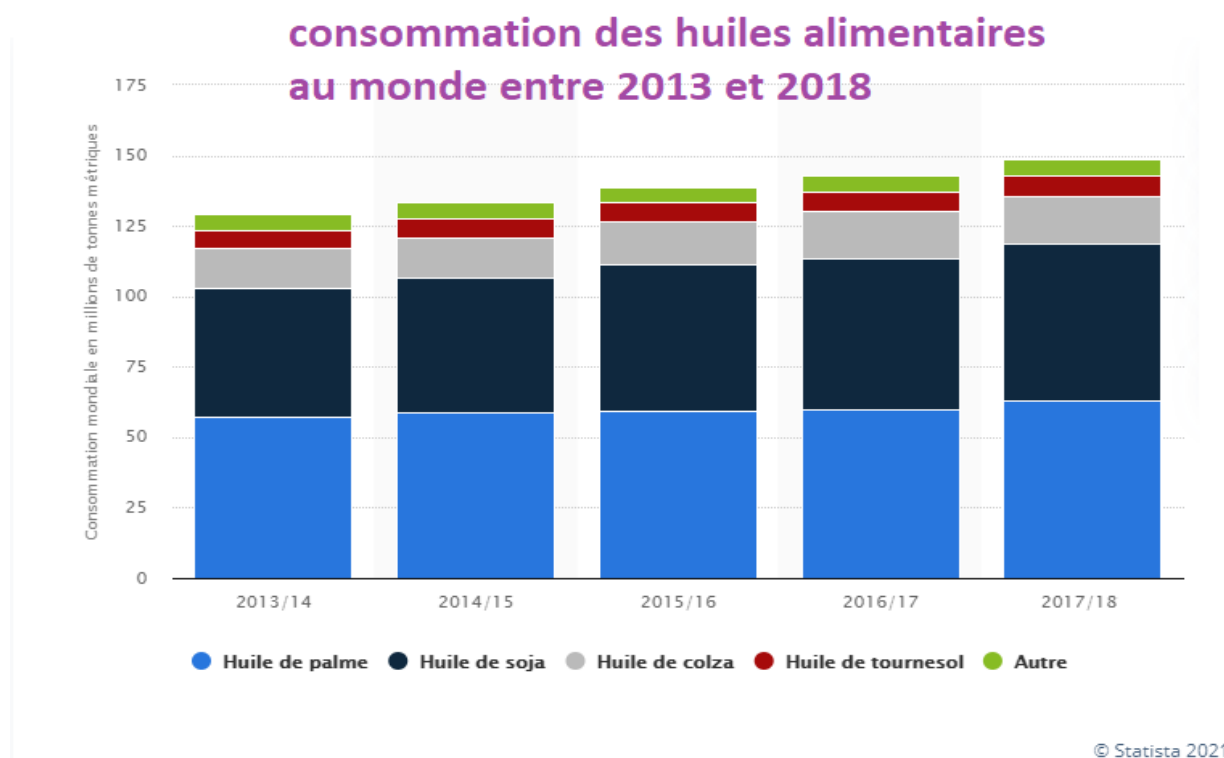
TTR : Time To Repair (temps des tâches de réparation)

MTTR : Mean Time To Repair (moyenne des temps des tâches de réparation)

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

Introduction générale :

La consommation des huiles alimentaires connaît une forte croissance au Maroc et au monde, due essentiellement à la croissance démographique et l'augmentation relative du pouvoir d'achat comme illustré au-dessous :



Face à la concurrence accentuée, SIOF a intérêt à penser d'améliorer la productivité en visant un triple objectif :

- Augmenter la fiabilité et la disponibilité des équipements en visant la diminution des temps des arrêts.
- Réduire les coûts de maintenance induits par les défaillances.
- Améliorer la productivité par la minimisation des pertes et l'aménagement des postes de travail.

Notre rapport est articulé autour de cinq chapitres :

- **Le premier chapitre** présente la société où se déroule le stage.
- Le **second chapitre** sera réservé à quelques généralités concernant les huiles alimentaires.
- Le **troisième chapitre** décrit le processus de la production des huiles alimentaires.
- Le **quatrième chapitre** aura pour objectif de **donner** des rappels sur quelques notions concernant les équipements de l'unité de raffinage, puis



faire une étude des pannes dans l'unité de raffinage, et de **présenter** le contexte du sujet et la problématique.

- Finalement, le **dernier chapitre** sera réservé pour l'étude de la maintenance dans la zone de neutralisation, et une étude hydraulique du circuit de raffinage, en proposant des solutions pour pallier aux problèmes de défaillances étudiées.



Chapitre I :

« Présentation générale de l'organisme d'accueil »

Ce chapitre présente l'organisme d'accueil de la société SIOF, il décrit les points suivants : présentation générale détaillée et les produits de SIOF.



1. Présentation de la société SIOF:

La Société Industrielle Oléicole de Fès est une société anonyme à vocation agro-alimentaire pour l'extraction, le raffinage et le conditionnement des huiles alimentaires et la conserve des olives.

Actuellement, La SIOF dispose de trois sites industriels :

- Le 1^{er} est situé à la zone industrielle Sidi Brahim, sur une superficie de $20000m^2$, assurant la trituration des olives, la production des conserves d'olives et l'extraction d'huile de grignon.
- Le 2^{ème} est situé à la zone industrielle DOKKARAT, occupe une superficie de $12000m^2$, assurant le raffinage et le conditionnement des huiles alimentaires.
- Le 3^{ème} site est situé aux régions d'Ain Taoujtate assurant l'extraction de l'huile de grignon.

La SIOF compte un effectif de 320 personnes permanentes dans les trois unités. La capacité de production de 200 tonnes/jours, se fait 24h/24h et 7j/7j, en 3 équipes.

2. Historique de l'entreprise :

La SIOF a été créé en 1961 sous forme d'une société à responsabilités limitée (S.A.R.L), la SIOF est une réalisation qui n'a pas cessé de développer ses moyens, de diversifier et d'améliorer la qualité de ses produits.

Au départ l'activité initiale de la société était simplement la pression d'olives, l'extraction de l'huile de grignon et la conserve d'olives.

- ✓ 1966 La SIOF a pu installer une raffinerie d'huile de table avec une capacité de 12000 tonnes/an.
- ✓ 1972 la société SIOF a intégré dans ses activités une usine de fabrication des emballages en plastique et un nouvel atelier pour le remplissage, capsulage et étiquetage des bouteilles (1/2 L, 1L, 5L).
- ✓ 1977 Cette nouvelle installation a permis à la société de devenir un complexe important pour le capsulage des produits.
- ✓ 1978 le produit de la SIOF s'est étendu dans tout le royaume grâce au premier lancement de la campagne publicitaire, l'ouverture des dépôts à différentes régions du royaume.
- ✓ 1980 afin d'augmenter sa production, l'entreprise a mis en place une installation de raffinage d'une capacité de 30.000 tonnes/an.

- ✓ 1993 la mise en place d'une raffinerie de l'huile brute à base de soja.
- ✓ 1994 recrutements des cadres pour améliorer la gestion de l'entreprise et élargir sa part de marché.
- ✓ 2003-2004 la société a installé deux chaînes de production pour la fabrication des bouteilles de PET (type de plastique). Pour le conditionnement des huiles en format 0.5L, 1L, 2L, 5L.

3. Fiche technique de l'entreprise :

Raison social	SIOF
Forme juridique	Société anonyme (SA)
Date de création	1961
Domaine d'activités	• Extraction, raffinage et conditionnement des huiles alimentaires. • La trituration des olives et la production de conserves.
Capital social	51 000 000 DH
Effectif	320 personnes
Capacité de production	60-65 tonnes/jour

Tableau 1 : fiche technique de l'entreprise

4. Organigramme de la société :

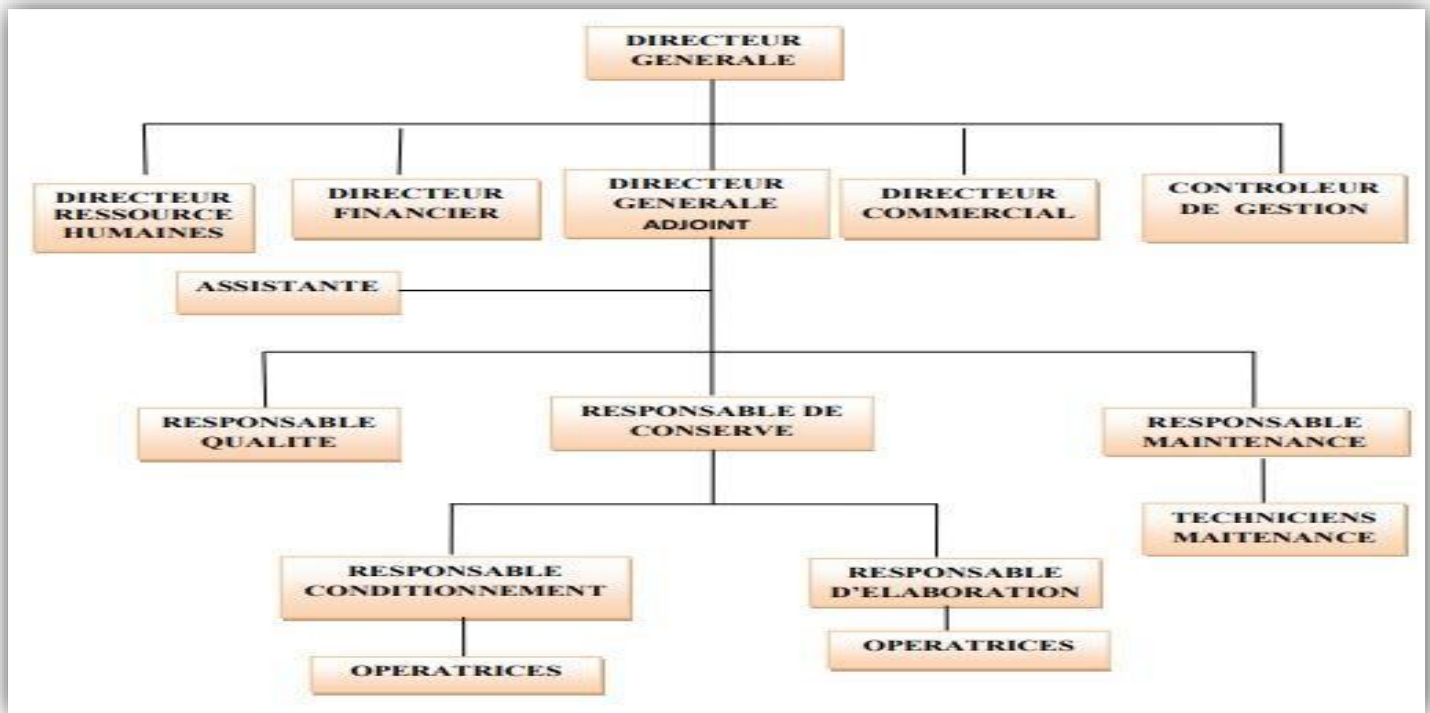


Figure 1 : organigramme de la société SIOF

5. Les dépôts :

La SIOF a implanté cinq dépôts permettant une bonne distribution des produits sur les différents points du royaume comme suit :

- Dépôt Casablanca
- Dépôt Oujda
- Dépôt Marrakech
- Dépôt Oued-Zem
- Dépôt Tétouan

Fournisseurs :

- Vitamine A et D_3 : Fortraide Casablanca.
- Carton : CMCP/GPC Kénitra.
- Soude : SNEP Mohammedia.
- Etiquette : Guillard Casablanca.
- Terre décolorante : Rasachim, SUPREME Espagne.
- Préforme : CMB Plastique Casablanca.
- Bouchon : Emballage Espagne, Bericap/Novembal Casablanca.

- Acide sulfurique : SCE Casablanca.
- Acide citrique : RZBC Chine.

6. Les produits de l'entreprise :

- ❖ La SIOF produit une large gamme de produits qui lui permet de toucher une large partie de consommateurs sur le marché.

Les quatre catégories d'huile produites par la SIOF sont : huile de table Surchoix, Frior, Moulay Driss, Andalousia.

SIOF	Moulay Idriss	Andalousia	Frior
Huile de table raffinée à base de soja	Huile d'olive vierge courante	Huile de grignon raffinée	Huile de friture 100% tournesol
			

Tableau 2 : types des huiles produits par SIOF

- ❖ Trois types d'olives sont réceptionnés par les conserveries qui se distinguent par la couleur qui dépend du moment et de la saison de la cueillette : olives seaux, olives bocaux et olives conserves.

Olive « Seaux »	Olive « Bocal »	Olive « Conserve »
		

Tableau 3 : types d'olives produites par SIOF

Chapitre II :

« Généralités sur huiles alimentaires »

Ce chapitre aura pour objectif de donner des rappels sur quelques généralités concernant les huiles alimentaires

Introduction :

L'huile alimentaire est une matière grasse liquide d'origine végétale composée uniquement de lipides et obtenue par la pression d'un végétal. Il existe une grande variété de végétaux susceptibles de fournir des huiles alimentaires de qualités variées (huile de soja, colza, palme, olive, tournesol, grignon et d'arachide...).

La société SIOF produit quatre types d'huiles alimentaires : huile de soja, tournesol, grignon et d'olive.

I. Huile de soja :

1) Définition :

L'huile de soja est fluide et d'un couleur jaune plus ou moins foncé suivant la nature des graines et les procédés d'extraction. Fraîche, elle a une saveur assez prononcée d'haricot qui s'atténue peu à peu.

Elle est riche en acides gras polyinsaturés et notamment en acide gras essentiel alphalinoléique. L'huile de soja contient de l'acide oléique (23%), de l'acide linoléique (51%), et de l'acide alphalinoléique (7%). C'est une source naturelle importante d'acides gras insaturés des familles des oméga-6 et des oméga-3.

2) Origine d'huile de soja :

Le soja est une plante herbacée, une légumineuse classée dans la catégorie des oléoprotéagineux, appelée ainsi à cause de la teneur élevée de sa graine en lipides et en protéines. Elle produit des fruits qui se présentent sous forme de gousses velues contenant des graines jaunes avec quelques reflets verdâtres, arrondies, lisses au toucher et légèrement grasses, ce sont les fèves de soja.



Figure 2 : graines de soja

3) Les valeurs nutritionnelles d'huile de Soja :

L'huile de soja est une huile 100 % végétale, riche en acides gras essentiels et pauvres en cholestérol. C'est une huile de table excellente par sa teneur en acide linoléique qui

la rend fragile à la chaleur. C'est une bonne source de vitamines, elle est naturellement protégée à l'oxydation par la vitamine E qu'elle contient.

4) Composition d'huile de Soja :

Type d'huile	Composition
Huile de soja	○ 57,9% d'acides gras polyinsaturés ○ 23% d'acides gras mono-insaturés ○ 14,4% d'acides gras saturés ○ oméga -3 ○ oméga-6 ○ Vitamines : A et D3

Tableau 4 : composition d'huile de soja

5) Production mondiale d'huile de soja : [1]

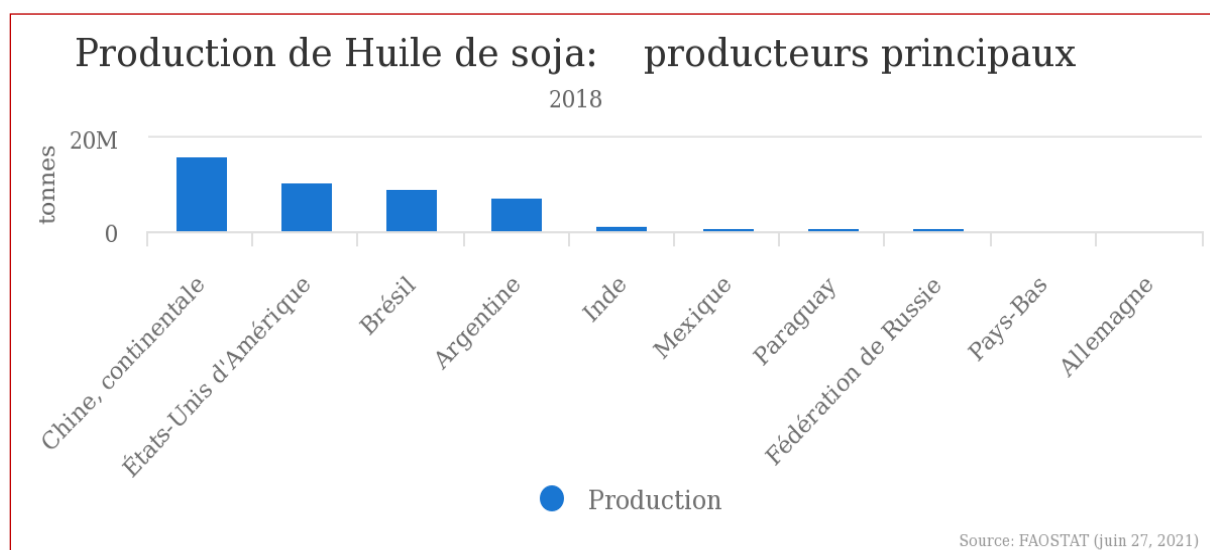


Figure 3 : les producteurs principaux d'huile de soja

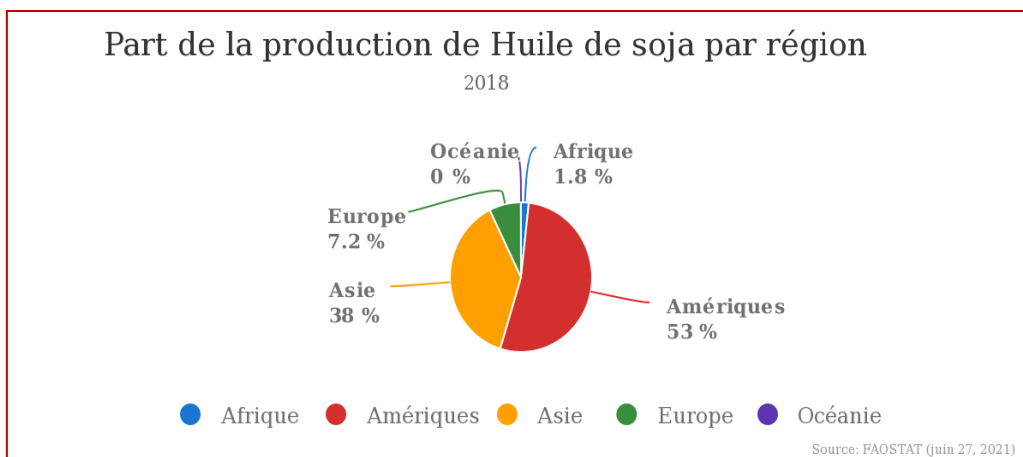


Figure 4 : part de la production d'huile de soja par continents

II. Huile d'olive :

C'est la matière grasse extraite des olives (fruits de l'olivier) lors de la trituration dans un moulin à l'huile.

❖ Composition :

Type d'huile	Composition
Huile d'olive	○ 74% d'acides gras mono-insaturés ○ 14% d'acides gras saturés ○ 8% d'acides gras polyinsaturés ○ Vitamines : A, D, E et K ○ Provitamine A (carotène)

Tableau 5 : composition d'huile d'olives

❖ Production mondiale d'huile d'olive : [1]

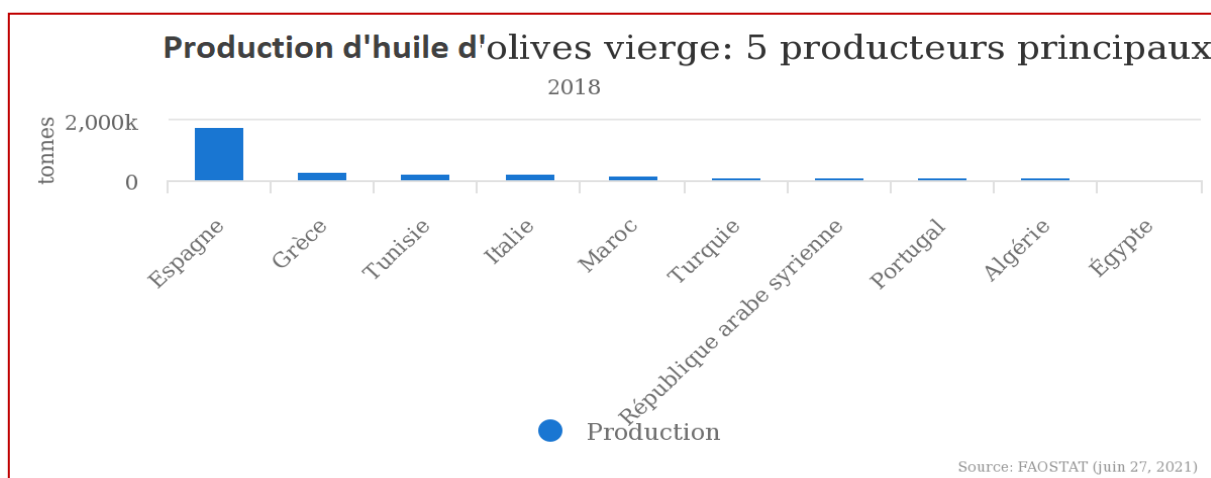


Figure 5 : les producteurs principaux d'huile d'olive

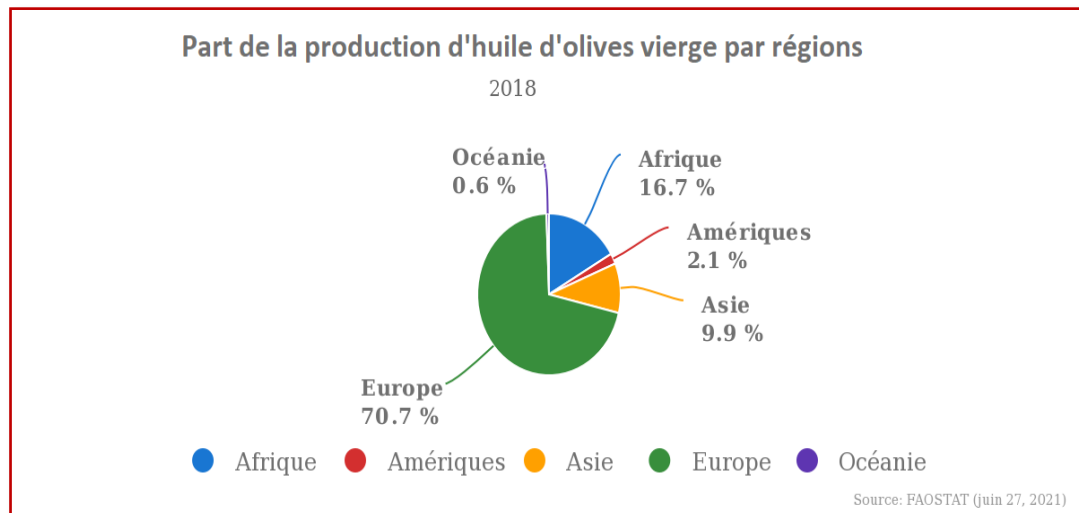


Figure 6 : part de la production d'huile d'olive par continents

III. Huile de tournesol :

L'huile de tournesol est une huile végétale obtenue à partir des graines de tournesol. Comme les autres huiles, elle était obtenue dans le passé par pressage hydraulique. Aujourd'hui, en tant que produit industriel, elle est principalement pressée dans des presses à vis puis elle est raffinée afin d'améliorer sa qualité et sa conservation. L'huile de tournesol est intéressante dans le domaine nutritionnel, car c'est l'huile végétale la plus riche en acides gras essentiels de la catégorie des Oméga-6.

❖ Composition :

Type d'huile	Composition
Huile de tournesol	○ 67% d'acide linoléique ○ 19,7% d'acide oléique

Tableau 6 : composition d'huile de tournesol

❖ Production mondiale d'huile de tournesol : [1]

Production de Huile de tournesol: 5 producteurs principaux

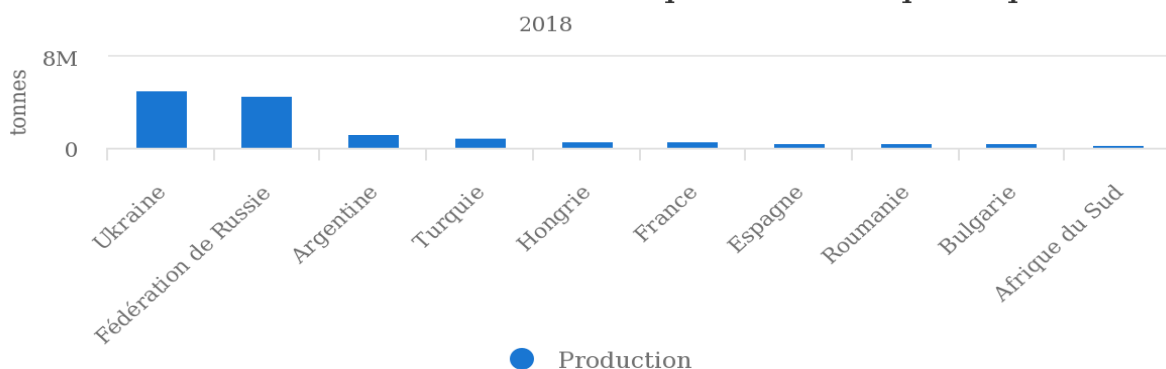


Figure 7 : les producteurs principaux d'huile de tournesol

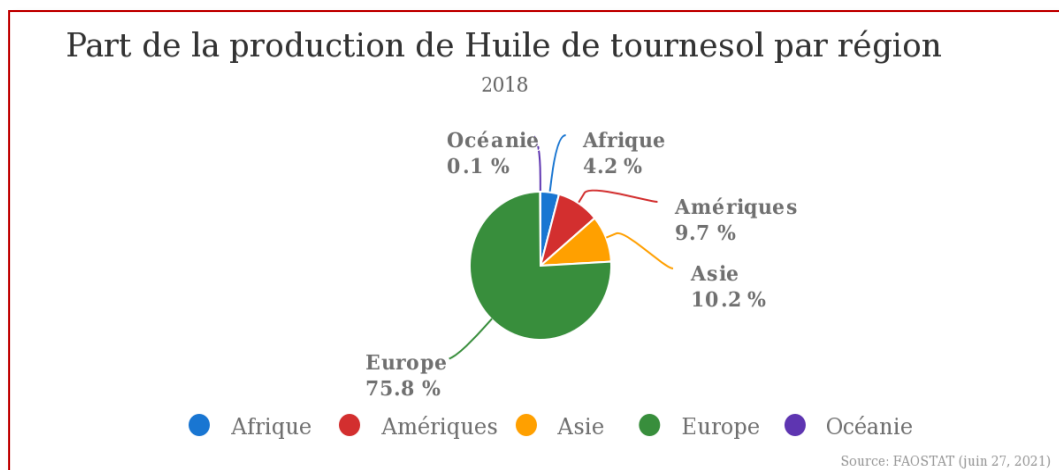


Figure 8 : part de la production d'huile de tournesol par continents

IV. Huile de grignon :

Les **grignons d'olive** sont un sous-produit du processus d'extraction de l'huile d'olive composé des peaux, des résidus de la pulpe et des fragments des noyaux. Les grignons sont les résidus solides résultant de l'extraction d'huile, alors que les résidus liquides sont dénommés margines.

Chapitre III :

« Processus de production des huiles alimentaires »

Le présent chapitre décrit les deux principales étapes de processus de la production des huiles alimentaires qui sont le raffinage et le conditionnement

I. Le raffinage des huiles alimentaires :

1. Généralités sur le raffinage :

Les huiles brutes obtenues renferment un certain nombre d'impuretés indésirables, responsables du goût et de l'odeur désagréables et de leur mauvaise conservation.

Le but du raffinage est de purifier ces huiles brutes végétales.

Le raffinage des huiles est l'ensemble des opérations successives qui servent à transformer l'huile brute en un produit comestible et à obtenir une huile aux qualités organoleptiques et chimiques satisfaisantes, en éliminant les phospholipides, les pigments, les saveurs étrangères, les acides gras libres et d'autres substances indésirables et nuisibles à la qualité d'huile.

Il existe deux types de raffinage :

- **le raffinage chimique.**
- **le raffinage physique.**

Le choix entre raffinage physique et chimique se fait en fonction de la nature de l'huile, de sa qualité et des objectifs visés.

Le raffinage nécessite plusieurs étapes comme : la démucilagination, la neutralisation, la décoloration, la filtration, la désodorisation et enfin la fortification de l'huile brute.

a) Le raffinage physique :

Raffinage physique signifie d'enlever les impuretés dans l'huile durant le processus de Désodorisation : Élimination des produits odorants et volatils par injection de vapeur d'eau dans l'huile chauffée à basse pression.

Caractéristiques du raffinage physique :

- Moins de perte d'huile et plus de comestibles / ratio de raffinage d'huile végétale.
- Pas d'eaux usées dans le processus de raffinage d'huile comestible de la production.
- Plus adapté à l'huile avec une valeur élevée d'acide et taux d'impureté faible.

b) Le raffinage chimique :

Le raffinage alcalin classique comprend généralement les étapes suivantes :

- ✚ Démucilagination ou dégomme : Élimination des mucilages à l'eau ou par des solutions acides (acide phosphorique).
- ✚ Neutralisation : Neutralisation des acides gras libre par une solution d'hydroxyde de sodium.

- + Lavage : Pour le lavage il est plus efficace de l'effectuer en deux stades pour éliminer les savons et les phospholipides hydratés.
- + Décoloration : Élimination des pigments et des colorants par des terres ou charbons actif.

Caractéristiques du raffinage chimique :

- Récupération de l'huile acide à partir du distillat.
- Produit d'importants volumes de pâtes de neutralisation.
- Excellente adaptabilité et moins exigence de qualité de l'huile.
- L'huile finie sera cohérente et stable.

2. Le processus du raffinage :

La S.I.O.F reçoit chaque jour des citernes de l'huile brute de Soja provenant de Casablanca (COSTOMA) où se trouve le dépôt de toutes les huileries du Maroc. Les citernes d'huile sont pesées, ensuite déchargées et stockées dans des silos de stockage en acier inoxydables qui ont une capacité de 1000 tonnes, au moyen de tuyaux munis d'un filtre destiné à retenir les éventuels corps étrangers. Le responsable laboratoire effectue les analyses suivantes sur un échantillon représentatif de la citerne : (% acidité -% d'impureté-% d'humidité – lécithine). Les résultats de ces analyses permettent de savoir la qualité d'huile. Au niveau de la SIOF il y a 5 cuves de stockage (3 cuves pour l'huile de soja, 1 pour l'huile de tournesol et 1 pour l'huile de grignon).

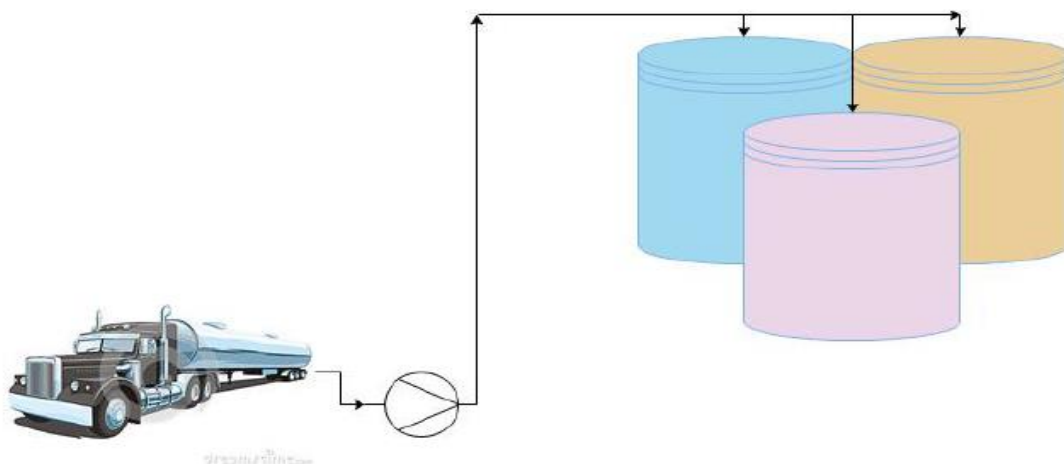


Figure 9 : réservoirs de stockage des huiles brutes

Le raffinage de l'huile de Soja se divise en plusieurs étapes :

A. La démucilagination ou dégomme :

La démucilagination est la première étape du raffinage de l'huile, elle permet de débarrasser les huiles brutes des mucilages qui sont des phospholipides, des lécithines et d'autres impuretés contenues dans l'huile brute.

Les principaux inconvénients des phospholipides sont présentés comme suit :

- De nombreux essais ont montré qu'une huile mal raffinée (mal débarrassée de ces phospholipides) s'acidifie, s'oxyde et prend plus rapidement un goût désagréable.
- Ces substances sont souvent liées à des métaux catalyseurs d'oxydation, désactivant les terres décolorantes et colmatant rapidement les filtres.
- Ces phospholipides peuvent provoquer des émulsions.

- **Procédé :**

L'huile brute venant des réservoirs de stockage à l'aide des pompes d'envoi, est préchauffée à une température de 60°C au moyen d'un échangeur thermique économiseur à plaque à contre-courant avec l'huile désodorisée (130°C), avant de la refouler à la cuve de lancement. Puis, l'huile est filtrée dans un filtre à double-corps à paniers centrifuges contenant chacun d'eux un tamis, afin d'éliminer les substances grossières.

Ensuite, l'huile est chauffée à une température **entre 85 -90°C** dans un échangeur thermique spiral avec de la vapeur d'eau adoucie venant de la chaudière, l'objectif de cette opération est diminuer la viscosité de l'huile.

Enfin, on injecte l'acide phosphorique commercial à 75% par une pompe doseuse à raison de **1 à 3%**. L'huile et l'acide sont agités dans un mixeur les homogénéisés, avant de les refouler vers le bac de contact dans lequel il va séjourner pendant **15 à 20 minutes**, ce temps de séjour est suffisant pour le gonflement des mucilages afin d'obtenir une bonne séparation.

On peut résumer cette étape par le schéma suivant :

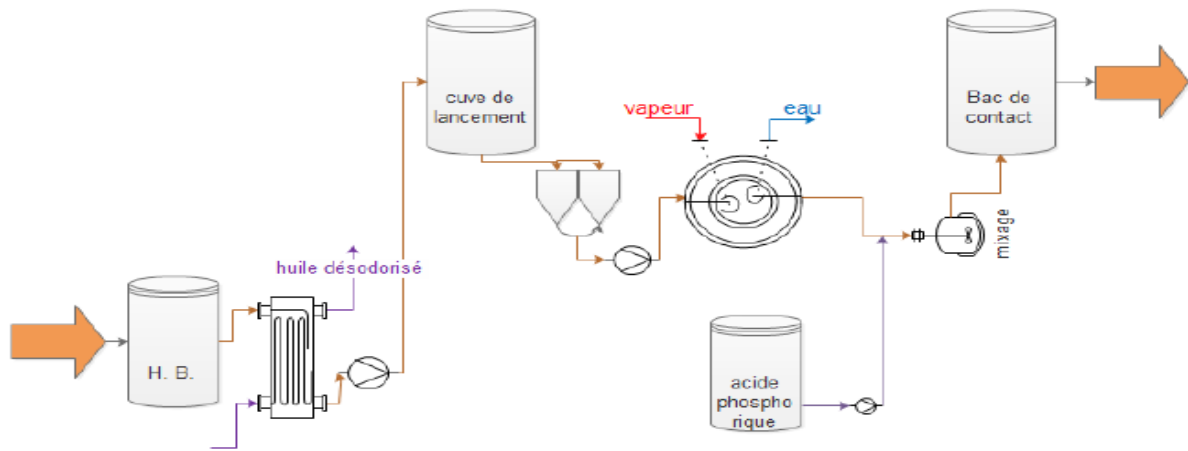


Figure 10 : les étapes du dégommeage

B. La neutralisation :

La neutralisation à la soude caustique vise à éliminer les acides gras libres sous forme de savons appelés « pâtes de neutralisation », et aussi à neutraliser l'acide phosphorique ajouté pour dégommer les huiles.

- **Procédé :**

La soude est injectée par une pompe doseuse dans l'huile provenant du bac de contact avec des proportions qui dépendent de son acidité, généralement de 16 à 18%. L'huile et la soude passent dans un second mixeur qui refoule le mélange vers un séparateur auto-débourbeur (RSE90) assurant la séparation de l'huile, des pâtes de neutralisation et des matières solides. Ce type de séparation a été particulièrement étudié pour assurer un fonctionnement en continu du raffinage. Il permet grâce à son système de débouillage partiel automatisé, une évacuation périodique de matières solides retenues dans le bol, sans arrêt de l'alimentation et sans perte d'huile. Cette technique permet que l'huile et la soude ne restent en contact que pendant un temps très court (3 à 10 secondes) afin d'éliminer toute saponification parasite.

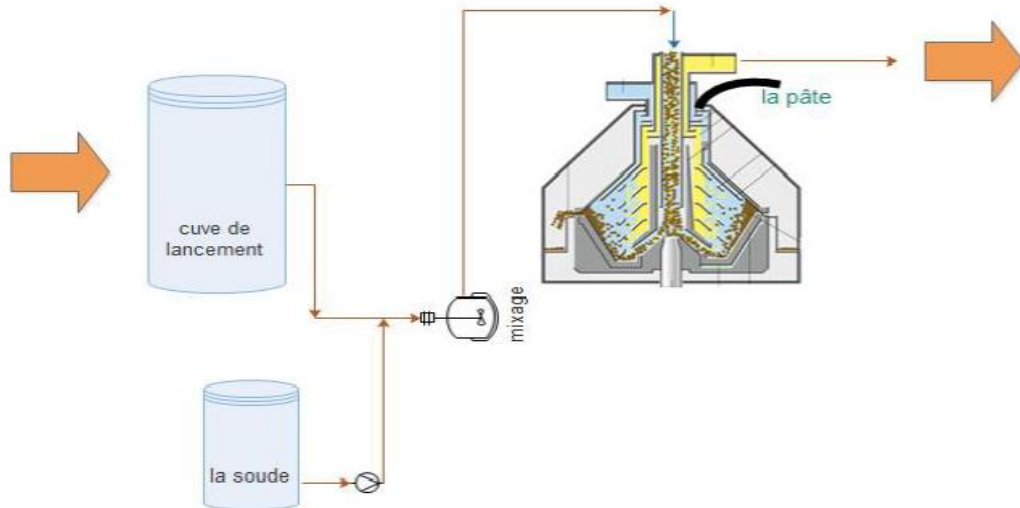


Figure 11 : les étapes de neutralisation

C. Lavage :

C'est l'opération qui permet d'éliminer les substances alcalines (savon et soude en excès) présentes dans l'huile après la neutralisation, ainsi que des traces de métaux, de phospholipides et autres impuretés.

Le lavage s'effectue en deux stades avec de l'eau adoucie.

1er lavage :

L'huile neutralisée est chauffée à une température de 90°C, ensuite on y ajoute de l'eau chaude adoucie, à la même température que l'huile (90°C) pour solubiliser les teneurs en savon résiduelles. Cette huile subit un mélange rapide puis une centrifugation à travers un séparateur pour séparer l'huile lavée de l'eau du premier lavage, ainsi que les impuretés entraînées avec elle.

2ème lavage :

On procède de la même façon, le deuxième lavage qui permet d'éliminer les dernières traces du savon ainsi on obtient une huile presque débarrassée du savon et l'eau du deuxième lavage.

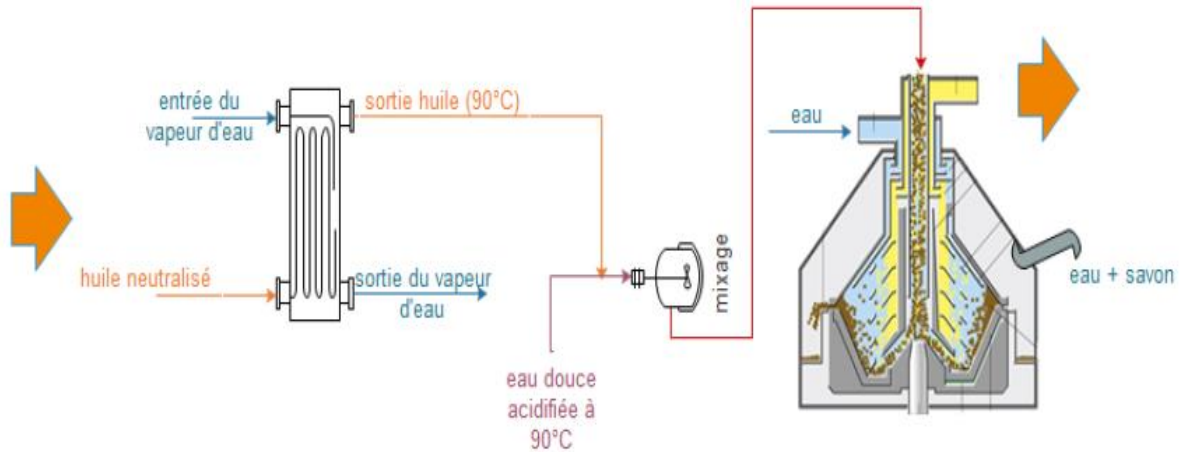


Figure 12 : les étapes du lavage

D. Séchage :

Après le deuxième lavage l'huile contient un taux d'humidité qui n'est pas négligeable, qui doit être réduit pour ne pas gêner les opérations qui suivent, surtout la filtration, durant laquelle un taux d'humidité élevé provoque un colmatage des filtres.

Cette opération est réalisée par un pulvérisateur qui envoie l'huile lavée d'une température de 90°C à grande vitesse dans une cuve de séchage sous vide ce qui provoque l'évaporation de l'eau à des températures n'atteignant pas les 100°C.

La présence de l'humidité dans l'huile augmente son acidité qui se traduit par la dégradation de l'huile.

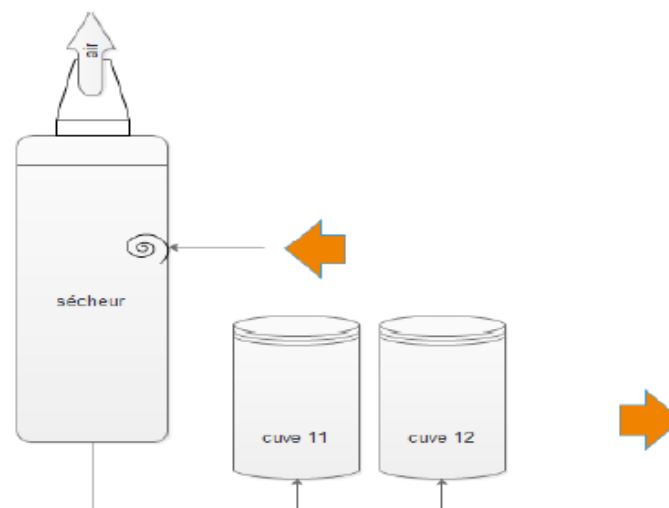


Figure 13 : les étapes du séchage

E. Décoloration :

Cette opération vise à éliminer les pigments colorés que la neutralisation n'a que très partiellement détruits dans une machine appelée décolorateur. Elle fait intervenir un

phénomène physique : l'adsorption sur des terres décolorantes, des charbons actifs, des silices spéciales ou des combinaisons de ces substances.

La quantité de terre utilisée est de 0.2 à 0.4%.

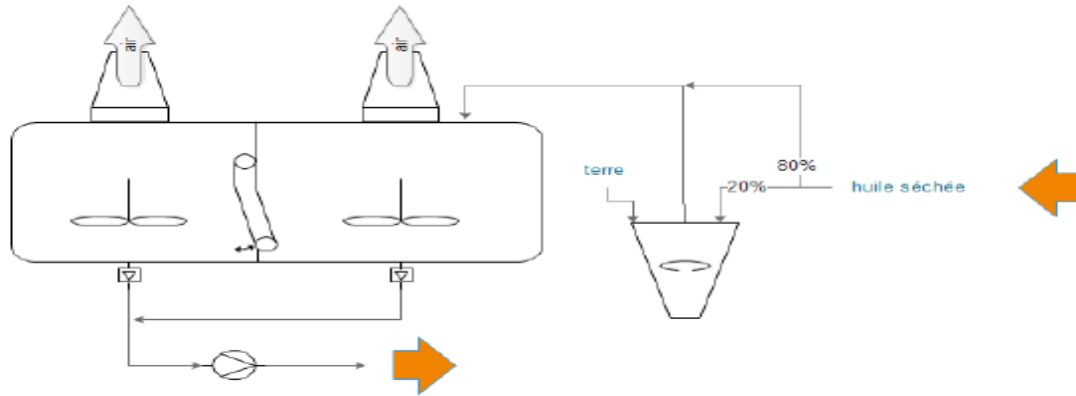


Figure 14 : les étapes de décoloration

F. Filtration :

L'huile sortante du décolorateur doit être débarrassée de la terre qu'elle contient en suspension, pour cela, l'huile passe tout d'abord dans un gros filtre à plaque, puis dans deux filtres à poche (filtres de sécurité) pour s'assurer que l'huile ne contient plus de terre ou de matière en suspension. L'huile filetée est ensuite stockée dans un réservoir (60Tonnes).

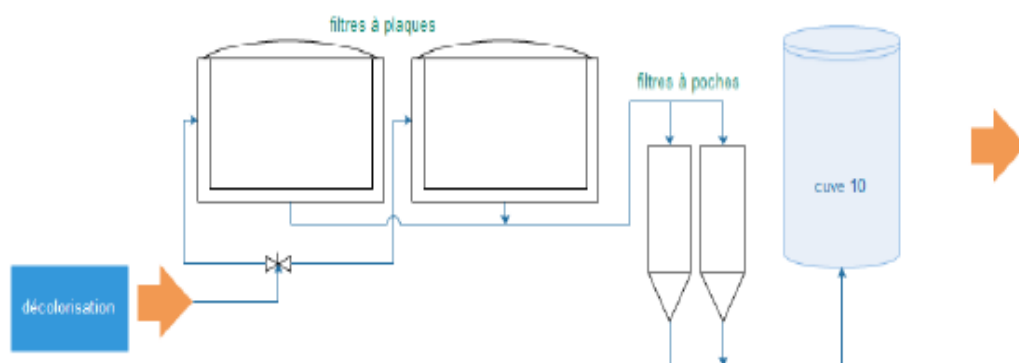


Figure 15 : les étapes de filtration

G. Désodorisation :

La désodorisation a pour but d'éliminer les substances volatiles comme les aldéhydes et les cétones, qui donnent une odeur et une saveur désagréables à l'huile, ainsi que les acides gras libres encore présents dont certains sont très sensibles à l'oxydation, La désodorisation réduit de manière importante les stérols et les Tocophérols. Cette opération consiste à injecter de la vapeur sèche dans l'huile maintenue sous vide (3 - 5 mmHg) à haute température ($\sim 220^{\circ}\text{C}$). Un chauffage prolongé à température élevée doit être évité, car il risque de provoquer une polymérisation.

Pour réaliser une bonne désodorisation, il faut :

- Avoir une huile décolorée ne contenant plus de traces de savon et de terres de blanchiment, de l'ordre de 3 ppm de phosphore, de l'ordre de 0,02 ppm de chlorophylle et pratiquement plus de traces métalliques.
- Utiliser des températures de l'ordre de 220- 240°C, dans un désodoriseur en acier inox.
- Une quantité de vapeur de l'ordre de 2000 m³/m³ d'huile par heure à 230°C.
- Refroidir l'huile après désodorisation à l'abri complet de l'air. Il est recommandé lors de la sortie de l'huile de saturer l'huile avec de l'azote.

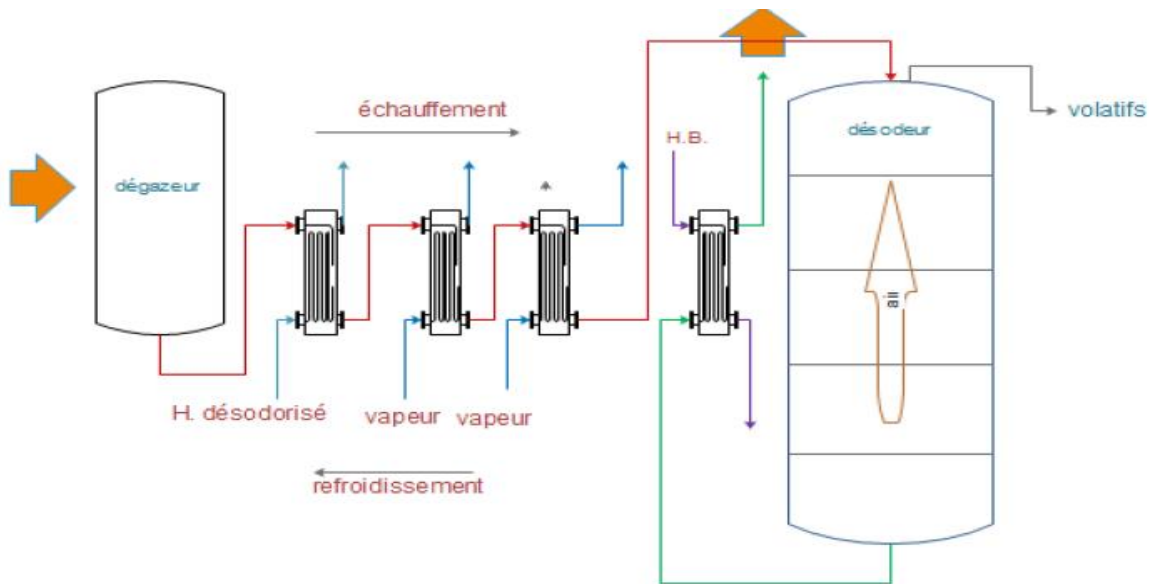


Figure 16 : les étapes de désodorisation

H. Fortification :

La fortification des aliments est définie comme tout traitement ayant pour but essentiel d'élever la teneur en principe nutritif de ces aliments au-dessus de la valeur considérée.

La fortification des aliments avec des vitamines **A** et **D3**, est une stratégie très efficace pour lutter contre les troubles dus aux carences en ces deux vitamines.

Après la désodorisation, et à l'aide d'une pompe doseuse on injecte à l'huile de la vitamine **A** et **D3**. Ces vitamines ajoutées d'une quantité bien définie par la réglementation, sont d'abord mélangées dans des petits bacs avec de l'huile désodorisée avant d'être injectées. Après, l'huile raffinée est pesée puis stockée dans des citernes sous une atmosphère azotée pour éviter l'oxydation.

On peut résumer le processus du raffinage comme illustré sur le schéma suivant :

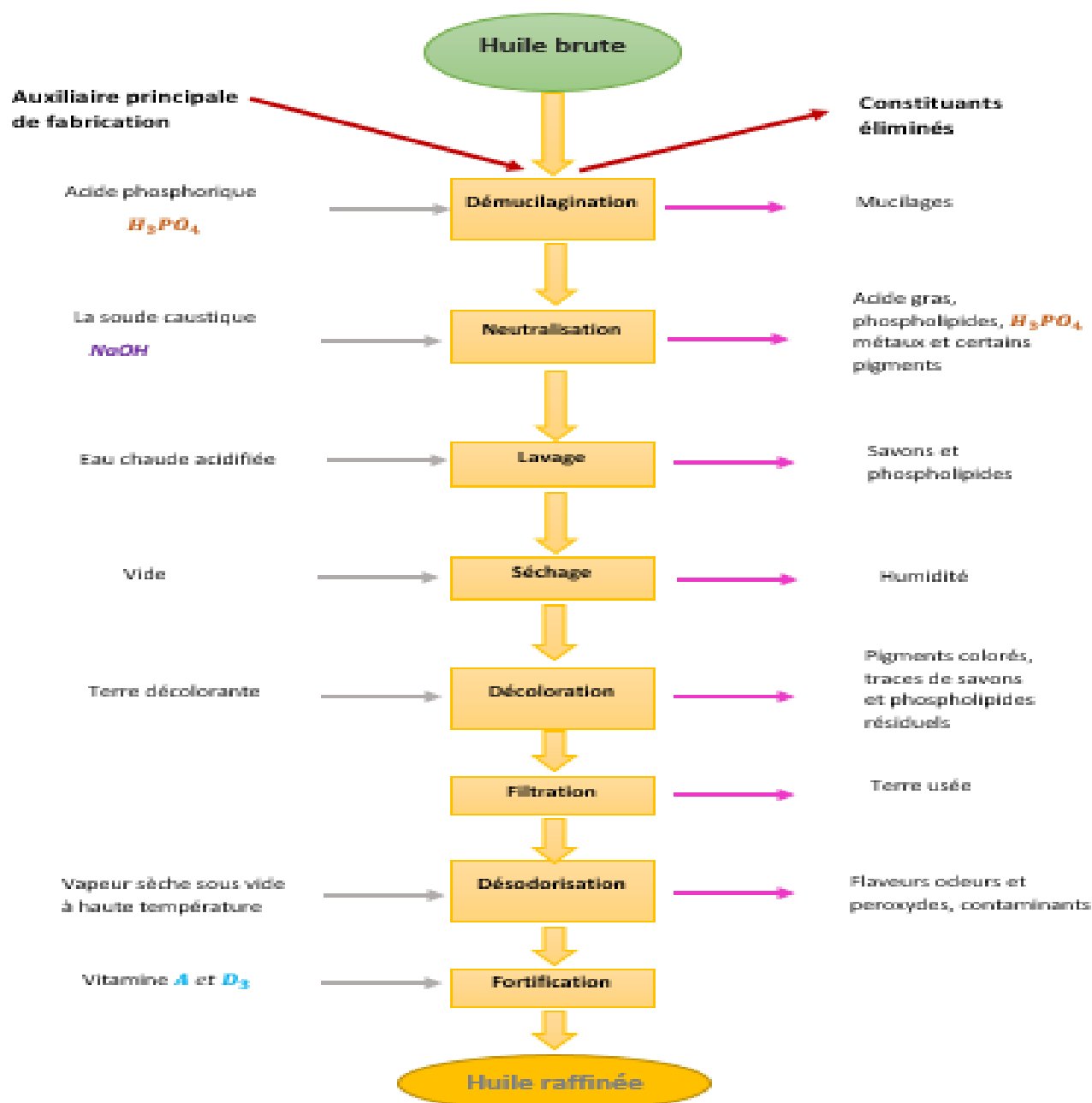


Figure 17 : résumé des étapes du raffinage des huiles alimentaires

II. Emballage et conditionnement :

1. Fabrication des emballages :

C'est la dernière étape de processus de production, il consiste à la fabrication de l'emballage plastique et la mise en bouteille de l'huile raffinée. SIOF est équipé par différentes machines de marque Françaises et Italiennes et Allemands.

La fabrication des bouteilles et bidons à partir des préformes s'effectue de la façon suivante :

Les préformes sont transportées par élévateur à bande, vers Les machines de soufflage à l'entrée de la machine, les préformes passent dans un four muni de lampes infrarouge pour le chauffage, d'une température d'environ 115 °C, et de tourneurs chacun fixe une préforme, Une répartition correcte de la chauffe permet de maîtriser l'étirage de la matière. A la sortie, les préformes sont prises par les goulots avec des pinces qui les font entrer dans le moule, des tiges y entrent par une pression de 7 bar pour lui donner la hauteur de la bouteille prévue c'est le pré-soufflage. Après vient l'étape de soufflage pendant laquelle la préforme subit une pression de 40 bar, lui permettant ainsi de prendre la forme du moule (la durée de soufflage dépend de la cadence de la machine, la pression, la nature des préformes, la température ambiante...).

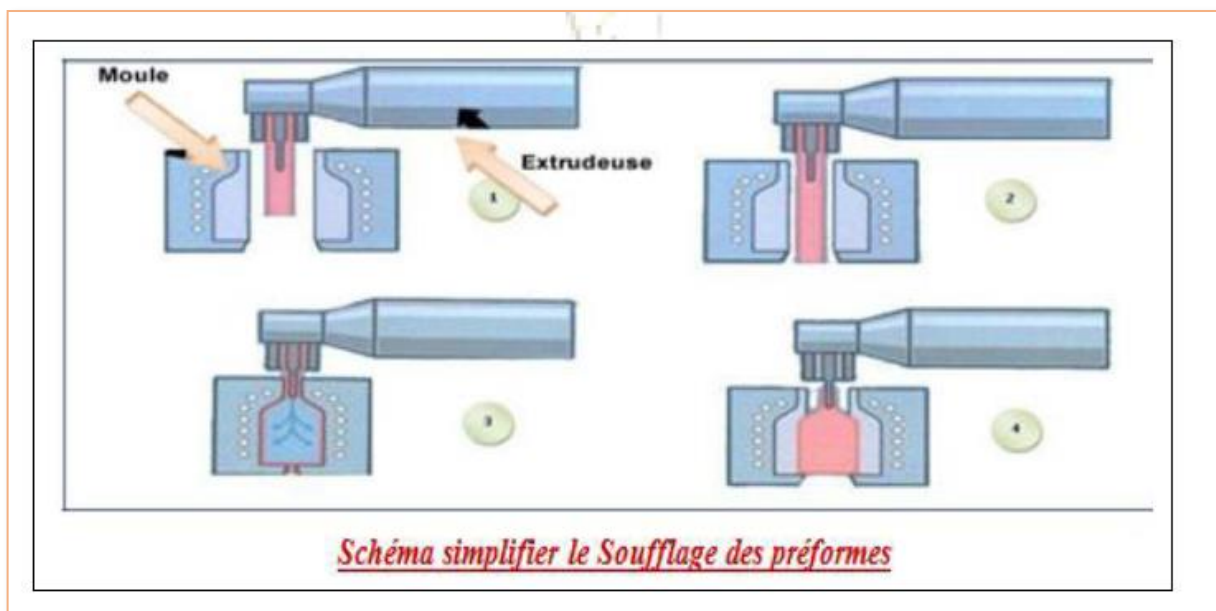


Figure 18 : le soufflage des préformes

1 : Moule ouvert : la paraison sort de l'extrudeuse puis descend dans le moule.

2 : Fermeture du moule : La fermeture du moule vient assembler la partie inférieure de la paraison.



3 : Soufflage de la paraison : la canne de soufflage introduit de l'air sous pression dans la paraison, celle-ci vient se plaquer sur les parois du moule refroidit.

4 : Ouverture moule : la pièce est évacuée à l'ouverture du moule et un nouveau cycle recommence.

2. Conditionnement :

Les bouteilles produites par **la souffleuse** sont envoyées directement par un convoyeur à air d'un débit de 1200bt/h, ce dernier alimente **la soutireuse**, qui est munie d'un piston ou d'une balance qui assure le remplissage des bouteilles, puis bouchées automatiquement par **des capsuleuses**, datées dans **une Dateuse** qui est muni d'une photocellule qui permet de régler l'impression selon la vitesse du convoyeur, et étiquetées dans **une étiqueteuse** à l'aide d'une colle à chaud.

A la fin, les bouteilles sont dirigées vers **une encaisseuse** ou elles sont déposées dans les cartons à l'aide d'un robot avec des ventouses (pour ½ et 1 L) .les cartons sont préalablement mis en forme parallélépipède dans des machines, après les cartons remplis sont dirigé vers **une colleuse** qui assure la fermeture par collage .les cartons glissent sur des palettes et sont transportés par des manutentions vers le magasin de commercial.

Chaque machine dispose d'un poste de commande pour rectifier les paramètres d'utilisation tels que la pression, la température et le débit.

Chapitre IV :

« Présentation du sujet »

Ce chapitre est réservé à quelques notions générales concernant les équipements de raffinage. Ensuite, pour formuler la problématique, on a établi une étude des pannes en utilisant la méthode de Pareto, QQQQCP.

I) Notions générales sur le matériel dans l'unité de raffinage

1) Échangeurs thermiques :

- Rôle de l'échangeur thermique : [2]

L'échangeur thermique a pour rôle de transférer l'énergie calorifique d'un fluide vers un autre, ceci sans les mélanger. Dans le cas d'un système de chauffage ou de production d'eau chaude, un premier fluide dit « chauffant », considéré comme le fluide primaire, sert à chauffer le fluide secondaire. Pour un bon échange, les deux fluides doivent être de température différente, c'est pour cela que l'un est chaud et l'autre froid.

Pour effectuer le transfert de chaleur, l'échangeur thermique a besoin d'un matériau qui soit assez conducteur afin d'optimiser l'échange, tout en limitant le plus possible les déperditions de chaleur. Dès lors que le transfert de chaleur s'effectue entre les deux fluides, alors l'échangeur thermique a pleinement accompli sa mission.

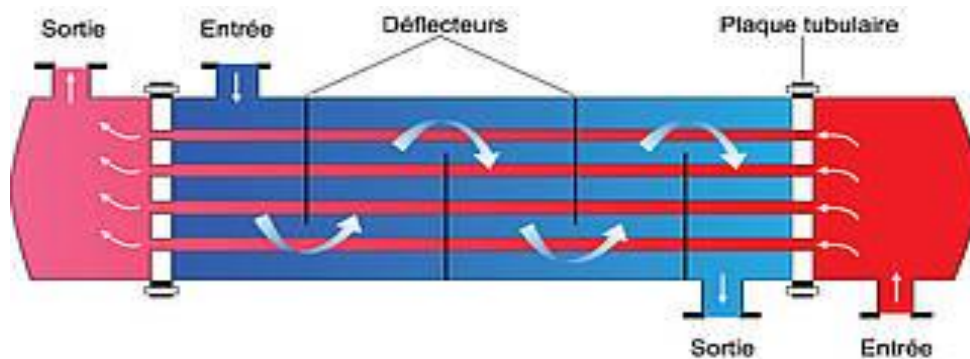


Figure 19 : schéma d'un échangeur thermique

Il faut en outre savoir que l'échangeur thermique ne sert pas seulement à réchauffer un fluide. Selon le système pour lequel il est utilisé, son rôle est d'assurer la réfrigération du fluide, c'est le cas pour les climatiseurs ou encore les réfrigérateurs.

- Fonctionnement d'un échangeur thermique :

Pour fonctionner, l'échangeur thermique dispose de réseaux parallèles à travers lesquels circulent les fluides à des températures différentes. Ces derniers sont séparés par une paroi aux capacités conductrices optimales. C'est l'écart de température entre les deux fluides qui permet l'échange de chaleur. En effet, le plus chaud va naturellement se diriger vers le plus froid, le réchauffant immédiatement, tout en perdant des calories. Ainsi, lorsqu'il entre chaud dans l'échangeur thermique, le fluide primaire va réchauffer le fluide secondaire qui est froid. Il sort alors refroidi, tandis que le second fluide est réchauffé.

Le fonctionnement d'un échangeur thermique se fait grâce à deux principaux dispositifs :

- ✓ Les plaques
- ✓ Les tubes

Il en existe d'autres, comme les échangeurs thermiques à ailettes, à bloc ou encore à spirales. Cependant, pour les systèmes de chauffage ou d'eau chaude des logements, ce sont surtout ceux à plaques et ceux munis de tubes qui sont principalement employés.

De plus, les échangeurs thermiques ne fonctionnent pas tous avec la même nature de fluide. Ils peuvent donc être de type :

- ❖ Eau/eau
- ❖ Vapeur d'eau/eau
- ❖ Huile/eau
- ❖ Eau/air
- ❖ Huile/air
- ❖ Air/air

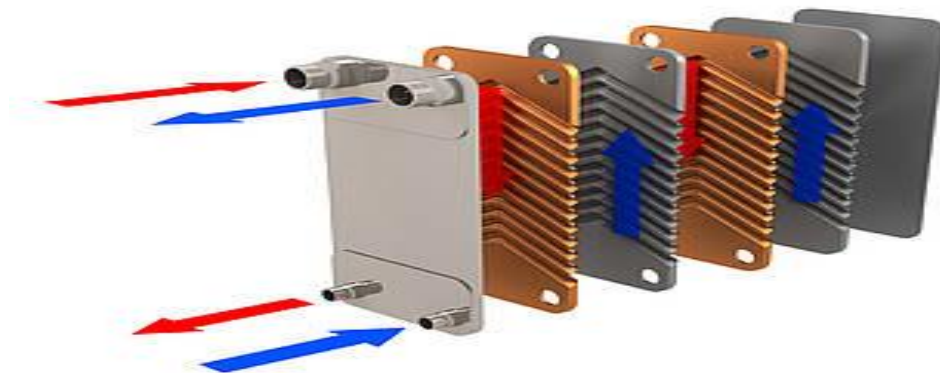


Figure 20 : schéma de fonctionnement d'un échangeur thermique

- **Les matériaux les plus utilisés :**

Pour que l'échangeur thermique fonctionne bien, la capacité conductrice d'un matériau est primordiale. En effet, plus le matériau sera conducteur, plus l'échange de chaleur sera optimal et efficace. Parmi les matériaux les plus utilisés, on retrouve notamment :

- Le cuivre
- L'inox
- L'aluminium

- L'acier

Ce sont ces matériaux que l'on trouve dans la plupart des radiateurs à inertie fluide, des chaudières, ou encore des chauffe-eau. On les trouve aussi dans les radiateurs des véhicules.

- **Les types d'échangeurs thermiques :**

- a) L'échangeur thermique à plaques :**

Dans le cas de l'échangeur thermique à plaques, les fluides se déplacent de chaque côté des plaques, qui sont généralement ondulées. Ce type d'échangeur thermique est fréquemment employé car il est très performant. On le trouve dans les climatisations, les réfrigérateurs ou encore dans les chaudières, pour la production d'eau chaude sanitaire.

Les plaques utilisées dans ce dispositif peuvent être :

- ✓ À joints
- ✓ Soudées
- ✓ Brasées
- ✓ Assemblées par fusion

Pour chaque type, il est primordial que l'étanchéité entre chaque plaque soit maximale afin que les fluides de différentes températures ne se mélangent pas. Ici, ce sont les plaques qui vont servir de conducteur de chaleur, elles sont fabriquées dans l'un des matériaux cités précédemment.

L'échangeur thermique à plaques peut donc disposer d'un système eau/eau, mais aussi air/air, comme c'est le cas pour certains systèmes de ventilations mécaniques contrôlées (VMC). Dans cet exemple, l'échange thermique se fait à courants croisés.

- b) L'échangeur thermique tubulaire :**

L'échangeur thermique tubulaire, ou multitubulaire, se compose de nombreux tubes qui sont placés dans une calandre. Très résistant à la pression, il est cependant assez encombrant et ne convient pas forcément aux installations domestiques.

C'est pour ces raisons qu'il est utilisé dans les installations puissantes.

c) L'échangeur thermique en forme de serpent :

L'échangeur thermique en forme de serpent utilise un tube qui est immergé dans l'eau. Le fluide primaire circule dans le serpent et réchauffe le fluide secondaire dans lequel le tube est immergé.

On le trouve dans les ballons tampon dotés d'un échangeur ou encore dans les climatiseurs, par exemple.

d) Les autres types d'échangeurs thermiques :

Les types d'échangeurs thermiques présentés ci-dessus ne sont pas les seuls disponibles. En effet, il en existe d'autres qui sont quant à eux destinés à des utilisations bien spécifiques, souvent dédiés au milieu de l'industrie. On peut citer :

- L'échangeur à bloc ou à micro-canaux, utilisé dans les unités extérieures des pompes à chaleur.
- L'échangeur à ailettes, que l'on trouve dans les radiateurs des véhicules.

2) Chaudière :

- Définition :

La chaudière est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur. Industriellement, on utilise les chaudières pour produire la vapeur nécessaire au fonctionnement des procédés.

Les sources de chaleur envisagées proviennent soit de la combustion de produits fossiles tels que charbon, pétrole, gaz naturel, soit de la combustion de sous-produits tels que fuel, gaz de raffinerie, de gazogène, de four à coke, soit de la combustion de déchets tels que grignon.

On distingue alors deux types de chaudières à combustible :

- Chaudière à grignon
- Chaudière à fioul

- Chaudière à grignon :

La chaudière à grignon est un réservoir qui est composé de deux chambres : une chambre de combustion dans lequel se brûle le grignon pour nous donner les fumées qui montent à la deuxième chambre. Cette dernière est composée d'un évaporateur

qui se constitue des faisceaux dans lequel circulent ces fumées. Cette chaudière a pour but de chauffer l'eau adoucie afin d'avoir de la vapeur pour l'utilisation (l'unité de raffinage).

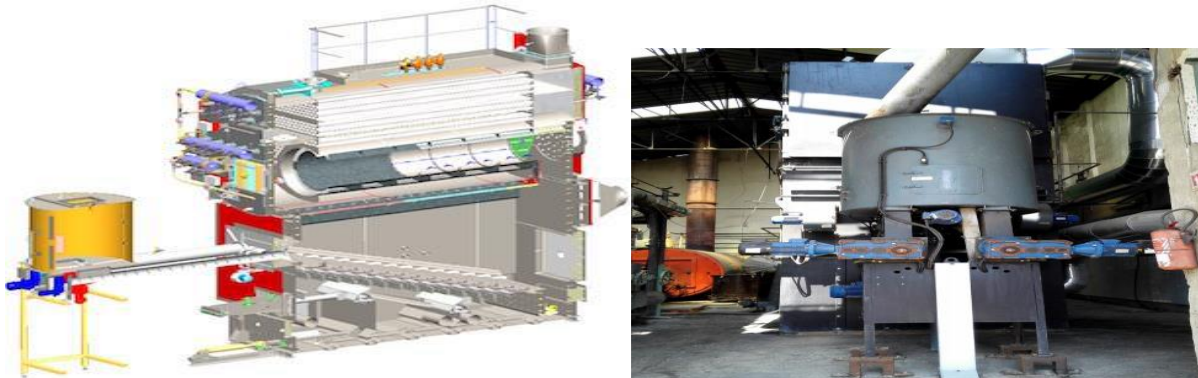


Figure 21 : chaudière à grignon

- **Chaudière à fioul :**

Le tube foyer, qui se trouve dans le ballon même de la chaudière, sous le plan d'eau, collecte les gaz chauds en sortie de brûleur. Les gaz chauds, accumulés dans un premier caisson à l'arrière de la chaudière, sont véhiculés par un groupe de tubes immergés dans l'eau du ballon vers un second caisson à l'avant de la chaudière. Un second groupe de tubes immergés emmène les gaz vers un troisième caisson à l'arrière de la chaudière, ce troisième caisson débouche sur la cheminée pour évacuation des fumées vers l'extérieur. Il y a donc circulation des gaz de combustion dans des tubes assurant, par conduction la vaporisation de l'eau.

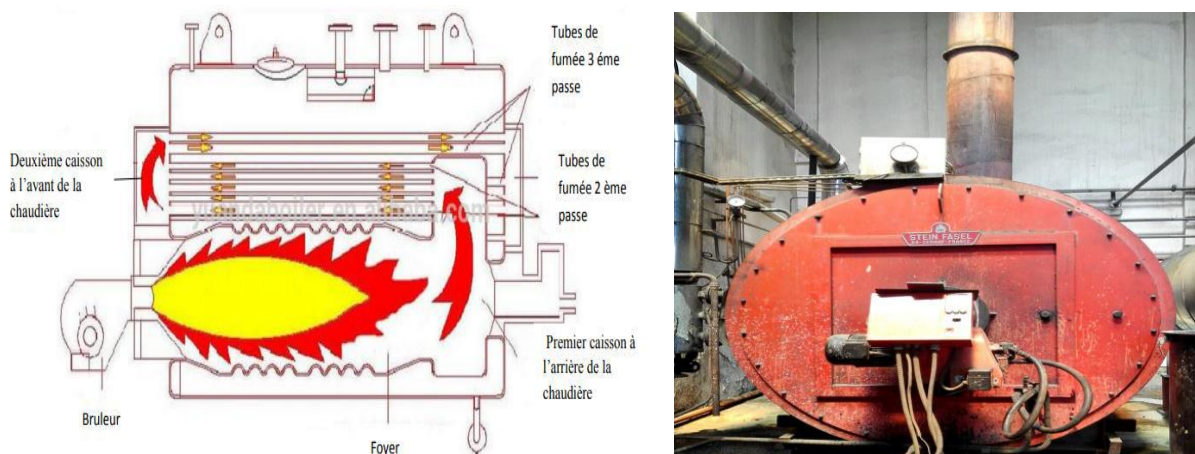


Figure 22 : chaudière à fioul

3) Mélangeur :

Un **mélangeur industriel** est un appareil qui permet mélanger ou homogénéiser un ou plusieurs composants, dont au moins un composant solide ou liquide.

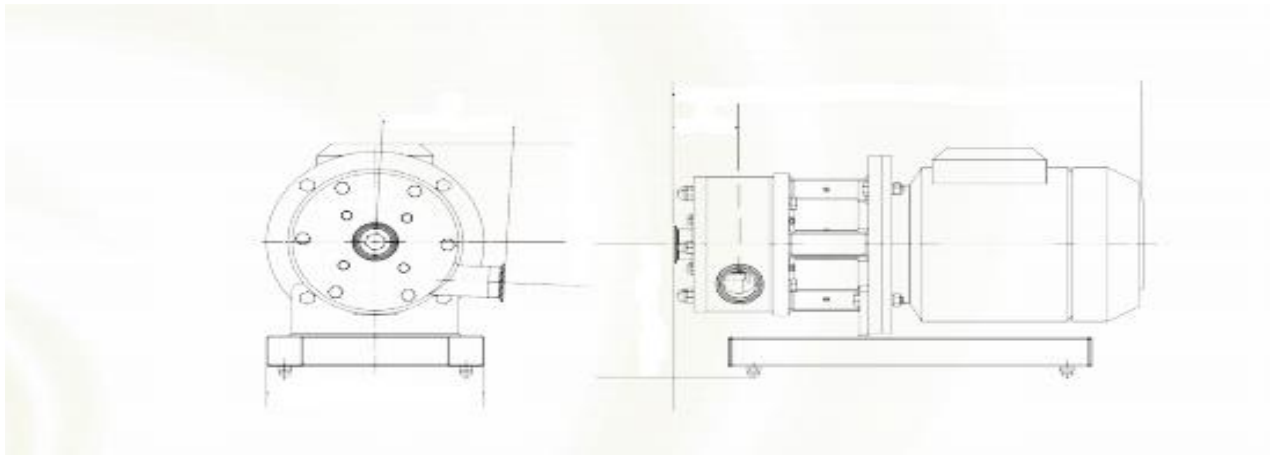


Figure 23 : composants d'un mélangeur industriel

❖ Les composants du mélangeur :

- Un moteur : permettant la mise en rotation de l'arbre d'agitation.
- Etanchéité entre le moteur et les produits à mélanger (suivant les produits à mélanger ce peut être une bague à lèvres, une garniture mécanique simple ou double).
- Un arbre : il transmet l'énergie du moteur à la tête de mélange.
- Une tête de mélange : équipée d'une partie fixe (stator) et d'une hélice en rotation (rotor).
- Un tube d'incorporation et une trémie (optionnelle) : il permet l'incorporation de composants directement sous le niveau du liquide.

❖ Fonctionnement du mélangeur :

Il y a deux principes de fonctionnement du mélangeur :

Principe du jet axial :

Un mélangeur est installé en toit ou en virole de cuve contenant le liquide à mélanger. Une fois la tête de mélange immergée dans le liquide, l'agitation est mise en route,

l'arbre est mis en rotation. La tête de mélange grâce à son ensemble rotor/stator crée un puissant jet axial (flèche sur le dessin ci-contre).

Ce jet axial permet d'éviter les problèmes rencontrés avec un mélangeur conventionnel tels que :

- la sédimentation des produits dans la cuve ;
- la création de vortex et donc l'introduction d'air dans le mélange ;
- l'installation de contre-pals dans la cuve (absence de zones mortes facilitant le nettoyage).

 Principe du bipasse : [3]

Le bipasse est un tube d'incorporation qui peut être ajouté au mélangeur à Jet Axial pour introduire les poudres (schéma ci-dessus). La tête de mélange en forme de venturi crée une forte dépression. Le bipasse est placé juste au-dessus de la tête de mélange, ce qui permet aux poudres d'être aspirées par la dépression. Les poudres sont aspirées sous le niveau du liquide, ce qui évite les risques de flottaison et donc les formations de grumeaux.

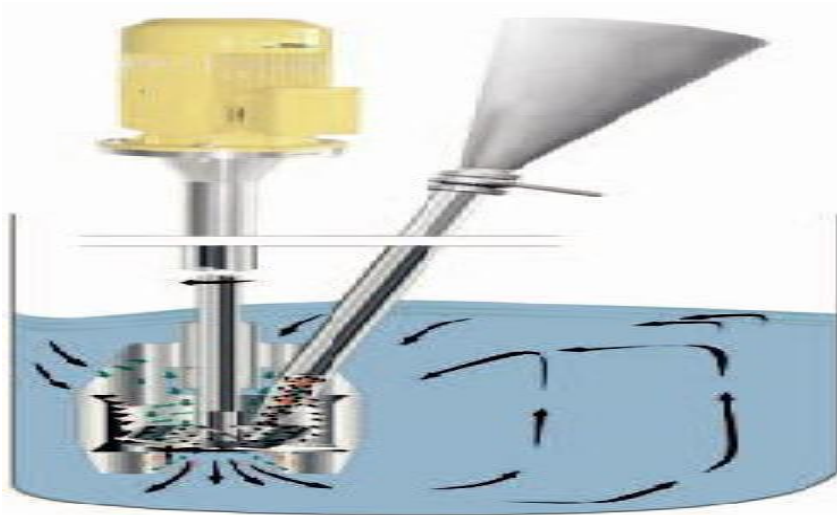


Figure 24 : schéma du principe du bipasse

4) Pompes :

- Définition :

Les pompes sont des machines qui réalisent l'écoulement d'un fluide dans un réseau en utilisant une certaine quantité d'énergie fournie par un moteur.

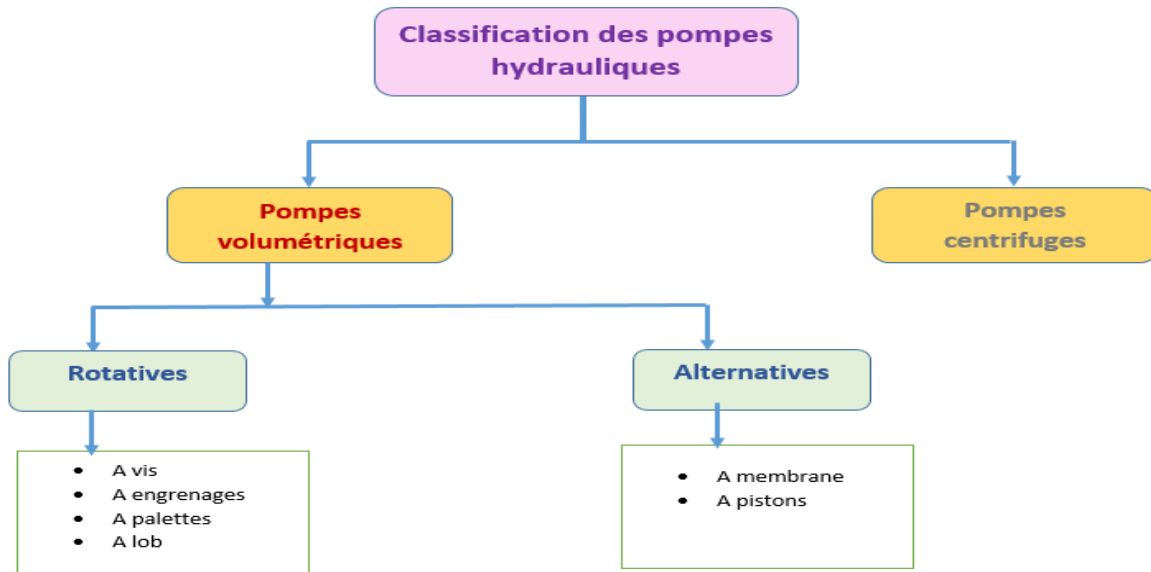


Figure 25 : classification des pompes hydrauliques

- La **pompe volumétrique**, ou dite à capacité variable, est une pompe dans laquelle l'écoulement du fluide résulte de la variation d'une capacité occupée par le fluide. Son fonctionnement repose sur le principe du mouvement cyclique.
- La **pompe centrifuge** est une machine tournante qui grâce à un rotor à aubes augmente l'énergie cinétique et projette, à l'aide de la force centrifuge, le liquide à la périphérie sur la volute. À la sortie et à l'aide d'un divergent, une grande partie de l'énergie cinétique se transforme en pression motrice.

- **Pompes PCM :** [4]

L'unité de raffinage est équipée des pompes volumétriques à vis excentrées, ce type des pompes est fabriqué en inox pour des mesures hygiènes.



Figure 26 : pompe volumétrique PCM

Une pompe PCM Moineau™ est constituée d'un rotor tournant à l'intérieur d'un stator hélicoïdal. Lorsque le rotor tourne à l'intérieur du stator, une double chaîne de cavités étanches (alvéoles) est constituée. Lors de cette rotation, les alvéoles progressent le long de l'axe de la pompe sans changer de forme ni de volume, transférant le produit sans le dégrader.

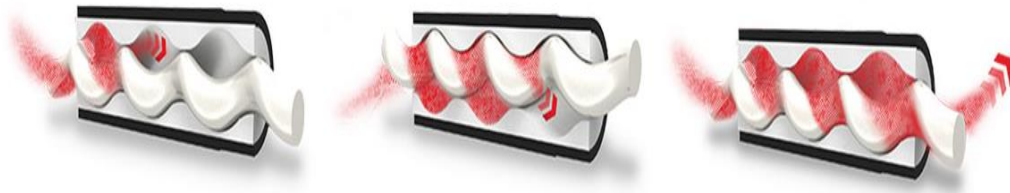


Figure 27 : fonctionnement d'une pompe volumétrique PCM

✚ Avantages :

- ✓ Pouvoir d'aspiration élevé.
- ✓ Auto-amorçage.
- ✓ Réversibilité possible.
- ✓ Accepte les fluides avec particules.

✚ Applications principales :

- ✓ Transfert de produits liquides fragiles et/ou visqueux.
- ✓ Dosage de produits liquides fragiles et/ou visqueux.

5) Séparateur :

Les séparateurs centrifuges sont mis en œuvre pour la séparation de mélanges liquides ou l'élimination de matières solides à partir de liquides ou de mélanges de liquides.

Dans un bol en rotation des forces centrifuges importantes sont produites, sous l'action des forces centrifuges, il s'effectue en un minimum de temps la séparation du mélange liquide et/ou l'élimination des particules solides.

Les composantes de haute densité chemine vers le périphérique du bol, tandis que les densités de faible densité se dirigent vers le centre du bol.



Figure 28 : séparateur d'huile RSE 150

Domaines d'application des séparateurs : [5]

Les séparateurs sont destinés à des tâches de séparation qui exigent une précision de séparation élevée ou qui nécessitent la séparation de fines particules. Ils sont également utilisés pour la séparation de mélanges solides-liquides présentant une faible différence de densité. Les possibilités d'application des séparateurs à assiettes sont nombreuses et se retrouvent dans les secteurs industriels les plus variés, dont notamment :

- Le secteur agro-alimentaire et les boissons ;
- L'industrie des graisses et huiles animales et végétales ;
- La chimie, le secteur pharmaceutique et la biotechnologie ;
- Les huiles minérales et l'énergie ;
- La protection de l'environnement ;

Les séparateurs sont principalement utilisés pour trois procédés de séparation différents :

- ✓ Comme clarificateur pour la clarification de liquides La clarification correspond à la séparation de particules solides très fines d'un liquide. Le séparateur est utilisé pour les mélanges à faible teneur en matières solides. Pour un mélange à clarifier avec une grande quantité de solides, le décanteur est le bon choix. La clarification des turbidités du jus de fruit est un exemple d'application type pour un séparateur.
- ✓ Comme purificateur/séparateur pour la séparation de mélanges de liquides. La séparation consiste à séparer un liquide à faible densité d'un liquide avec une

densité plus élevée. Un exemple d'utilisation d'un séparateur est la séparation de gouttelettes d'eau contenues dans de l'huile minérale. Les solides peuvent se séparer en même temps.

- ✓ Pour la concentration de liquides. La concentration est la séparation d'un liquide léger et d'un liquide lourd. L'extraction d'huile essentielle de l'eau à l'aide du séparateur en est un exemple. La séparation simultanée de solides est possible.

II) Analyse des pannes dans l'unité de raffinage :

1) La méthode de Pareto :

Pour savoir les machines les plus critiques dans l'unité du raffinage, on applique la méthode de Pareto en s'appuyant sur l'historique des arrêts durant trois mois (Février, Mars et Avril) de l'année 2021.

La machine		La date	Nombre de panne
Échangeurs	Arrêt à 9h30 : thermomètre est défectueux.	27/04/2021	1
Chaudière à fuel	Arrêt à 7h30 : problème d'électricité	16/02/2021	1
Filtres	Arrêt de 7h à 15h : mauvaise vaporisation.	29/04/2021	1
Pompes	- Arrêt de 8h30 à 13h30 : réparation de la pompe d'acide phosphorique.	20/02/2021	4
	- Arrêt de 8h à 19h : réparation de la pompe de fuel.	20/03/2021	
	- Arrêt de 16h à 19h : réparation de la pompe de la pâte.	30/03/2021	
	- Arrêt de 10h à 17h40 : réparation de la pompe d'envoi.	31/03/2021	
Chaudière à grignon	- Arrêt à 11h30 : manque de vapeur.	10/02/2021	7
	- Arrêt de 9h30 à 17h : encrassement des faisceaux de tubes.	21/02/2021	
	- Arrêt de 8h à 16h30 : encrassement faisceaux de tubes.	24/02/2021	
	- Arrêt de 9h à 17h : encrassement des faisceaux de tubes.	12/03/2021	
	- Arrêt de 17h à 5h : diminution de pression.	25/03/2021	
	- Arrêt de 22h à 1h : blocage de la vis d'alimentation de grignon.	03/04/2021	
	- Arrêt de 15h à 4h : blocage de la vis d'alimentation de grignon.	12/04/2021	
Désodeur	- Arrêt de 9h30 : vidange du circuit de désodorisation.	02/03/2021	2
	- Arrêt de 14h30 à 17h : blocage des vannes.	11/03/2021	

Séparateurs	- Arrêt de neutralisation à 12h : vidange du circuit.	03/02/2021	12
	- Arrêt de neutralisation de 10h à 11h : vibration du moteur.	08/02/2021	
	- Arrêt à 11h30 : plein cuve huile séchée (H.S) et huile décolorée (H.D).	10/02/2021	
	- Arrêt de séparateur RSA 150 à 10h30 à 12h : augmentation du bruit.	12/02/2021	
	- Arrêt de neutralisation de 23h55 à 1h30 : vidange du circuit.	21/02/2021	
	- Arrêt de séparateur RSE 90 de 00h30 à 8h : augmentation du bruit.	22/02/2021	
	- Arrêt de neutralisation à 15h : vidange du circuit.	25/02/2021	
	- Arrêt de neutralisation de 15h à 17h : entretien du séparateur RSA 60.	10/03/2021	
	- Arrêt de neutralisation à 12h : lessivage du séparateur RTA.	06/04/2021	
	- Arrêt de neutralisation à 23h55 : vidange du circuit.	23/04/2021	
Dégazeur	- Arrêt de 18h à 1h : plein cuve H.S et H.D.	28/04/2021	1
	- Arrêt de neutralisation de 15h à 8h : manque de vapeur.	29/04/2021	
Dégazeur	Arrêt de 10h à 12h30 : nettoyage du dégazeur par la soude.	13/04/2021	1
Sécheur			0
Mixeurs	Arrêt à 11h : vibration du moteur.	29/04/2021	1

Tableau 7 : historique des arrêts dans l'unité de raffinage

On classe ces incidents dans un ordre décroissant puis on calcule le pourcentage et le pourcentage cumulé des pannes :

Machine	Nombre de pannes	%	cumulé en %
Séparateurs	12	40	40%
Chaudière à grignon	7	23,34	63%
Pompes	4	13,34	76%
Désodeur	2	6,67	83%
Mixeurs	1	3,34	87%
Chaudière à fioul	1	3,34	90%
Echangeurs	1	3,34	93%
Filtres	1	3,34	97%
Dégazeur	1	3,34	100%
Sécheur	0	0	100%
Total	30		

Tableau 8 : classement de nombre de pannes dans l'unité de raffinage

Ainsi le diagramme de Pareto obtenu est le suivant :

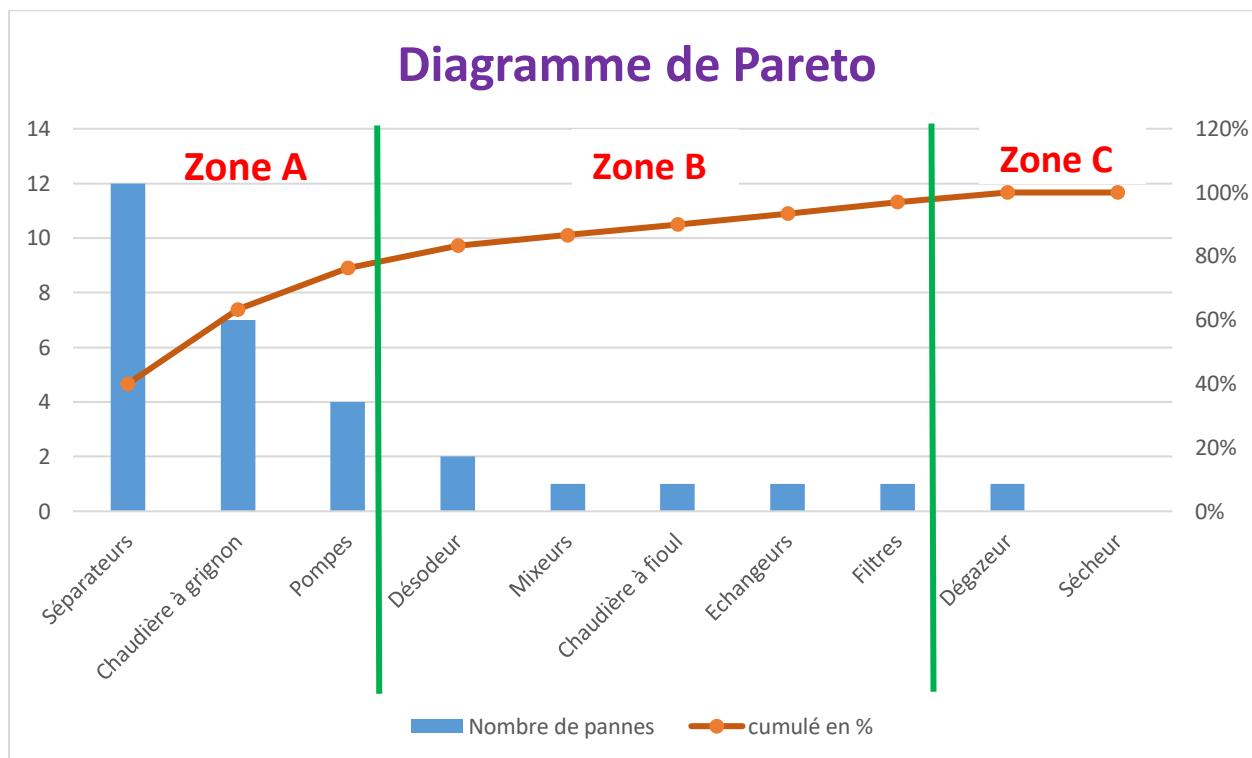


Figure 29 : diagramme de Pareto

➤ Analyse du diagramme :

D'après la méthode de Pareto, on classe ces éléments en trois catégories :

- Zone A : séparateurs, chaudière à grignon et pompes.
- Zone B : désodeur, mixeurs, chaudière à fioul, échangeurs et filtres.
- Zone C : dégazeur et sécheur

Les éléments suivants : séparateurs, chaudière à grignon et pompes forment la zone A, ils représentent 76% de défaillances, ce sont donc ces trois machines qui sont critiques de point de vue maintenabilité. Sur ces trois éléments qu'il faut focaliser les efforts émettant en œuvre un plan d'actions prioritaire.

2) Interprétations :

D'après l'analyse de la courbe de Pareto, on a pu constater que presque 80% des pannes dans l'unité de raffinage sont dues aux pannes des séparateurs, chaudière à grignon et les pompes. Or ces deux derniers éléments fonctionnent en système alternative, sachant que les séparateurs fonctionnent en charge et puisque la neutralisation est l'étape capitale et critique dans le processus de raffinage, ce qui nous a conduit à s'intéresser à l'étude de maintenance de la neutralisation.

III) Problématique :

Chaque société opte pour la diminution des temps improductifs, car l'arrêt ou le ralentissement de la production sont considérés comme des causes primordiales des pertes financières.

L'usine de SIOF à Fès connaît une augmentation des temps des arrêts de la production due essentiellement aux pannes des séparateurs, sans oublier, les problèmes de pertes d'huile au niveau du circuit de raffinage. Notre intervention se déroulera autour de ces problèmes.

• Méthode QQQQCP :

Qui ?	Service de la maintenance.
Quoi ?	Arrêts fréquents de la production des huiles alimentaires.
Où ?	L'unité de raffinage de la société SIOF à Fès.
Quand ?	La période de stage : février à juin 2021.
Comment ?	• Identification des équipements les plus défectueux. • Elaboration d'un plan de maintenance préventive. • Suggestion des améliorations dans l'unité de raffinage.
Pourquoi ?	• Diminuer le temps des arrêts de la production. • Le coût de la maintenance est élevé. • Améliorer la fiabilité d'équipements.

Tableau 9 : application de la méthode QQQQCP

• Bête à corne du séparateur :

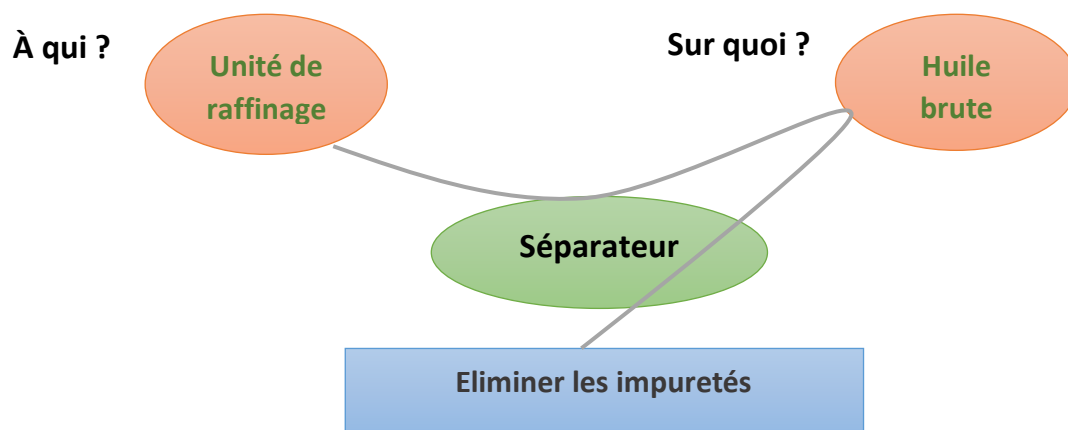


Figure 30 : diagramme de bête à corne du séparateur

IV) Étude de la neutralisation :

La centrifugation est un procédé des séparations des composés d'un mélange en fonction de leur différence de densité, en les soumettant à une force centrifuge. Le mélange à séparer peut être constitué soit de deux phases liquides soit de particules solides en suspension dans un fluide.

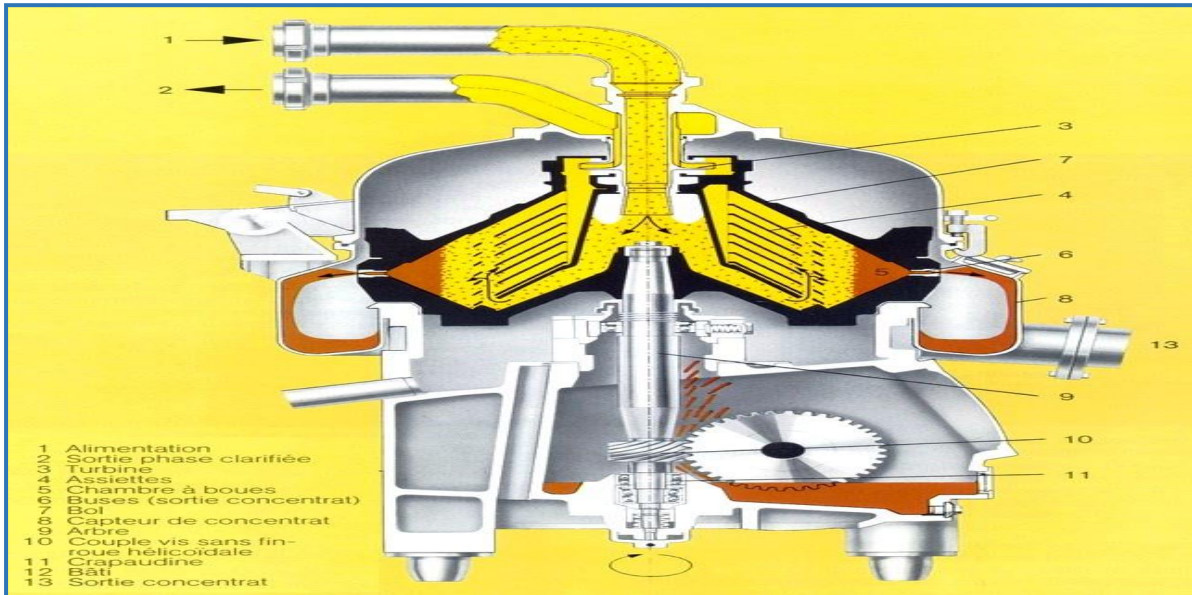


Figure 31 : les composants d'un séparateur

1) Les composants :

a) Pièces du bâti : [6]

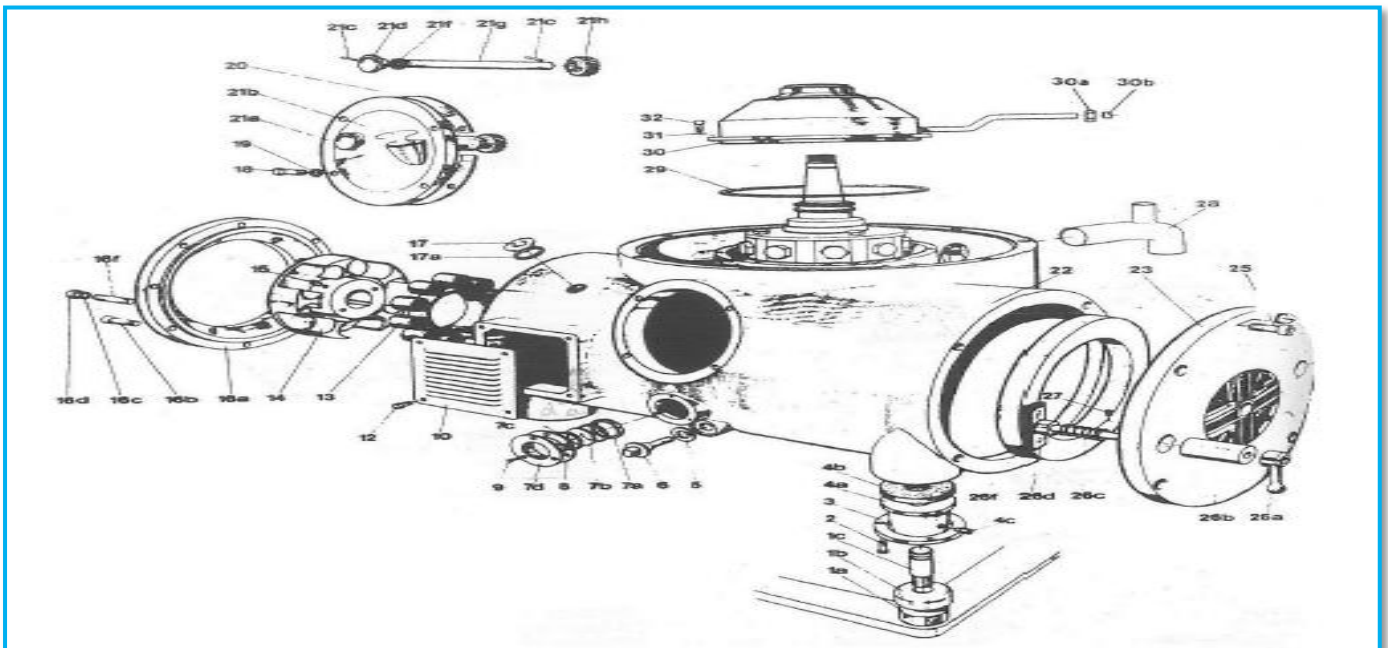


Figure 32 : pièces du bâti

b) Pièces horizontales : [6]

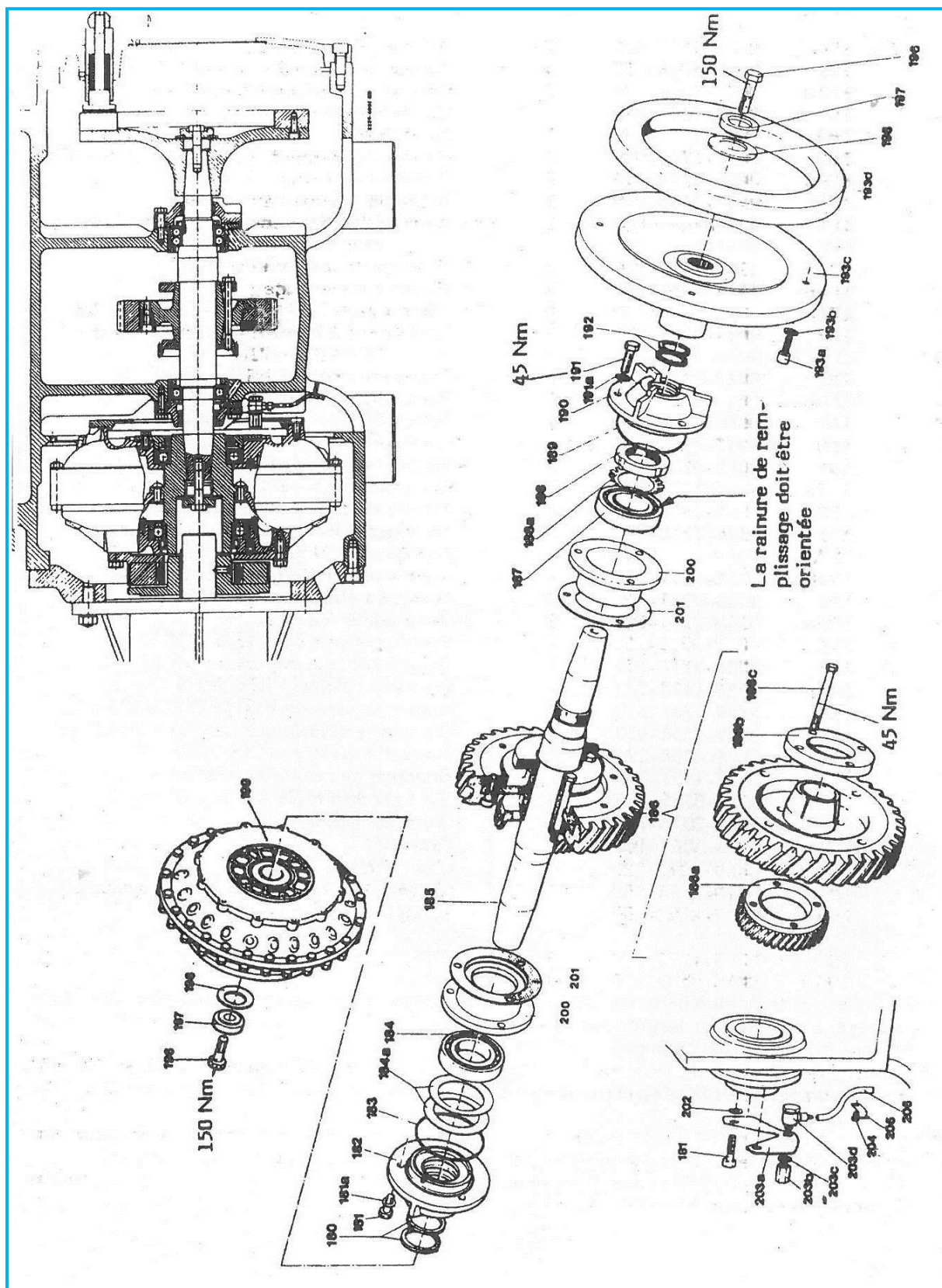


Figure 33 : pièces horizontales du mécanisme

c) Pièces verticales : [6]

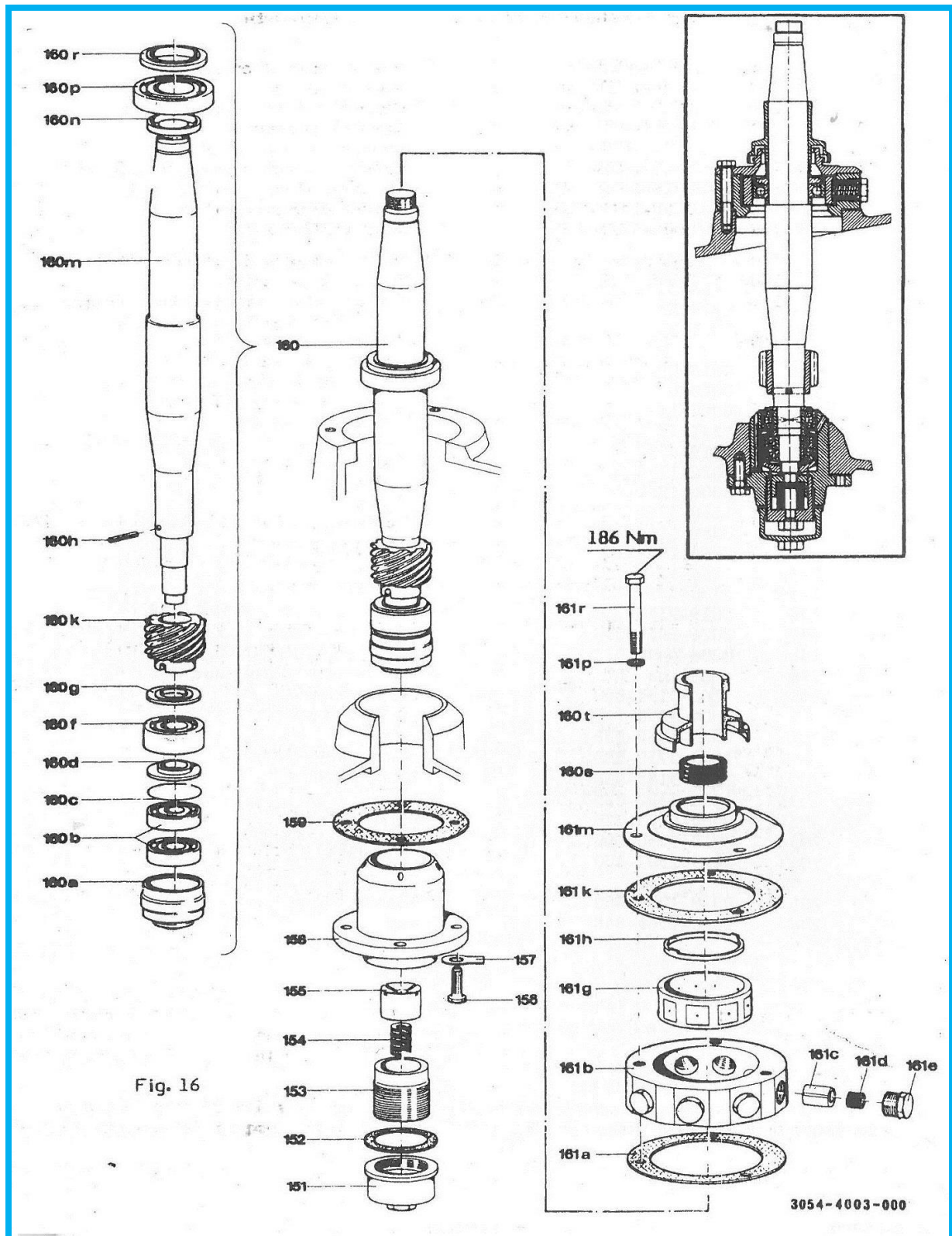


Figure 34 : pièces verticales du mécanisme

d) Accouplement hydraulique :

L'accouplement hydraulique amène le bol progressivement à son régime normal de rotation en ménageant le mécanisme et le moteur. Par l'intermédiaire de l'huile contenue dans l'accouplement, la force motrice est transmise de la roue primaire entraînée par l'arbre du moteur à la roue secondaire entraînant l'arbre de la roue hélicoïdale du séparateur.

e) Electrovannes :

Il s'agit d'électrovannes droites, chacune avec vanne pilote deux voies. Elles comportent un dispositif de commande manuelle permettant des opérations de contrôle. La tête magnétique est enrobée d'une couche de résine époxy assurant une protection parfaite contre l'humidité, et aussi une bonne dissipation de la chaleur et une isolation électrique optimale. Les vannes sont donc entièrement tropicalisées.

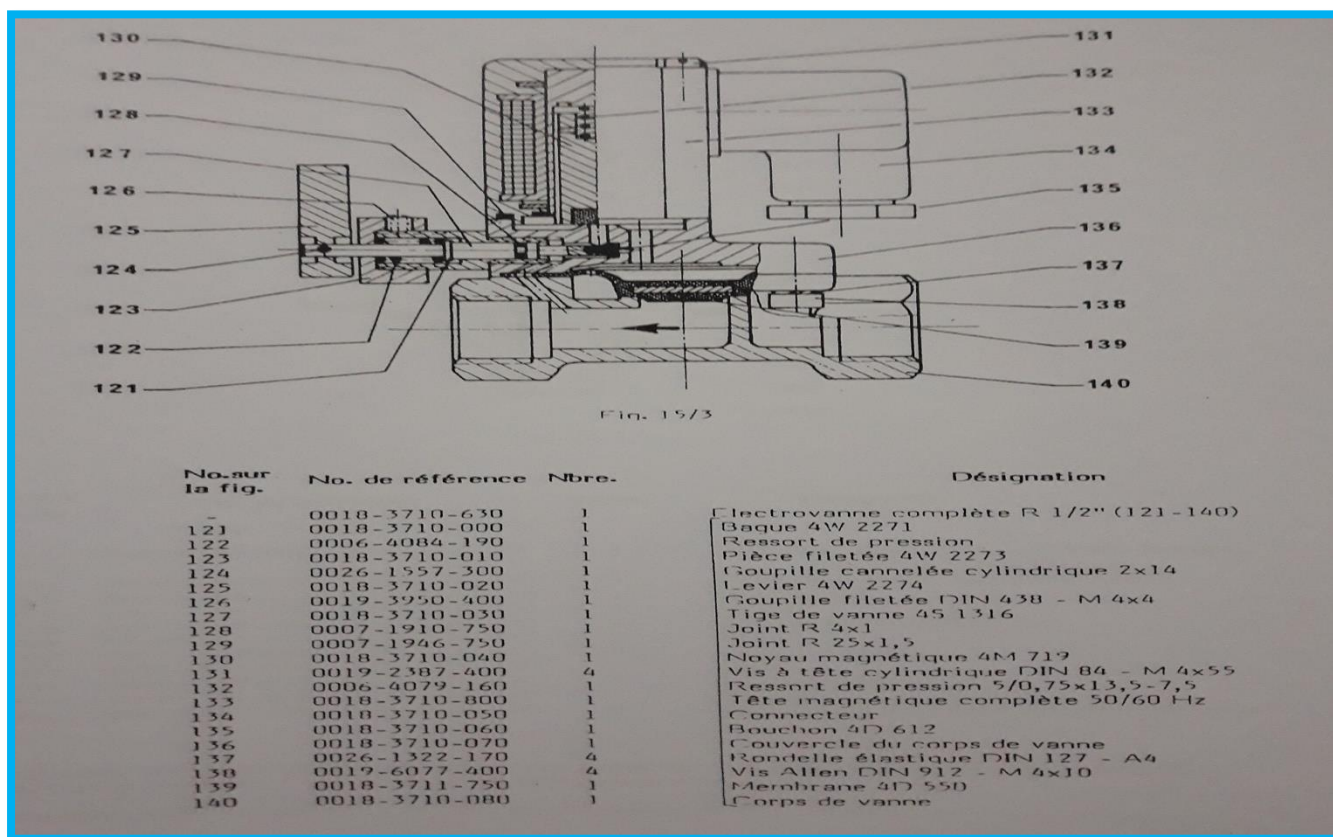


Figure 35 : coupe horizontale d'une électrovanne

2) Fonctionnement :

Les **séparateurs** auto-débourbeurs, autonettoyants ou automatiques fonctionnent de manière semi-continue (quasi-continue) en ce qui concerne l'évacuation des solides et

se caractérisent par le fait que les solides centrifugés dans la chambre du bol par force centrifuge peuvent être évacués périodiquement sans devoir arrêter le séparateur. Ceci est obtenu en abaissant hydrauliquement la partie inférieure du compartiment des solides à double cône, en ouvrant un espace annulaire à travers lequel les sédiments peuvent être éjectés à pleine vitesse. Les séparateurs centrifuges à disques autonettoyants (séparateurs à grande vitesse) conviennent donc pour les teneurs en matières solides moyennes dans la suspension entrante.

Un séparateur centrifuge à disques autonettoyant (auto-débourbeur ou automatique) est généralement compatible NEP (fonction Nettoyage En Place). La fonction NEP est intégrée par le module de commande. Le volume de l'évacuation des matières solides pendant la vidange peut généralement être modifié. La vidange complète du bol est également appelée vidange complète ou vidange totale ; une vidange plus petite est alors appelée vidange partielle.

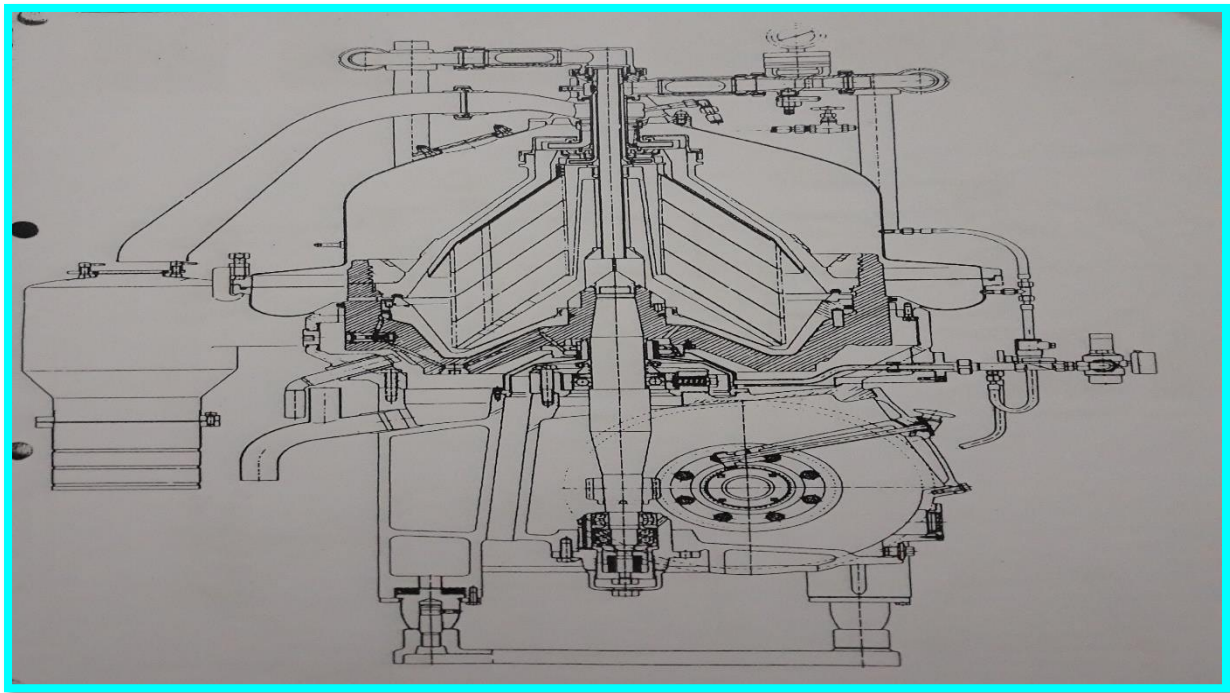


Figure 36 : coupe verticale du séparateur

Chapitre V :

« Étude de la maintenance dans l'unité de neutralisation »

Dans le but d'améliorer la fiabilité d'équipement critique, on a établi une analyse des différents indicateurs de maintenance, et aussi une étude des causes racines des défaillances.

Afin diminuer les pertes d'huile, on a fait une étude hydraulique de tout le circuit de raffinage.

Ainsi, on a pu proposer des solutions et améliorations en tenant compte les résultats précédents.

I) Analyse des indicateurs de maintenance :

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné.

Elle a pour fondements mathématiques la statistique et le calcul des probabilités qui sont nécessaires à la compréhension et à l'analyse des données de fiabilité. La défaillance (la non fiabilité) augmente les coûts d'après-vente (application des garanties, frais judiciaires,...etc.). Construire plus fiable augmente les coûts de conception et de production, en pratique, le coût total d'un produit prend en compte ces deux tendances.

1) Etude des défaillances :

Pendant trois mois, on a relevé les données suivantes concernant les fonctions défaillance $F(t)$ et la fonction fiabilité $R(t)$:

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T	60	178	227,5	274,5	432	456.5	543	807	1380	1800	1914	1935
F(t)	0.056	0.137	0.217	0.298	0.379	0.459	0.54	0.62	0.701	0.782	0.862	0.943
R(t)	0.943	0.862	0.782	0.701	0.621	0.540	0.459	0.379	0.298	0.217	0.137	0.056

Tableau 10 : estimation de fonctions $F(t)$ et $R(t)$

Avec $F(t)$: fonction défaillance ; $R(t)$: fonction fiabilité

2) Le taux de défaillance $\lambda(t)$:

Le taux de défaillance λ caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. La durée de bon fonctionnement est égale à la durée totale en service moins la durée des défaillances.

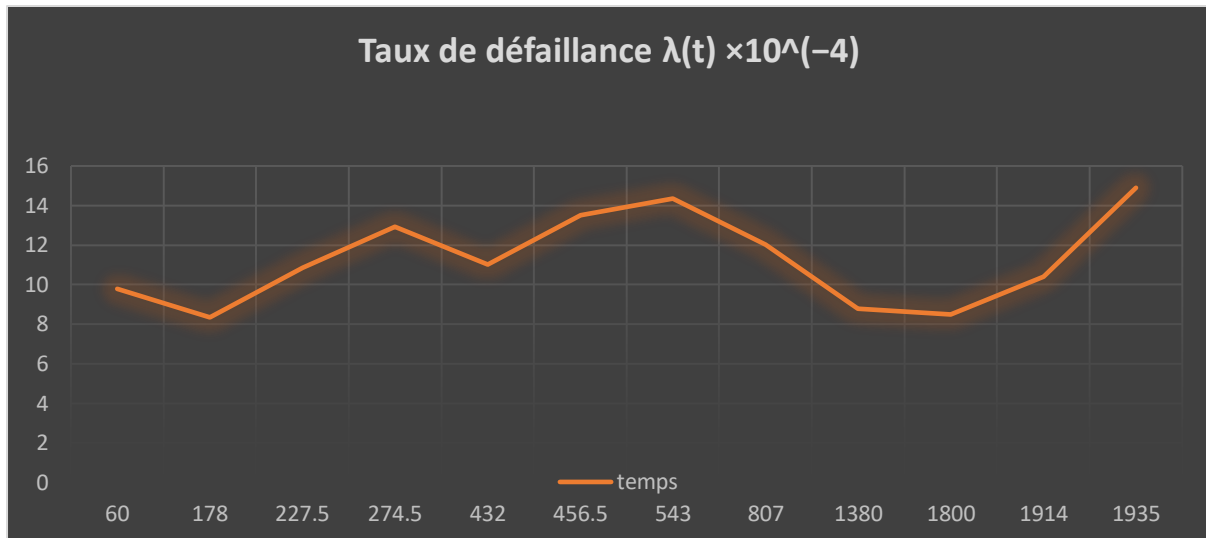


Figure 37 : courbe du taux de défaillance

La courbe du taux de défaillance $\lambda(t)$, nous montre que l'équipement se trouve à la fin de durée de vie utile (période de vieillesse ou d'usure).

3) Indicateurs de maintenabilité et fiabilité :

Durant les trois mois (février, mars et avril), le séparateur a fonctionné **1968 h** en service continu avec 12 pannes dont la somme durée totale des défaillances est **88h45min** et les temps de réparation sont les suivants :

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TTR	1h35	1h	7h30	1h30	1h35	7h30	1h35	2h	7h30	1h35	7h	17h

Tableau 11 : historique des TTR

- **Temps moyen de réparation MTTR :** Le MTTR (Mean Time To Repare) est un indicateur de maintenabilité, qui représente le temps moyen passé pour remettre un matériel en état de fonctionnement après une panne.

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{\text{nombre de pannes}} \quad (4.1)$$

Ainsi : $MTTR = \frac{57h20}{12} = 4h46min$

D'où : **$MTTR = 4,778 \text{ heures}$**

- **Temps moyen de bon fonctionnement MTBF :** Le MTBF (Mean Time Between Failure) est un indicateur de fiabilité. Souvent traduit comme étant la moyenne

des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes, c'est l'espérance de la durée de vie.

$$MTBF = \frac{\text{temps de fonctionnement} - \sum \text{heures de défaillance}}{\text{nombre de pannes}} \quad (4.2)$$

$$\text{Ainsi : } MTBF = \frac{1968 - 88h40}{12} = 159h36min$$

$$\text{D'où : } MTBF = 156,612 \text{ heures}$$

4) Taux de disponibilité :

La disponibilité est la probabilité que le dispositif soit en état de fonctionner. Elle dépend de la fiabilité et la maintenabilité selon la relation suivante :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4.3)$$

$$\text{A.N: } D = \frac{156,612}{156,612 + 4,778} = 0,9704$$

$$\text{D'où } D = 97,04\%$$

5) Taux de réparation :

$$\text{On a : } \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{4,778} = 0,2093 \quad (4.4)$$

II) Application de la méthode TPM :

1) Généralités sur la TPM : [7]

La TPM (Total Productive Maintenance) est une philosophie de maintenance industrielle caractérisée particulièrement par l'auto-maintenance effectuée par les opérateurs de fabrication. Le niveau technique de l'atelier et la technicité des opérateurs doivent progresser ensemble pour pouvoir améliorer le rendement du couple homme-machine.

Deux types d'activités principales que l'on doit mener parallèlement au sein d'une entreprise :

✚ Activités de maintenance :

- Exploitation correcte de l'installation.
- Maintenance préventive.
- Maintenance curative.

✚ Activités d'amélioration :

- Amélioration de la fiabilité.
- Amélioration de la maintenabilité.
- Prévention de la maintenance.

Ces activités ont les objectifs suivants :

- Activités de maintenance : réparer et supprimer les pannes
- Activités d'amélioration :
 - Prolonger la durée de vie du matériel.
 - Diminuer le temps d'intervention.
 - Optimiser la maintenance.
 - Assurer la sécurité.

La TPM définit les activités de la fabrication de la manière suivante :

- + Prévention des détériorations :
 - Opérations correctes de l'exploitation.
 - Préparation des conditions de base.
 - Réglage.
 - Enregistrement des pannes et anomalies.
 - Collaboration avec la maintenance à la recherche des améliorations.
- + Mesure de détériorations :
 - Inspection quotidienne.
 - Une partie des visites périodiques.
- + Remise en état :
 - Petits travaux d'entretien.
 - Communication rapide lors de l'apparition d'une panne.
 - Assistance à la réparation imprévue.

La TPM est basée sur la compréhension mutuelle et le partage des tâches de maintenance. Cela implique que les opérateurs soient intéressés à leur outil de travail. Il est évident que l'opérateur de machine est le mieux placé pour contacter les conditions de l'apparition des pannes. Un

conducteur attentionné détecte les anomalies, les bruits anormaux pendant la conduite. Il réalise la maintenance de base sur sa voiture, par exemple le contrôle de niveau et le remplacement de l'huile, la surveillance de l'usure des plaquettes de frein. Suivant le principe de la TPM, le plan de maintenance préventive tiendra compte aussi des opérations effectuées par les opérateurs.

Les huit piliers de la TPM :

Le succès de la démarche TPM nécessite une méthodologie rigoureuse et une participation de tout le personnel. Elle est bâtie en général autour de huit piliers :

- ❖ L'élimination systématique des causes de pertes pour améliorer le rendement des équipements.
- ❖ La mise en place d'un système d'auto-maintenance.
- ❖ La mise en place d'un système de maintenance planifiée.
- ❖ La formation et l'entraînement aux techniques de production et de maintenance.
- ❖ La mise en place d'un système de conception et démarrage de nouveaux équipements.
- ❖ La mise en place d'un système de maintenance de la qualité des produits.
- ❖ La mise en place d'un système d'amélioration du rendement administratif.
- ❖ La mise en place d'un système de pilotage de la sécurité et de l'environnement.

Indicateurs de la TPM :

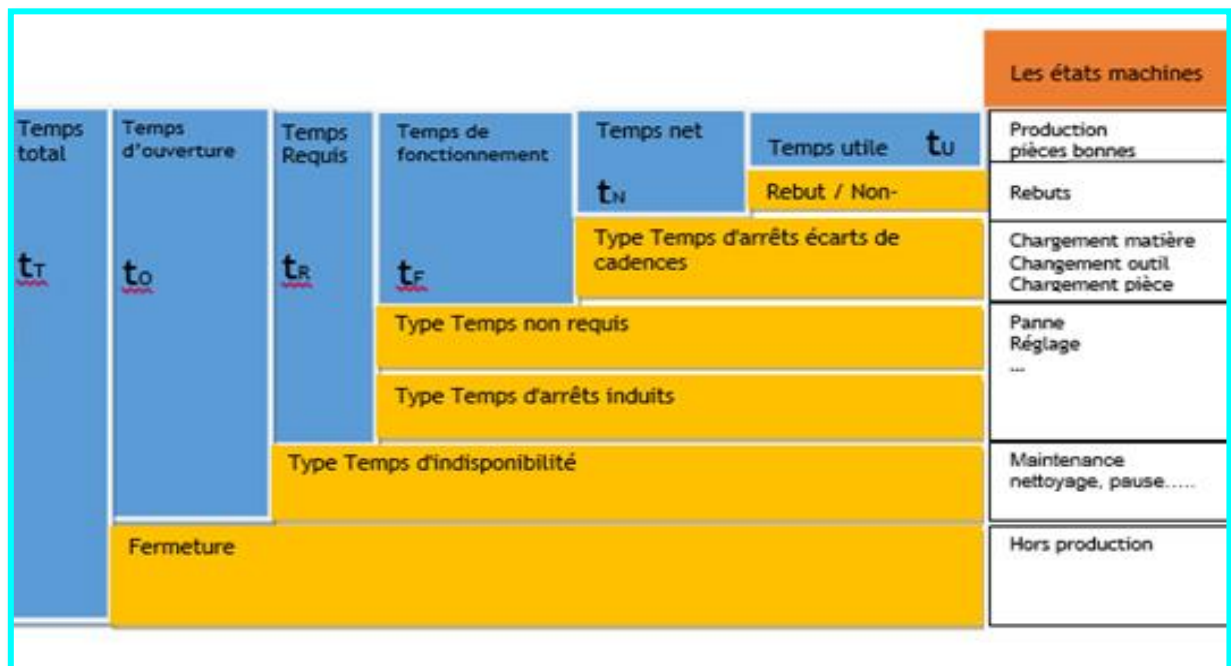


Figure 38 : définition des temps en TPM

- **Temps total : T_t**
Temps de référence. Pour une journée, choisir 24 heures.
- **Temps d'ouverture : T_o**
Temps pendant lequel le moyen de production est théoriquement utilisable.



Il correspond à l'amplitude des horaires de travail.

C'est le temps d'ouverture réellement pratiqué qui sera utilisé pour le calcul du TRG.

La différence $T_t - T_o$ correspond au temps de fermeture.

○ **Temps requis : T_r**

Temps de référence pendant lequel l'utilisateur engage son moyen de production avec la volonté de produire. Il correspond au temps de production souhaité.

La différence $T_o - T_r$ correspond au temps de désengagement du moyen de production.

○ **Temps de fonctionnement : T_f**

Temps pendant lequel le moyen de production fonctionne, il englobe autant la production de pièce bonne que mauvaise ainsi que certain temps de non production (temps de chargement, d'attente, de chauffe....).

La différence $T_r - T_f$ correspond aux temps d'arrêts propres et induits.

○ **Temps d'arrêt induit**

Permet d'identifier les causes d'arrêts externes au moyen de production (défaut d'approvisionnement, manque de personnel....).

○ **Temps d'arrêt propre**

Permet d'identifier les causes d'arrêts imputables au moyen de production. Ces arrêts peuvent se décomposer en 3 types :

- Temps de panne
- Temps d'arrêts d'exploitation
- Temps d'arrêts fonctionnel

○ **Temps net : T_n**

Temps pendant lequel le moyen de production produit des pièces bonnes ou mauvaises.

La différence $T_f - T_n$ correspond au temps d'écarts de cadence.

○ **Temps utile : T_u**

Temps théorique de fabrication des pièces bonnes.

La différence $T_n - T_u$ correspond au temps théorique passé à fabriquer des rebuts.

2) Application de la TPM :

Le taux de rendement synthétique (TRS) est l'indicateur principal de la TPM. Il permet une approche chiffrée de l'efficacité de la machine.

Il facilite l'identification des gisements de productivité sur un équipement afin de définir des actions de progrès ciblées.

Son suivi permanent fournit l'évolution dans le temps de l'engagement des moyens

Pendant les trois mois (février, mars et avril), l'équipe de neutralisation travaille 24h/24 et 7j/7, ainsi on a relevé les informations suivantes :

- Temps total prévu de travail : 2136h
- Temps des arrêts à cause des jours repos : 168h
- Temps des arrêts planifiés : 6h30.
- Temps des arrêts à cause des pannes : 57h20
- Perte de cadence : 25h
- Temps de produits non conformes à la norme : 86h10

Ainsi on calcule :

- Le temps d'ouverture : $T_o = 2136h - 168h = 1968h$
- Le temps requis A : $A = 1968h - 6h30 = 1961h30$
- Le temps brut de fonctionnement B : $B = 1961h30 - 57h20 = 1904h10$
- Le temps net de fonctionnement C : $C = 1904h10 - 25h = 1879h10$
- Le temps utile D : $D = 1879h10 - 86h10 = 1793h$

On déduit les ratios suivants :

- Taux de marche calendaire ou bien disponibilité opérationnelle :

$$\text{On a } D_o = \frac{B}{A} = \frac{1904h10}{1961h30} \simeq 0,9708 \quad \text{donc : } D_o \simeq 97,08\% \quad (4.5)$$

- Taux de marche performante :

$$\text{On a } T_p = \frac{C}{B} = \frac{1879h10}{1904h10} \simeq 0,9868 \quad \text{donc : } T_p \simeq 98,68\% \quad (4.6)$$

- Taux de qualité :

$$\text{On a } T_q = \frac{D}{C} = \frac{1793h}{1879h10} \simeq 0,9541 \quad \text{donc : } T_q \simeq 95,41\% \quad (4.7)$$

À partir de ces ratios on définit ainsi le Taux de Rendement Global (TRG) par la relation suivante :

$$TRG = \frac{D}{A} = \frac{B}{A} \times \frac{C}{B} \times \frac{D}{C}$$

A.N : $TRG = \frac{1793}{1961h30} = 0,9141$ donc $TRG = 91,41\%$ (4.8)

Ainsi le taux de rendement synthétique (TRS) est :

$$TRS = TRG \times \text{taux d'engagement} \quad (4.9)$$

Or: $\text{taux d'engagement} = \frac{T_o}{\text{horaire de travail possible}} = \frac{1968h}{2136h} = 0,9213$

Donc : $TRS = 0,9141 \times 0,9213 = 0,8422$ d'où : $TRS = 84,22\%$

3) Résultats et interprétations :

D'après les résultats précédents, on remarque que : $TRS < 85\%$, ce qui nous oblige de proposer des recommandations pour augmenter le TRS ($TRS > 85\%$).

Pour augmenter le TRS et atteindre 85 %, il faut :

- ❖ Réduire les temps de non production par :

Le travail sur les temps d'arrêt induits (pertes de production liées à la matière, le personnel, les informations...) et les temps d'arrêt propres (pertes de production liées à la machine elle-même : changements de fabrication, d'outils, nettoyage, temps de non détection des pannes, d'intervention de la maintenance,...).

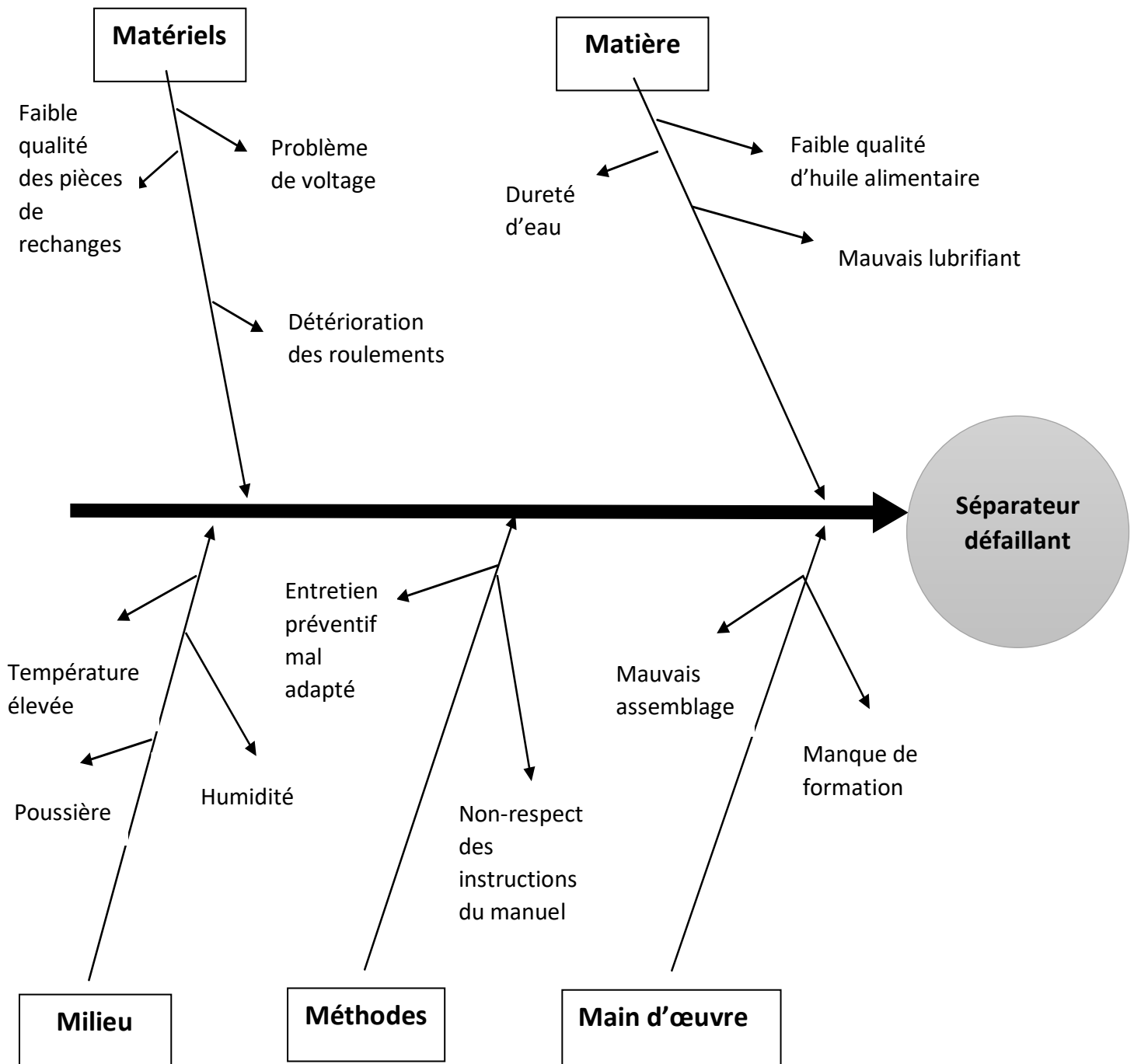
- ❖ Augmenter la capacité de stockage des produits raffinés ou finis.

III) Etude des causes de défaillance :

1) Méthode d'ISHIKAWA :

Le Diagramme de causes et effets ou diagramme d'Ishikawa Kaoru Ishikawa (synonyme : diagramme en arêtes de poisson) est un diagramme permettant d'examiner les causes profondes des problèmes. En posant continuellement la question « Pourquoi ? », on finit par découvrir la véritable cause du problème. Généralement utilisé pour mettre en évidence les causes d'un problème et les regrouper dans des familles qui sont les 5 M suivants : - **Main d'œuvre** : tout le personnel de toute activité. - **Matière** : matière de production, rechanges... - **Méthodes** : procédures, documents, décisions, organisation... - **Moyens** : machine, outillages... - **Milieu** : locaux, environnement... On a appliqué la méthode des 5M afin de trouver les causes de ces imperfections.

Le résultat est dans le diagramme ci-dessous :



2) Etude AMDEC :

a) Présentation de la méthode AMDEC :

➤ Définition :

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les modes de défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du

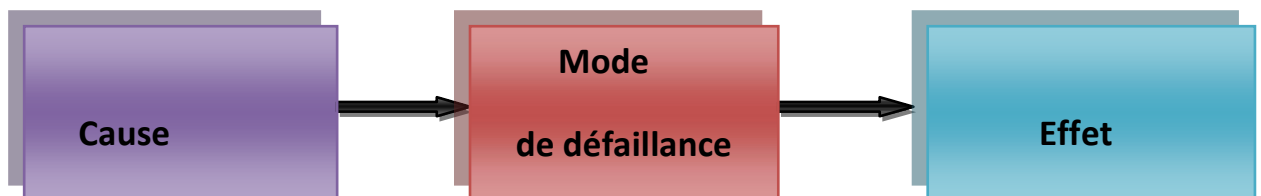
moyen de production, de l'équipement ou du processus étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives ou préventives. Cette méthodologie n'est réellement efficace qu'avec l'expérience, donc il faut se renseigner en profondeur auprès des personnes compétentes.

➤ **Types d'AMDEC :**

Il existe plusieurs types d'AMDEC, parmi ces types on cite :

- **AMDEC Procédé :** on identifie les défaillances du procédé de fabrication dont les effets agissent directement sur la qualité du produit fabriqué (les pannes ne sont pas prises en compte).
- **AMDEC Machine (ou moyen) :** on identifie les défaillances du moyen de production dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise. Il s'agit donc de l'analyse des pannes et de l'optimisation de la maintenance.
- **AMDEC Produit :** elle est utilisée pour évaluer les défauts potentiels d'un nouveau produit et leurs causes.

➤ **Analyse de défaillance :**



✚ La cause : c'est l'anomalie qui conduit au mode de défaillance. La défaillance est un écart par rapport à la norme de fonctionnement.

Les causes trouvent leurs sources dans cinq grandes familles, on en fait l'inventaire dans des diagrammes dits « diagrammes de causes à effets ». Chaque famille peut à son tour être décomposée en sous-famille. Un mode de défaillance peut résulter de la combinaison de plusieurs causes. Une cause peut être à l'origine de plusieurs modes de défaillance.

✚ Mode de défaillance : il concerne la fonction et exprime de quelle manière cette fonction ne fait plus ce qu'elle est sensée faire. L'analyse fonctionnelle recense les fonctions, l'AMDEC envisage pour chacune d'entre elles sa façon (ou ses

façons car il peut y en avoir plusieurs) de ne plus se comporter correctement.

✚ L'effet : concrétise la conséquence du mode de défaillance, il dépend du point de vue AMDEC que l'on adopte :

- ✓ Effets sur la qualité du produit (AMDEC procédé).
- ✓ Effets sur la productivité (AMDEC machine).
- ✓ Effets sur la sécurité (AMDEC sécurité).

➤ Évaluation :

L'évaluation se fait selon trois critères principaux :

- La gravité
- La fréquence
- La détection.

Gravité	Valeur	Définition
Mineure	1	-Arrêt de production : moins de 15 minutes -aucune ou peu pièce de rechange nécessaire
Moyenne	2	- Arrêt de production : de 15 minutes à une heure -Pièce en stock
Majeure	3	- Arrêt de production : une heure à deux heures -Pièces en stock ou livraison ultra-rapide
Grave	4	- Arrêt de production : 2 heures et plus -Long délai de livraison

Tableau 12 : grille de l'échelle de gravité

Fréquence	Valeur	Définition
Très faible	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par année.
Faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre.
Moyen	3	Défaillance occasionnelle : moins d'une défaillance par semaine.
Elevé	4	Défaillance fréquente : plus d'une défaillance par semaine.

Tableau 13 : grille de l'échelle de fréquence



Détection	Valeur	Définition
Evident	1	Détection certain, sirène, moyens automatiques, signes évident.
Possible	2	DéTECTABLE par l'opérateur, par des routes d'inspections, vibrations.
Improbable	3	Difficilement détectable, moyens complexes (démontages, appareils).
Impossible	4	Indétectable, aucun signe.

Tableau 14 : grille de l'échelle de détection

La valeur de la criticité est calculée par le produit des niveaux atteint par les critères de cotation :

$$C = G \times F \times D$$

(4.10)

Avec : **C** : Criticité ; **G** : Gravité ; **F** : Fréquence ; **D** : détection.

Valeur	Définition
$1 \leq C < 12$	Négligeable
$12 \leq C < 16$	Moyenne
$16 \leq C < 20$	Élevée
$20 \leq C < 80$	Interdite

Tableau 15 : grille de l'échelle de criticité

b) Application de la méthode AMDEC :

A la suite de la décomposition de la machine en élément et sous-élément il nous faut passer à la phase d'analyse **AMDEC**. Les tableaux suivants représentent le récapitulatif de cette analyse :

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :		page : 67 / 6		
	Système : séparateur d'huile		Sous - Ensemble : partie séparation					Nom :		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
		la vitesse de rotation du bol diminue	Les garnitures de la mâchoire à	Perte de performance	Visuel	2	2	3	12	Effectuer des débourbages de rinçage plusieurs fois.



		au cours de service	friction sont usées							
		Vibration majeure du bol		Bruit anormal	Audible	2	3	3	18	Démonter le séparateur et vérifier le montage
Bol	Séparation	le bol n'atteint pas son régime de rotation	-le moteur n'est pas branché correctement. -Les garnitures de la mâchoire à friction sont usées	Perte de production	Visuel	2	2	3	12	-Vérifier le branchement -Contrôler le niveau d'huile -Faire écouler l'huile en excès
		-Usure -Fissure	Mauvais nettoyage Déformation des joints	Perte de production	Visuel	2	4	2	16	-Bon nettoyage des pièces du bol. -Changement du bol
Piston	Séparation	-Usure -Déformation	-Frottement -Fatigue -Pression élevée -Mauvais nettoyage	-Mauvaise séparation -Bruit	Visuel	2	3	2	12	-Nettoyage du piston -changement du piston -Réglage de la pression -Vérification de la lubrification
Assiette	Séparation	-Usure -Déformation	-Mauvais nettoyage des assiettes -Mauvais montage -Surcharge	-Mauvaise séparation	Visuel	1	3	3	9	-Nettoyage des assiettes -Changement des assiettes
Electro vanne	Séparation Régulation de débit	Blocage de l'électrovanne	Pièces internes usées	Pas de régulation de débit	Contrôle	1	3	3	9	Changement de l'électrovanne
		Rupture des	Pannes	Faible étanchéité	Visuel	1	1	2	2	Changement des



		câbles	électriques	contre l'humidité						câbles
--	--	--------	-------------	-------------------	--	--	--	--	--	--------

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :				page : 2 / 6
	Système : séparateur d'huile		Sous - Ensemble : partie entraînement							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Stator	Création d'un champ tournant	-Détérioration des roulements -Défaillance de phase ou d'isolement	-Fatigue -Surcharge	Arrêt du moteur électrique	Contrôle	1	3	3	9	Bobinage des enroulements
Rotor	Assure le mouvement de rotation	-Usure -Cassure	-Fatigue -Surcharge	-Arrêt du moteur électrique. - Vibration majeure	Visuel	1	4	3	12	Equilibrage du rotor

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :				page : 3 / 6
	Système : séparateur d'huile		Sous - Ensemble : partie commande							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Moteur électrique	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	Déclenchement du relais thermique	Tension d'alimentation est insuffisante	Arrêt du séparateur	Visuel	2	4	2	16	Vérification de la tension



Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :		page : 4 / 6		
	Système : Séparateur d'huile		Sous - Ensemble : Partie mesure					Nom :		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Manomètre	Mesure la pression	Endommagement	-température élevée -Augmentation de la pression	Manque d'information sur la pression	Visuel	2	1	2	4	Changement du manomètre

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :		page : 5 / 6		
	Système : séparateur d'huile		Sous - Ensemble : partie transmission					Nom :		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Roulements	Guider l'arbre en rotation	Déformation des billes	-Surcharge -Surchauffe	-Perte de production -Bruit	Visuel	2	2	3	12	Changement des roulements
		- Endommagement -Usure	-Fatigue -Manque de lubrifiant	Vibration élevée	Visuel	3	2	3	18	Changement des roulements
Arbre horizontal	Transmission	-Usure - Déformation	-Manque de lubrification -Jeux -Vibration	-Vibration élevée -Mauvais fonctionnement	Contrôle Audible	2	4	3	24	-Aligner l'arbre -Changement de l'arbre -Vérifier la lubrification



Arbre vertical	Transmission	-Usure -Rupture -déformation	-Manque de lubrification -Charge -Fatigue	Vibration élevée	Audible	1	4	3	12	-Changement de l'arbre -Aligner l'arbre -Vérifier la lubrification -Éliminer les jeux
Pignon	Transmission de puissance	-Détérioration des dents -Usure -Cassure	-Chocs -Surcharge -Fatigue -Manque de lubrifiant	-Pas de transmission -Vibration élevée	Audible	2	3	3	18	Changements des engrenages
Roue hélicoïdale	Transmission du mouvement de rotation en contact avec la vis sans fin	-Usure -Fissure	-Manque de lubrification -Fatigue	Arrêt du séparateur. Bruit anormal	Visuel	2	2	3	12	-Changement de la roue. -Éliminer les jeux
Accouplement hydraulique	Transmission de la puissance qui amène le bol à son régime normal de rotation	Sur-chauffage de l'accouplement hydraulique	Fatigue du bouchon fusible	Augmentation de la pression à l'intérieur de l'accouplement.	Contrôle	2	4	2	16	-Vérifier le niveau d'huile -Vérifier la lubrification
		-Cassure -Fissure -Usure	-Fatigue -Charge -Manque de lubrifiant	-Pas de transmission -Vibration élevée	Visuel	2	2	2	8	-Vérifier la lubrification -Changement des pièces défectueuses



Date de l'analyse :		AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				Phase de fonctionnement :				page : 6 / 6	
		Système : Séparateur d'huile		Sous - Ensemble : Partie étanchéité						Nom :	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective	
						F	G	N	C		
Joint	Étanchéité	Usure	-Surcharge -Manque de lubrification	-Fuites d'huile -Arrêt du séparateur	Contrôle	4	1	3	12	-Graissage -Changement des joints	
		-Rupture - Déformation des joints	-Fatigue -Manque de lubrification	-Fissure de la garniture -Perte de production -Arrêt du séparateur	Contrôle	4	1	3	12	-Vérifier la lubrification -Changement des joints	
Garniture mécanique	Étanchéité	-Usure -Fissure	-Fatigue -Frottement -Charge -Manque d'eau de refroidissement	-Bruit -Vibration élevée -Faible rendement	Contrôle	2	4	3	24	-Changement de la garniture -Contrôle du système de refroidissement et système de lubrification	

Tableau 16 : étude AMDEC

On remarque que les éléments suivants : garniture mécanique et l'arbre horizontal, puis le bol, les roulements et le pignon sont les plus critiques.

À la fin de cette étude, on peut sortir avec la recommandation de changer la politique de maintenance établie par la société qui est la maintenance corrective vers la maintenance préventive conditionnelle basée sur la surveillance de fonctionnement et exécutée selon un calendrier de façon continue.

IV) Plan de maintenance préventive :

L'étude des causes de défaillances nous permet d'établir le plan de maintenance préventive suivant :

Graissage	Lubrifiant	Après heures de Service							Travaux à effectuer	Tous les					
		250	750	1500	2500	3000	5000	10000		semaine	3 mois	6 mois	12 mois	2 ans	
Huile de graissage								Contrôle du niveau d'huile.							
								Vidange d'huile et nettoyage soigneux du carter du mécanisme. (+)							
								Graissage des pièces desservies à la main, comme par exemple pistons de freins, vannes,...							
Entretien	M	Lors de chaque démontage							Graissage de l'anneau de fermeture du bol et des surfacesde glissement et de guidage des pièces du bol	Lors de chaque démontage					
	F								Graisser les roulements à billes du moteur.						
	Nettoyag								Nettoyer le carter du mécanisme(lors de la vidange).						
						Suivant besoins			Nettoyer les orifices de sortie dedispositif d'alimentation d'eau de commande						
									Démonter le bol et nettoyer lesparois intérieures du bâti.						
			Suivant besoins						Nettoyer le filtre dans la conduite d'eau de commande		Suivant besoins				
									démonter le bol nettoyé les parois intérieures du bâti et du capteur de boues (nettoyage)						
	Contrôle								Contrôler l'état des joints						
									Vérifier la durée de démarrage et le nombre de tours de l'arbre (bol).						
									Contrôler la denture de l'engrenage hélicoïdal par le trou d'inspection.						
								Contrôler les ressorts du coussinet supérieur et l'épaisseur des garnitures de frein							

		Selon produit						Contrôler les interstices entre les orifices des matières solides	Selon produit					
								Contrôler l'état du bol, notamment les filets des anneaux de fermeture en vue d'une érosion ou corrosion éventuelle. (+)						
Remplacement								Remplacer les Ressorts du coussinet supérieur						
								Echanger l'huile dans l'accouplement hydraulique						
								Remplacer les roulements à billes de l'arbre à vis sans fin						
								Remplacer les roulements à billes de l'arbre de la roue Hélicoïdale						

Tableau 17 : actions préventives

Légende :

F=graisse pour roulements.

(+)= respecter les intervalles d'entretien prescrits même au cas où le nombre d'heures de service indiqué ne serait pas atteint.

MF=graissage Kléber.

V) Résultats et interprétations :

Dans l'objectif d'améliorer le rendement de la production, j'ai fait une étude hydraulique en calculant les pertes afin de les minimiser.

1) Etude hydraulique du circuit de raffinage :

❖ Calcul du débit d'écoulement :

Dans cette étude hydraulique, on utilise

$$\text{On a } Q_v = \frac{Q_m}{\rho} \quad \text{avec : } \begin{cases} \rho_{\text{huile soja}} = 921 \text{ Kg/m}^3 \\ Q_m = 8000 \text{ Kg/h} \end{cases}$$

$$\text{A.N: } Q_v = \frac{8000 \text{ Kg} / 3600 \text{ s}}{921 \text{ Kg/m}^3} = 2,4129 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{D'où : } Q_v = 2,4129 \text{ l/s} \quad (4.11)$$

❖ Calcul de vitesse d'écoulement :

$$\text{On sait que : } V_{eq} = \frac{Q_v}{S} = \frac{Q_v}{\pi \times (\frac{d}{2})^2} \quad \text{avec } d = 175 \text{ mm.}$$



$$\text{A.N: } V_{\text{éq}} = \frac{4 \times 2,4129 \times 10^{-3}}{\pi \times (175 \times 10^{-3})^2} = 0.100317 \text{ m/s}$$

$$\text{D'où : } V_{\text{éq}} = 100,317 \cdot 10^{-3} \text{ m/s.} \quad (4.12)$$

❖ Calcul du nombre de Reynold R_e :

$$\text{On sait que : } R_e = \frac{V_{\text{éq}} \times d}{\nu} \text{ avec } \begin{cases} d = 175 \text{ mm} \\ \nu_{\text{huile de soja}} = 78 \text{ mm}^2/\text{s} \end{cases}$$

$$\text{A.N: } R_e = \frac{0.100317 \times 175 \times 10^{-3}}{78 \cdot 10^{-6}}$$

$$\text{On déduit que : } R_e = 225,0702. \quad (4.13)$$

Puisque : $R_e < 2000$, alors l'écoulement est **laminaire**.

❖ Calcul du coefficient de perte de charge Ψ :

Puisque l'écoulement est turbulent lisse, alors l'équation du coefficient de perte de charge ψ est la suivante :

$$\psi = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{225,0702}$$

$$\text{Donc : } \psi = 0,2845 \quad (4.14)$$

❖ Calcul des pertes de charges linéiques :

Les pertes de charges linéiques sont calculées à partir de la relation suivante :

$$\Delta H_{\text{liné}} = \frac{1}{2} \rho V_{\text{éq}}^2 \times \frac{L}{d} \times \psi$$

$$\text{Avec : } L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = 12 + 14 + 20 + 5 + 9 = 60 \text{ m}$$

$$\text{A.N } \Delta H_{\text{liné}} = \frac{1}{2} \times 921 \times 0.100317^2 \times \frac{60}{175 \times 10^{-3}} \times 0,2845$$

$$\text{D'où : } \Delta H_{\text{liné}} = 452,0373 \text{ Pa} \quad (4.15)$$

❖ Calcul des pertes de charges singulières :

Les pertes de charges singulières sont calculées à partir de la relation suivante :

$$\Delta H_{\text{sing}} = \frac{1}{2} \rho V_{\text{éq}}^2 k_s$$



Avec $k_s = 0,3$ pour les coudes à 90° , et on a 8 coudes.

A.N $\Delta H_{sing} = \frac{1}{2} \times 921 \times 0.100317^2 \times 8 \times 0,3$

D'où $\Delta H_{sing} = 11,1222 \text{ Pa}$ (4.16)

❖ Calcul des pertes de charges totales :

On sait que : $\Delta H_{total} = \Delta H_{liné} + \Delta H_{sing}$

A.N : $\Delta H_{total} = 452,0373 + 11,1222$

On déduit : $\Delta H_{total} = 463,1595 \text{ Pa}$ (4.17)

❖ Calcul de la puissance nette des pompes :

Ecrivons l'équation de Bernoulli entre l'entrée et la sortie du circuit :

$$P_s + \frac{1}{2} \rho V_s^2 + \rho g z_s = P_e + \frac{1}{2} \rho V_e^2 + \rho g z_e + 3 \times \frac{P_n}{Q_v} - \Delta H_{total}$$

Or $V_e = V_s$; $P_e = P_s = P_{atm}$ et $z_s - z_e = h = 9 \text{ m}$

Donc : $P_n = Q_v \times [\rho \times g \times (z_s - z_e) + \Delta H_{total}]$

A.N $P_n = 2,4129 \times 10^{-3} \times [921 \times 9.81 \times 9 + 463,1595] = 197,3227 \text{ Watts}$

On déduit que : $P_n = 197,3227 \text{ W}$ (4.18)

❖ Calcul de la puissance absorbée :

On a $\eta = \frac{P_n}{P_a}$ donc $P_a = \frac{P_n}{\eta}$ avec : $\eta = 88\%$

A.N $P_a = \frac{197,3227}{0,88}$

D'où la puissance absorbée est : $P_a = 224,2304 \text{ W}$ (4.19)

❖ Calcul d'hauteur manométrique :

On sait que : $H_{MT} = \frac{P_n}{\rho \times Q_v \times g} = \frac{197,3227}{921 \times 2,4129 \times 10^{-3} \times 9,81}$

On déduit que : $H_{MT} = 9,0513 \text{ m}$ (4.20)

2) Interprétations :

Le rendement du raffinage est presque : $\eta = 88\%$, c'est-à-dire, pour le débit massique **$Q_m = 8000 \text{ Kg/h}$** , il y a une perte d'huile de 960 Kg/h, ce qui est considérée comme perte financière majeure.

À cause de la grande surface de l'usine et la globalité des équipements qui est installée dans le circuit de raffinage, il faut lancer périodiquement des campagnes de chasse aux fuites afin de détecter le maximum possibles des fuites et les résoudre.

3) Campagne de chasse aux fuites :

Pour diminuer le taux de fuite, on a lancé une campagne de chasse aux fuites. Parmi ces fuites qu'on a détectées :



Figure 39 : fuite d'amont d'une pompe



Figure 40 : fuite en armatures du séparateur

VI) Autres solutions :

Dans l'objectif d'améliorer la fiabilité et la disponibilité des équipements dans l'unité de raffinage surtout les séparateurs qui font la neutralisation des huiles alimentaires, ces derniers sont considérés comme éléments les plus critiques, on peut proposer comme solutions les actions suivantes :

- Ajout de quatre cuves de stockage pour l'huile brute et deux autres pour l'huile raffinée afin de réduire le temps d'arrêts de la production.
- Respecter le plan de maintenance préventive élaboré.
- Créer un service de stock concernant des pièces de rechanges pour diminuer le temps de réparation.
- Ajout de deux filtres à poche, à côté des réservoirs de stockage d'huile brute, afin d'éliminer le maximum possible des impuretés avant que l'huile passe dans le circuit de raffinage.
- Former le personnel du service de maintenance et de l'unité de raffinage sur la méthode TPM et AMDEC.
- Automatiser l'ajout des ratios de la soude et de l'acide phosphorique H_3PO_4 .
- Améliorer la qualité d'eau de lavage via l'élaboration d'un plan de maintenance préventive de l'adoucisseur d'eau.

Conclusion générale

Au terme de cette période passée au sein du service maintenance dans la société industrielle oléicole de Fès **SIOF**, j'ai eu l'opportunité de travailler sur le sujet : « **L'étude de la maintenance dans la zone de neutralisation des huiles alimentaires** ». Je présente le bilan du travail effectué :

D'abord, on a commencé par l'identification des éléments les plus critiques dans toute l'unité de raffinage via l'application de la méthode de Pareto, qui a montré trois éléments : le premier est **le séparateur**, le second est **la chaudière à grignon** et le troisième est **les pompes**. En raison de la nature du système de fonctionnement de ces deux derniers éléments, on a focalisé juste sur le séparateur. Ainsi, pour comprendre le fonctionnement du séparateur, j'ai fait une étude de son mécanisme.

Puis, on a analysé la situation actuelle et les problèmes qui génèrent le mal fonctionnement du séparateur par l'analyse des **indicateurs de maintenance** (fiabilité, maintenabilité et disponibilité) et aussi via l'application de **la méthode TPM** (Total Productive Maintenance) qui vise à améliorer l'efficacité du système de production. En outre, pour déterminer les causes racines des problèmes identifiées précédemment, on a appliqué les méthodes **5M** et **AMDEC**, cette dernière permet de bien appréhender le fonctionnement de l'ensemble des équipements et leur mode de défaillance pour déterminer les actions correctives à engager.

Ensuite, on a proposé des actions de maintenance pour résoudre les défaillances en proposant un plan de maintenance préventive et des recommandations.

En dernier lieu, on a fait une étude hydraulique du circuit de raffinage et lancé une campagne de chasse aux fuites afin de minimiser les pertes d'huile en vue d'augmenter le rendement de la production.

Les résultats de l'étude vont aboutir à réduire les coûts de maintenance engendrés par les durées élevées d'interventions sur les équipements critiques, et par suite diminuer les temps d'arrêts des équipements, et aussi augmenter le rendement de la production.



Bibliographie :

- [1] : www.fao.org/faostat
- [2] : www.totalenergies.fr/echangeur_thermique
- [3] : www.wikipedia.org/wiki/melangeur_industriel
- [4] : www.pcm.fr/agroalimentaire/solutions_pcm
- [5] : www.flottweg.org/fr/wiki/separation_technology
- [6] : documentation SIOF
- [7] : Pratique de la maintenance préventive de **Jean Hég**

Annexe :

✚ La nomenclature des pièces de bati :

No. sur la fig.	No. de référence	Nbre.	Désignation
-	3170-1020-010	1	Cadre de fondation compl. (1a-c)
1a	3170-1003-010	1	Cadre de fondation
1b	0026-2031-300	4	Chapeau
1c	3157-1033-000	4	Tige filetée
2	0019-6937-150	12	Vis six pans DIN 933 - M 10x30 - 8.8
3	0001-0516-030	4	Bride
-	2315-1015-010	4	Pied complet (4a-c)
4a	2315-1011-000	4	Pied
4b	0021-3018-750	4	Galet en caoutchouc
4c	0019-6387-400	4	Goupille filetée DIN 915 - AM 12x28
5	0004-5037-710	1	Joint 38/50 x 1,5
6	0019-0840-030	1	Vis de vidange d'huile
-	0001-0007-640	1	Viseur complet (7a-d)
7a	0019-1620-600	1	Bague filetée
7b	0001-0046-820	1	Viseur
7c	0004-5041-740	2	Joint 48/57 x 1
7d	0001-0021-690	1	Cadre du viseur
8	0004-5346-770	1	Joint 70/110 x 0,3
9	0019-3250-300	3	Vis à tête noyée DIN 964 - M 6x16
10	3050-1085-010	1	Grille d'aération
11	0026-1375-300	4	Disque
12	0019-6966-400	4	Vis six pans DIN 933 - M 12x20
13	3158-3282-000	1	Bague à cames
14	3158-3389-L	1	Moyeu à cames compl.
15	0019-8984-150	1	* Goupille filetée DIN 914 - M 10x25 - 10.9
-	3158-1021-L	1	Bride complète (16a-f)
16a	3158-1028-L	1	Bride
16b	0019-6202-150	8	Vis Allen DIN 912 - M 16x45 - 8.8
16c		8	Rondelle élastique
16d	selon le moteur	8	Ecrou six pans
16f		8	Goujon
17	0019-1748-400	1	Bouchon
17a	0007-2176-750	1	Joint 40/47x3,5
18	0019-6970-400	4	Vis six pans DIN 933 - M 12x30
19	0026-1371-400	4	Rondelle DIN 125 - 13
20	0004-5762-700	1	Joint 273/322 x 2
-	3170-3495-000	1	Indicateur des révolutions compl. (21a-h)
21a	3170-3493-000	1	Boîtier de l'indicateur
21b	0019-1741-800	1	Vis de remplissage d'huile
21c	0026-1049-030	2	Goupille cylindrique
21d	3117-3497-010	1	Disque de contrôle des révolutions
21f	0004-5523-750	1	Manchette DIN 3760 - A 12x22x7
21g	0026-5694-030	1	Goupille cylindrique
21h	3117-3487-010	1	Roue hélicoïdale



La nomenclature des pièces horizontales :

No. sur la fig.	No. de référence	Nbre.	Désignation
→ 180	0004-1957-830	2	Joint en feutre DIN 5419 - 50
181	0019-6938-150	3	Vis six pans DIN 933 - M 10x35 - 8.8
181a	0026-1337-190	3	Rondelle élastique DIN 127 - A 10
182	2231-3375-010	1	Couvercle de palier
→ 183	0007-1996-750	1	Joint 96/4
184	0011-6210-000	1	Roulement rainuré à billes DIN 625 - 6210
184a	0006-4398-010	2	Ressort Belleville
185	2231-3400-020	1	Arbre de la roue hélicoïdale
186	voir page 18/3	1	*** Roue hélicoïdale complète avec flasques de serrage
186a	1166-3447-000	1	* Flasque de serrage dentée
186b	1166-3446-000	1	* Flasque de serrage
186c	0019-6525-150	4	* Vis six pans DIN 931 - M 10x110 - 8.8
187	0011-3210-470	1	Roulement à billes à contact oblique DIN 628 - 3210
188	0013-0448-090	1	Ecrou rainuré M 50x1,5
188a	0026-0915-170	1	Plaquette d'arrêt DIN 5406 - MB 10
→ 189	0007-1996-750	1	Joint 96/4
190	2231-3375-000	1	Couvercle de palier
191	0019-6513-150	3	Vis six pans DIN 931 - M 10x45 - 8.8
191a	0026-1337-190	3	Rondelle élastique DIN 127 - A 10
→ 192	0004-1956-830	2	Joint en feutre DIN 5419 - 45
193	1166-3368-020	1	Tambour-frein complet (193a-d)
193a	0019-6144-150	6	Vis Allen DIN 912 - M 10x25 - 8.8
193b	0026-1337-190	6	Rondelle élastique DIN 127 - A 10
193c	1166-3371-030	1	Tambour-frein
193d	3170-3371-000	1	Anneau de freinage
196	0019-9370-150	2	Vis six pans M 14x1,5x55 - 10.9
197	0026-1834-030	2	Disque de centrage 14,5 x 55
198	0006-4404-010	2	Ressort Belleville 70x40,5x5
199	voir page 18/1	1	Accouplement hydraulique
200	1166-3131-000	2	Boîte de palier
→ 201	0004-1850-740	2	Joint 99/140 x 1
202	0026-1369-030	2	Rondelle



La nomenclature des pièces verticales :

No. sur la fig.	No. de référence	Nbre.	Désignation
151	0010-8003-210	1	Couvercle de la crapaudine
152	0004-2221-740	1	Joint 80/108 x 2
153	0010-8002-040	1	Pièce filetée de la crapaudine
154	0006-4440-160	1	Colonne de ressorts
155	0010-8001-200	1	Tampon de la crapaudine
156	0019-7038-150	4	Vis six pans DIN 933 - M 16x45 - 8.8
157	0026-5894-600	4	Plaquette d'arrêt DIN 93 - 17
158	3050-1112-020	1	Boîtier de la crapaudine
159	0004-5793-770	1	Joint 130/204 x 0,3
160	voir page 18/3	1	*** Arbre à vis sans fin complet (160a-t)
160a	0010-8012-020	1	Boîtier de pression
160b	0011-7307-100	2	Roulement à billes à contact oblique DIN 628 - 7307 BGM/P6
160c	0026-2109-170	1	Bague étrésillon
160d	0008-4008-030	1	Bague de protection
160f	0011-2308-120	1	Roulement à billes oscillant DIN 630 - 2308 M/P6
160g	0008-4008-020	1	Bague de protection
160h	0026-1563-120	1	Tenon à encoche DIN 1473 - 10x70 - 6.8
160k	voir page 18/3	1	*** Vis sans fin
160m	1166-3410-000	1	Arbre
160n	0008-7512-010	1	Bague
160p	0011-6215-110	1	Roulement rainuré à billes DIN 625 - 6215 P6
160r	0008-7508-000	1	Bague de protection
160s	0006-4311-160	1	Ressort cylindrique de pression
160t	0008-7501-640	1	Chapeau de l'arbre
-	0008-7500-010	1	Corps du coussinet supérieur complet avec couverture (161a-r)