

Année Universitaire : 2020-2021

Filière ingénieurs

Industries Agro-Alimentaires



Rapport de stage de fin d'études

Evaluation et réduction des pertes en matière grasse dans le processus de production d'huile neutre par la méthodologie de Lean Six Sigma

Réalisé par :

SAADATOU Djamilatou

Encadré par :

- M. Dahirou ADAMOU (Superviseur Entreprise)**
- M. Youssoufa MALADJI (Encadrant Entreprise)**
- Pr. Najoua BENCHEMCHI (FST Fès)**

Présenté le 17 Juillet 2021 devant le jury composé de :

- Pr. Najoua BENCHEMCHI**
- Pr. Rachidi FAOUZI**
- Pr. Nadia MAAZOUZI**

Stage effectué à l'huilerie de la SODECOTON (Garoua Cameroun)



**Faculté des Sciences et Techniques Fès
B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES**

**☎ 212 (0)5 35 60 80 14 – 212 (0)5 35 60 96 35 📠 212 (0)5 35 60 82 14
www.fst-usmba.ac.ma**



DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail
À toute ma famille*



REMERCIEMENTS

Ce mémoire est le fruit d'une réflexion et un travail de plusieurs semaines durant lesquelles j'ai pu bénéficier de nouvelles compétences en gestion de production. Evidemment, bien que ce travail soit personnel, beaucoup de personnes y ont largement contribué que ce soit directement ou indirectement.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements à M. MOHAMADOU BAYERO, Directeur Général de la Société de Développement de Coton du Cameroun (SODECOTON) de m'avoir permis d'effectuer mon stage au sein de son entreprise.

Mes remerciements vont à l'endroit du M. DJIMONE, Chef d'usine de l'huilerie de la SODECOTON pour l'accueil chaleureux et les conseils pratiques qu'il m'a prodigués.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'égard de M. DAIROU ADAMO, Chef de service production mon superviseur et M. YOUSOUFA MAL ADJI Chef d'équipe qualité, mon encadrant de la société pour leur partage d'expériences, les conseils pertinents qu'ils m'ont donnés au cours la réalisation de mon projet de fin d'études.

Mes remerciements vont également à l'endroit de Pr. BENCHEMCHI NAJOUA, mon encadrant pédagogique pour ses conseils et ses remarques constructives, ainsi que toute l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, en particulier aux enseignants qui nous ont formé.

Ma gratitude s'adresse en outre à tous les employés de l'huilerie allant des chefs des ateliers aux aides conducteurs qui ont manifesté leur intérêt à mon projet et leur partage d'expériences. Au total Je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce projet.

Enfin je remercie ma famille de m'avoir permis de poursuivre mes études et particulièrement mon oncle pour son soutien durant tout mon parcours. Je remercie spécialement ma grande sœur et son époux pour leur accueil chaleureux et leur soutien durant mon stage.



SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE 1 : GENERALITES SUR LA SODECOTON	3
A Présentation de la société d'accueil SODECOTON.....	3
B Processus de fabrication de l'huile Diamoar	7
PARTIE 2 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	12
A Généralités sur l'huile de coton	12
B Lean Six Sigma.....	17
PARTIE 3 : EVALUATION ET REDUCTION DES PERTES EN MATIERES GRASSES DANS LE PROCESSUS DE PRODUCTION D'HUILE NEUTRE PAR LA METHODOLOGIE DU LEAN SIX SIGMA	24
A Matériels et Méthodologie.....	24
B Résultat et discussion.....	31
I Etape Définir	31
II Etape mesurer	36
III Etape analyser	44
IV Etape Implémenter	46
V Etape contrôler	50
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	53
ANNEXES	IX
RESUME	XXXVIII



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de l'huilerie	6
Figure 2 : L'huile DIAMAOR, les pellets ALIBET, la FARINE 21	6
Figure 3 : Les Nettoyeurs	7
Figure 4: Les décortiqueurs	8
Figure 5: L'aplatisseur	8
Figure 6: Le cuiseur	9
Figure 7: Les collets, l'hexane, le miscela brute, la soude caustique, le miscella neutre, l'huile neutre, la farine entrée DT, la farine sortie DT	10
Figure 8: Processus de fabrication de l'huile Diamor	11
Figure 9 : Capsules ouvertes de coton	12
Figure 10: Graines de coton	12
Figure 11: Courbe de Gauss	21
Figure 12: Le décalage entre la distribution prévue et la distribution observé	21
Figure 13: Extracteur Soxhlet	25
Figure 14: Méthodologie DMAIC	27
Figure 15 : Cartographie SIPOC	34
Figure 16: Capabilité du procédé d'obtention d'huile neutre	36
Figure 17: Bilan matière du processus d'obtention d'huile neutre	38
Figure 18: Pourcentage de MG perdue dans chaque zone de perte	40
Figure 19: Evolution de la qualité des graines	41
Figure 20: Quantité des graines échappées par mois	42
Figure 21: Evolution de l'humidité des graine et le taux des échappées graines	42



Figure 22: Couteaux des décortiqueurs usés.....	43
Figure 23: Tablier décortiquer usé.....	43
Figure 24: Evolution du défaut d'extraction.....	43
Figure 25: Evolution du taux de savon dans l'huile neutre	43
Figure 26: Diagramme Ishikawa.....	45
Figure 27: Pareto	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Fiche Technique de la SODECOTON.....	5
Tableau 2: Composition du coton graine (Source Géocoton).....	12
Tableau 3: Composition de la graine de coton	12
Tableau 4: Composition de l'amande (Denise, 1982).....	13
Tableau 5: Composition de l'huile de coton en acides gras (Géocoton)	14
Tableau 6: Définitions et exemples de gaspillage ou muda (adapté de Ray et al., 2006).....	18
Tableau 7: Critère de capabilité [10]	22
Tableau 8: Estimation de coût associé aux pertes en matière grasse.....	33
Tableau 9: Planification du projet.....	33
Tableau 10: Proportion de MG perdue par chaque zone.....	39
Tableau 11: Evaluation des pertes en matières grasses évitables et inévitables.....	40
Tableau 12: Moyennes mensuelles du rendement en HN	41
Tableau 13: Echelle de notation	47
Tableau 14: AMDEC PROCESSUS : Décorticage des graines de coton- Extraction de l'huile neutre.....	48



LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Carte géographique des cultures de coton, des usines d'egrenages et d'huileries de la SODECOTON	ix
Annexe 2: La relation entre les acteurs de la culture du coton Source, CNRS	x
Annexe 3: Schéma nettoyeur SAMAT	xi
Annexe 4: Schéma Décortiquer séparateur	xi
Annexe 5: Schéma Batteur de coques	11
Annexe 6: Schema Aplatisseur	11
Annexe 7: Schéma Expander	11
Annexe 8: Tableau récapitulatif des éléments du système de décortilage et leurs rôles	xii
Annexe 9: Schéma fonctionnement de l'atelier extraction	xiii
Annexe 10: Nomenclature du procédé d'extraction	xiv
Annexe 11 : Bilan matière grasse	xv
Annexe 12: Tableau d'évaluation des pertes totales en matière grasse	xviii
Annexe 13: Résultats paramètres qualité trituration	xviii
Annexe 14: Evolution du rendement en huile neutre	xviii
Annexe 15: Estimation des pertes en échappée graine du mois de janvier	xix
Annexe 16: Quantité des graines échappées par mois	xx
Annexe 17: Tableau synthétique de l'estimation des pertes en HN par mois et le cout en chiffre d'affaire	xxi
Annexe 18: Tableau d'analyse Pareto	xxi
Annexe 19 : Estimation des pertes globales dans le processus d'obtention d'huile neutre	xxi



Annexe 20: Arbre des causes des pertes en matière grasse	xxiii
Annexe 21: Mangement visuel des 3 ateliers.....	xxiv
Annexe 22: Protocoles d'analyses laboratoires.....	xxvi
Annexe 23: Fiche de suivi atelier Nettoyage Décorticage	xxxii
Annexe 24: Fiche de suivi atelier Pression.....	xxxiii
Annexe 25: Fiche de suivi Atelier Extraction	xxxiv
Annexe 26: Fiche de suivi neutralisation	xxxv



SIGLES ET ABREVIATIONS

SODECOTON : Société de Développement du Coton du Cameroun

SCNCT : Société Cotonnière du Nord-Cameroun et du Tchad

CNPC-C : Confédération nationale des producteurs de coton au Cameroun

CICAM : Cotonnière Industrielle du Cameroun

GP : Groupement des Producteurs

SONARA : Société Nationale de Raffinerie

ALIBET : Aliment pour Bétail

CFDT : Compagnie Française pour le Développement des Fibres Textiles

DAGRIS : Développement Agro-Industriel du Sud, nom adopté par la CFDT en 2001

DT : Desolvantizer-Toaster

MG : Matière grasse

FEDT : Farine entrée DT

FSDT : Farine sortie DT

DB : Défaut de broyage

DE : Défaut d'extraction

DN : Défaut de neutralisation

HN : Huile neutre



INTRODUCTION GENERALE

Le service de production dans une entreprise agroalimentaire est la structure qui crée de la valeur ajoutée en même temps qui se trouve confrontée à plusieurs contraintes. Parmi lesquelles la satisfaction des exigences du client qui sont de plus en plus pointues en terme de qualité, le respect strict des normes d'hygiène et la sécurité des aliments, et enfin la contrainte liée à la qualité de la matière première qui varie en fonction des saisons. Le coût de production est au centre des préoccupations du management de production. Puisque le prix d'un produit = Marge + Coût de revient, pour augmenter le gain de façon classique on augmente le prix du produit. Ce qui constitue un risque de perdre beaucoup des clients. Une autre approche consiste à diminuer les coûts de revient c'est d'ailleurs celle adoptée par les entreprises performantes. Pour cela appel aux méthodes et outils d'améliorations continues. Parmi ces méthodes figure le Lean six sigma, qui est une méthode structurée de management de production conçue pour supprimer les gaspillages et les variabilités dans les processus.

La société de développement du coton du Cameroun (SODECOTON) s'est donnée pour vocation de créer des richesses et des valeurs ajoutées en milieu rural dans les régions de l'extrême Nord, du Nord et de l'Adamaoua par la production et la transformation du coton. Parmi ses unités de production, l'huilerie de Garoua qui réalise cette vocation en produisant de l'huile et des sous-produits destinées à l'alimentation de bétail. Elle occupe une place importante dans l'économie de la région et entend bien s'aligner dans la compétition. Avec son envol vers l'amélioration de sa qualité par la certification ISO9001, l'huilerie de la SODECOTON s'est donnée pour mission d'augmenter son volume de production tout en maîtrisant les coûts. C'est dans cette optique que notre projet de fin d'études a vu le jour : **Notre objectif est d'améliorer le rendement de la production d'huile Dimaor en évaluant et diminuant les pertes en matière grasse dans le processus.** Nous avons délimité notre périmètre dans la zone où se trouve plus de pertes qui est la première phase de la trituration d'huile : **C'est le processus de production d'huile neutre.** Pour résoudre ce problème nous avons utilisé la méthodologie du Lean six sigma qui se résume par les 5 étapes du DMAIC :

- 1) **Définir** : Définition du problème, l'estimation de son coût, et représentation du processus ciblée ;



- 2) **Mesurer** : Etude de la capabilité du Processus, évaluation quantitative des pertes en matière grasse, et identification des variables (X) du processus ;
- 3) **Analyser** : L'analyse des causes des pertes en matière grasse ;
- 4) **Implémenter** : Propositions et mises en œuvres des solutions pour réduire ces pertes ;
- 5) **Contrôler** : Contrôler et pérenniser l'efficacité des solutions implémentées.



PARTIE 1 : GENERALITES SUR LA SODECOTON

A PRESENTATION DE LA SOCIETE D'ACCUEIL SODECOTON

I Missions et objectifs de la SODECOTON

La SODECOTON, fleuron agro-industriel du septentrion du Cameroun, est une société anonyme d'économie mixte à participation publique majoritaire au capital de **1,51 milliards de FCFA**, détenu à **59%** par l'Etat du Cameroun, **30%** par **GEOCOTON** et **11%** par un privé camerounais, la Société Mobilière d'Investissement du Cameroun (**SMIC**).

- **Sa vision** est de promouvoir le développement et la culture du coton au Cameroun.
- **Ses valeurs** sont **la satisfaction de tous, le travail d'équipe et un travail de qualité.**
- **Ses missions** consistent à « **développer les activités agricoles du monde rural en encadrant les producteurs pour la culture du coton (et les cultures en rotation) et assurer la transformation en produits semi-finis (graines, semences, fibre de coton) et finis (huile de table et divers produits destinés à l'alimentation animale).** Pour cela, la SODECOTON projette d'accompagner les producteurs dans leur dynamique, moderniser et augmenter les capacités de ses installations industrielles et renforcer ses compétences pour être en mesure de collecter et transformer **4 00 000 tonnes** de coton graines à la campagne **2022/2023** contre **357. 000 tonnes au cours de la campagne 2020-2021.**

Afin de remplir ses missions, au regard des exigences légales et réglementaires et cela dans la stricte considération de ses valeurs, l'entreprise s'est engagé dans une évolution continue de son système de qualité. Il est en quête de la certification **ISO9001 version 2015 dont le processus est en bonne voie sans anicroche.** La politique qualité de la SODECOTON repose sur les trois axes stratégiques ci –après :

- **Accroître les volumes de production et de vente, tout en assurant la maîtrise des coûts.**
- **Veiller à la satisfaction durable des exigences clients et celles des autres parties et se conformer aux exigences légales, réglementaires et normatives ;**



- **Responsabiliser et valoriser ses collaborateurs.**

II Historique de l'entreprise

La partie septentrionale du Cameroun qui a un climat sahélien, constitue un atout indéniable pour la culture du coton. Cette culture fût introduite vers le seizième siècle à partir du lac Tchad pour répondre aux besoins vestimentaires des populations locales. Cette matière première textile qu'on appelle « Hottollo » en fulfulde qui est la langue locale était essentiellement utilisée par les tisseurs et autres tailleurs traditionnels. L'histoire de la SODECOTON commence en **1913** avec les premières expérimentations de la culture de coton à **Pitooa** par le **Dr Wolf**, cette culture est développée de manière intensive dans la partie la plus montagneuse du pays.

Vers **1927**, on assiste à la création de la **SCNCT (Société cotonnière du Nord-Cameroun et du Tchad)**, puis en **1949** de la création de **CFDT (Compagnie française pour le développement des fibres textiles)** qui est une société d'économie mixte et en **1951** la CFDT s'implante au Nord-Cameroun et développe la culture du coton en agriculture familiale ayant sa direction générale à Kaélé.

En 1974, cette société va être nationalisée et devient **Société de développement du coton (SO-DECOTON)**. Sa mission est donc d'organiser la production et la commercialisation du coton sur l'étendue du territoire. Sa privatisation totale est exigée par le Fonds monétaire international (FMI) depuis **1997** mais rejetée par les paysans, ce qui a abouti à une privatisation partielle, et donc la conservation de l'intégrité de la filière, avec comme actionnaire principal la CFDT, partenaire technique de la SODECOTON depuis des décennies.

Devenue entreprise para-privée, détenant un quasi-monopole du marché du coton au Cameroun, la SODECOTON ne possède plus de plantations de coton, mais travaille en partenariat avec les producteurs camerounais.

En 2003, la SODECOTON était classé la 3e entreprise du Cameroun après la SONARA et les Brasseries du Cameroun. Elle était aussi classée 8e parmi les entreprises africaines les plus performantes. Elle a subi ainsi la chute de la production textile camerounaise.

Entre 2005 et 2008, la consommation locale de coton brut est passée de **189 000 t/an à 40 000 t/an**, soit une chute de près de **78 %**.

Actuellement, la filière coton occupe une place importante dans l'économie du Cameroun. Elle contribue à hauteur de **1,5 % du PIB, 5% du PIB agricole** encadre près de **(152 000 producteurs de coton)**. L'activité principale de la SODECOTON est l'encadrement de la production et de la



commercialisation du CG. Acteur majeur de la chaîne de valeur du coton, en plus des trois fonctions évoquées, la SODECOTON mène **des actions de service public à savoir :**

- 1) L'appui aux agriculteurs dans les **cultures en rotation avec le coton**, à l'élevage ;
- 2) L'entretien des pistes rurales ;
- 3) Le soutien à la recherche et à la professionnalisation des Groupement des producteurs sans oublier leurs actions liées à l'eau, au sol et aux arbres à la faveur de financements extérieurs passés. Cependant pour assurer une bonne maîtrise de la chaîne de valeur du coton en allant des champs aux produits manufacturés, la SODECOTON collabore avec d'autres acteurs qui chacun joue un rôle essentiel contribuant ainsi à la durabilité du système de production et de transformation du coton au Cameroun. Ce sont : la CIRAD, l'IRAD, la GP, la CNPC-Cameroun, la GEOCOTON et la CICAM (**voir annexe 3**) [1]

Tableau 1 : Fiche Technique de la SODECOTON

FICHE TECHNIQUE	
Nom complet	Société de Développement de Coton (SODECOTON)
Statut juridique	SOCIETE ANONYME MIXTE
Siège sociale	Garoua
Téléphone	+237 622 27 10 80
Fax	222 27 20 68
E-mail	sodecoton@sodecoton.cm
Capital	1 510 000 000
Secteur d'activité	Industries agroalimentaires
Activité	Production et commercialisation de la fibre de coton, de l'huile végétale et du tourteau

III Organigramme de l'huilerie de Garoua

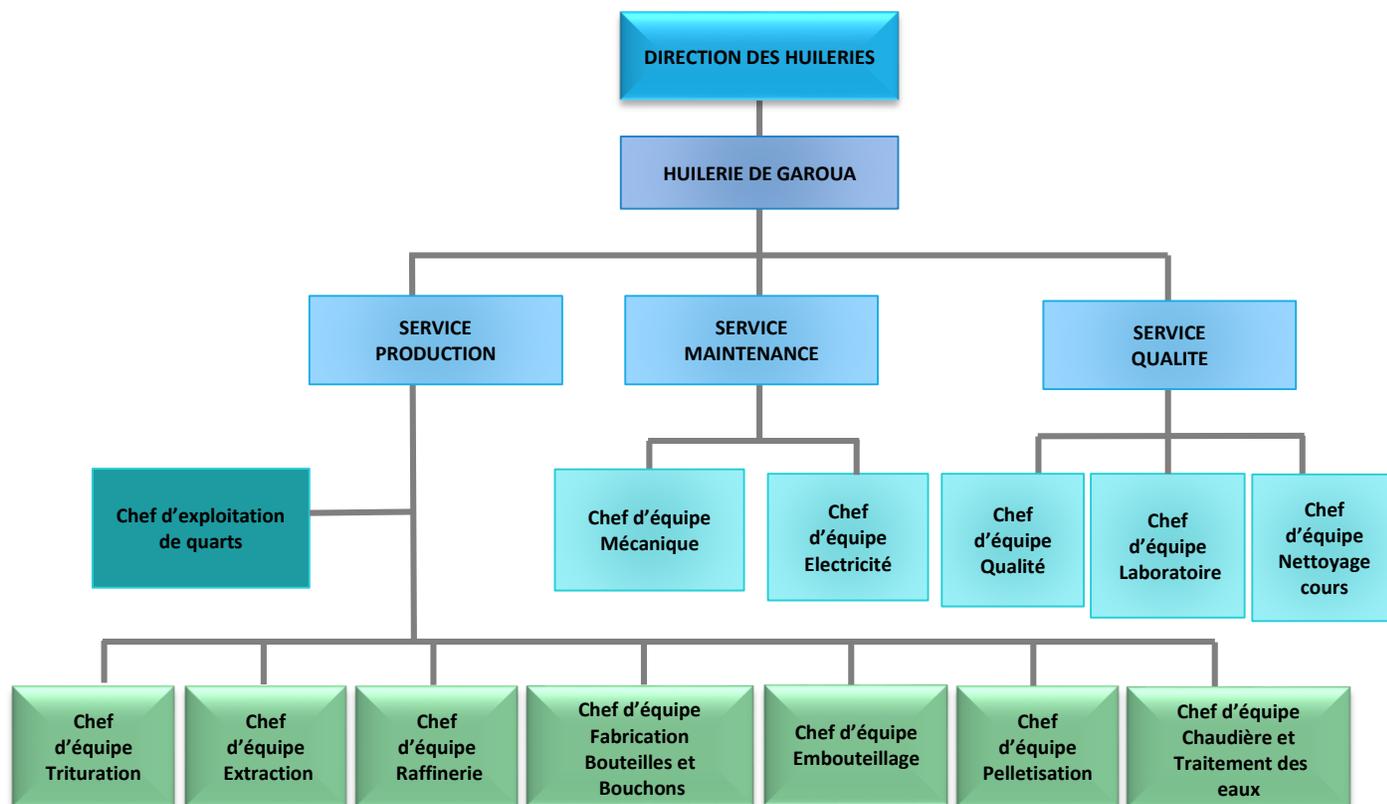


Figure 1 : Organigramme de l'huilerie

IV Secteur d'activité de l'huilerie de Garoua

La principale activité de l'huilerie est la trituration et fabrication d'aliment de bétail : Les graines provenant des égrenages de la SODECOTON sont triturées pour obtenir l'**huile Diamoar** et à partir des sous-produits (coques, farines déshuilés), ils fabriquent les aliments de bétail (**Alibet**, et la **Farine 21**)



Figure 2 : L'huile DIAMAOR, les pellets ALIBET, la FARINE 21

B PROCESSUS DE FABRICATION DE L'HUILE DIAMAOR

I Réception-Manutention graine

Les camions transportant les graines en provenance de neuf (09) usines d'égrenages de la SODECOTON à leur arrivée à l'huilerie, ils passent par le pont bascule où ils sont pesés. On enregistre leur poids brut (PB), la tare et le poids net (PN) des graines est déduit de deux valeurs ($PN = PB - Tare$). Les graines sont ensuite entreposées soit dans le stockage couloirs, soit elles sont stockées dans les 04 silos de capacité de 1500t chacun. Ou alors elles sont envoyées dans la trémie journalière à l'aide des élévateurs à godets et des transporteurs à chaînes ou vis sans fin.

II Nettoyage

Les graines de coton contiennent des impuretés (poussières, cailloux, métal) qui peuvent causer des dommages aux équipements. C'est pourquoi elles sont nettoyées par les nettoyeurs. En effet les graines contenues dans la trémie journalière (de capacité 100 tonnes) sont envoyées par l'extracteur puis les vis souterraines vers les 3 nettoyeurs de capacité de 150t/ jrs chacun. Ils sont équipés du haut vers le bas de deux tamis vibrants avec des pores de différent diamètres. Le premier tamis avec des pores plus gros retient les corps étrangers plus gros que les graines de coton **tel que les cailloux ; les matières indésirables, la fibre de coton qui reste sur la graine.** Le second tamis a des pores plus fins qui laissent **passer le linter, les poussières** restant dans les graines qui sont évacuées à l'extérieur de l'atelier. (Voir annexes schéma nettoyeur)



Figure 3 : Les Nettoyeurs

III Décorticage

Les graines nettoyées sont envoyées vers les décortiqueurs qui sont au nombre de trois (03). Le décorticage consiste à briser la graine grâce à un couplage stator/rotor tous munis de couteaux

spéciaux afin de libérer l'amande de la coque. A côté il y'a des pré-sasseurs et des sasseurs qui en secouant les coques et les amandes favorisent leur séparation. Un porte-tamis à fond ramasseur permet de récupérer les amandes qui sont acheminées vers l'aplatisseur à l'aide des vices. Les coques à leurs tours sont aspirées par un système de ventilation qui les achemine vers les batteurs afin de retirer les restes d'amandes emprisonnées. Ainsi chaque décortiqueur est lié à un batteur de coques. A la sortie des batteurs, les coques empruntent trois (03) destinations à savoir. L'atelier pression, l'atelier pelletisation et l'atelier chaudière pour diverses utilisations.



Figure 4: Les décortiqueurs

IV Aplatissage

L'aplatissage permet de rendre l'amande plus fine (**300-350 μ**) **tout en augmentant la surface de l'amande qui sera exposée à la cuisson puis à l'extraction**. Ce broyage permet également de rompre la membrane cellulosique des cellules oléifères contenant la matière grasse. Les amandes sont aplaties lorsqu'elles passent entre les mailles des deux cylindres qui tournent dans le sens inverse.



Figure 5: L'aplatisseur

V Cuisson

Cette opération permet de dilater les oléifères et de fragiliser les membranes ; Les amandes aplaties sont additionnées de (16-18%) de coques, puis seront cuites par une alternance chauffage

humide et cuisson sèche dans un appareil de forme cylindrique verticale appelé cuiseur. Il est constitué de 8 étages où traversent les amandes. Ces étages sont chauffés par la vapeur (pression=16 bar) à des températures croissantes. Ce sont des vérins pneumatiques qui actionnent l'ouverture des sorties des amandes pour passer d'un étage à l'autre (**annexe**). Pour obtenir l'humidité de l'amande souhaité (**3-6%**) on injecte de l'eau (**10-20l/min**) le débit de l'eau dépend de l'humidité initiale de l'amande. Et lorsque les graines sont trop humides on ouvre le ventilateur en haut du cuiseur. A la sortie du cuiseur on obtient une farine chaude et luisante. Ce conditionnement thermique permet :

- D'augmenter la plasticité de l'amande, et de coaguler des fractions protéidiques de l'amande ;
- De rompre les parois des cellules grasses, ainsi que d'accroître la fluidité de l'huile ;
 - De stériliser et de désactiver les enzymes thermosensibles (myrosinases)



Figure 6: Le cuiseur

VI Expandage

Après cuisson, la farine d'amande est reçue dans l'expander à l'aide d'une goulotte d'alimentation. Le produit est extrudé à travers les trous de la plaque de bout de l'expander. Une injection de la vapeur se fait par des vannes d'injection à la pression de **5-6 bars**. **Ce malaxage sous pression contribue à augmenter la densité des produits à l'extraction et corrige considérablement le défaut de broyage**. La vapeur d'eau injectée augmente l'humidité du produit qui sort avec une température d'environ **105°C**. L'extrusion permet d'obtenir **des collets** qui sont encore chaud. Leur refroidissement se fait à l'aide du refroidisseur. Ils passent par un tapis roulant, et sont refroidit par l'air des ventilateurs (40°C) avant d'être acheminé vers l'atelier extraction.

VII Extraction

Dans cet atelier, les collets sont arrosés à contre-courant par l'hexane pour extraire l'huile qu'ils contiennent. A la fin de l'extraction, on obtient deux produits : le **miscela brute** et la **farine déshuilée**. La farine déshuilée qui contient encore de l'hexane est désolvantée dans le Desolvanter Toaster (DT), puis servira dans la fabrication de l'aliment pour bétail. Quant au miscela brute puisqu'il contient encore des impuretés et l'hexane doit subir la neutralisation et la distillation.

VIII Neutralisation et la distillation

Le miscela brute sera traité tout d'abord par l'**acide phosphorique** dans le but d'éliminer les **traces métalliques (Catalyseurs d'oxydation)** et des **phospholipides non hydratés**. Ensuite on ajoute la **soude caustique** qui permet de précipiter les **acides gras libres** par saponification. Ces acides gras ont tendance à donner un goût acide à l'huile. Cette neutralisation alcaline permet aussi d'éliminer le **gossypol** qui est toxique à la consommation humaine, les mucilages, les substances colorantes et les traces des métaux.

La soude réagit avec les acides gras pour former du savon appelée **Soap stock**, ce dernier est introduit dans le DT, mélangé à la farine déshuilée améliore la valeur nutritive de l'aliment pour le bétail. Par ailleurs les **pâtes de neutralisation** sont ensuite éliminées par centrifugation dans un séparateur à assiettes. On obtient finalement le **Miscella neutre** qui passera à la **distillation** pour éliminer le plus possible les traces d'hexane dans l'huile jusqu'à obtenir la proportion **0.005%** sous l'action de la chaleur et du vide. On obtient donc comme produit final l'**huile neutre** qui sera refroidi à **40°C** avant d'être stocké pour éviter qu'il s'oxyde (Photo 5). Par la suite l'huile neutre passera au raffinage où il sera décoloré et désodorisé à haute température et sous vide puis filtré, refroidi à 40°C, on obtiendra l'huile raffiné qui sera supplémenté de la vitamine A avant d'être conditionné dans des bouteilles d'un litre (figure 2).



Figure 7: Les collets, l'hexane, le miscela brute, la soude caustique, le miscella neutre, l'huile neutre, la farine entrée DT, la farine sortie DT

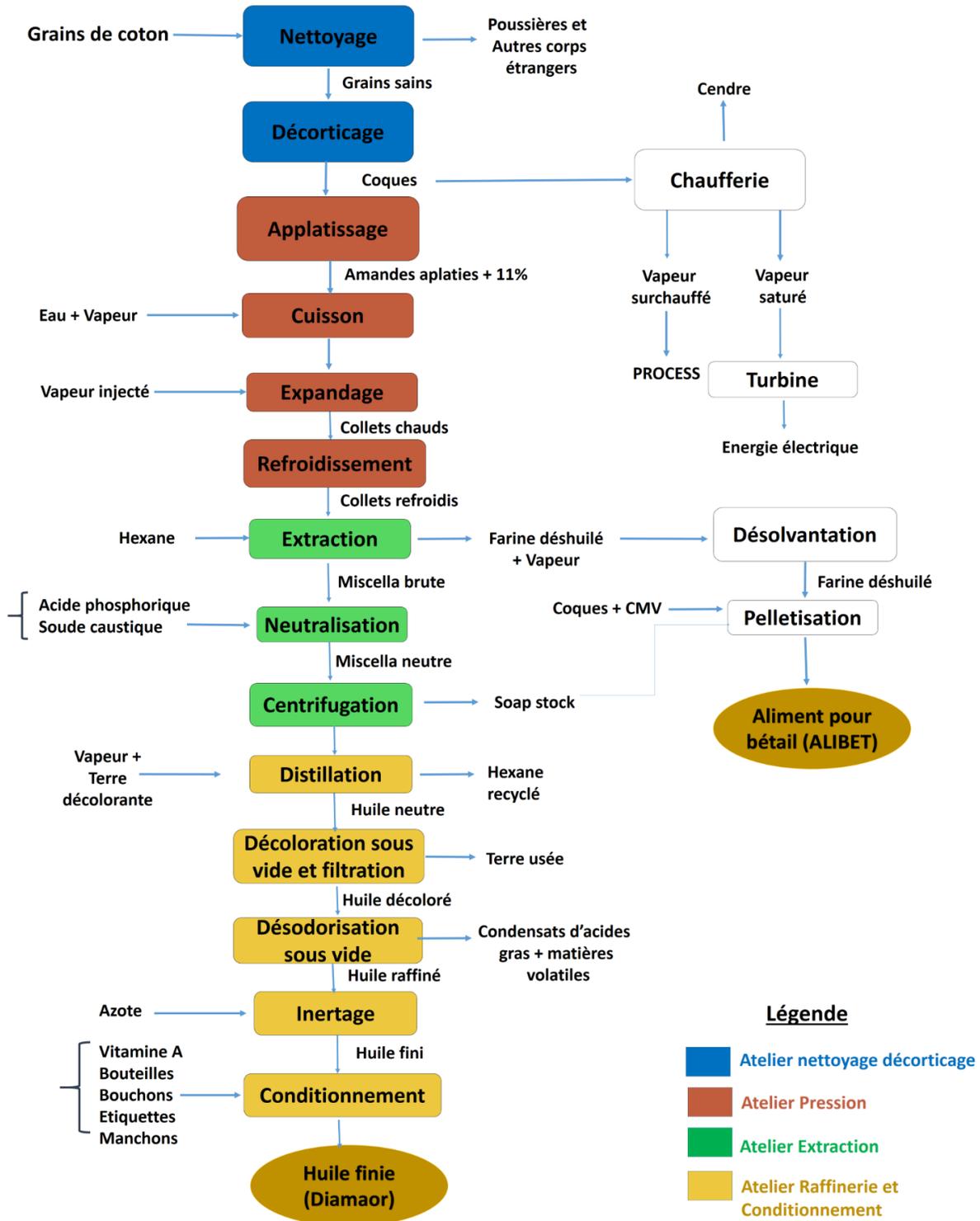


Figure 8: Processus de fabrication de l'huile Diamor

PARTIE 2 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

A GENERALITES SUR L'HUILE DE COTON

I Composition du coton et ses constituants

Le coton graine (photo 6) est composé de (tableau 2) :

Tableau 2: Composition du coton graine

Constituants	Pourcentage
Graines	53%
Fibres	42%
linters	5%



Figure 9 : Capsules ouvertes de coton

Sur le plan biologique, **la fibre de coton** correspond à une cellule hypertrophiée de l'épiderme d'une graine de cotonnier. Une seule graine comporte des milliers de fibres et chaque parcelle, des millions de graines à l'hectare [4]. Quant à la graine de coton (photo 7), elle est composée de (tableau 3) :

Tableau 3: Composition de la graine de coton

Constituants	Pourcentage (%)
Amandes	50-52%
Coques	36-38%
linters	12-14%

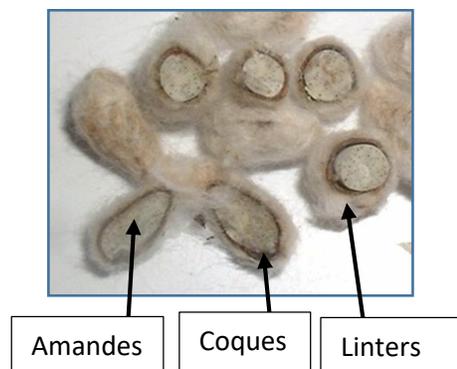


Figure 10: Graines de coton

La coque a une densité de 0,1 et un pouvoir calorifique de 3900 à 4200 Kcal/Kg tandis que l'amande a une densité de 0.6 et est composé de matière grasse (36-38%) [2]

Les amandes comprennent à leur tour (tableau 4) :

Tableau 4: Composition de l'amande

Compositions	Pourcentage
Lipides	9-12%
Protéines	11-13%
Glucides	13-16%

II Utilisation du coton graines et ses différents constituants

- **La fibre** : Elle sert à fabriquer du fil du coton pour l'habillement (confection 60%), l'ameublement (35%), les vêtements professionnels (5%). Les fibres trop courtes éliminées lors du processus de la filature, sont utilisées pour fabriquer du coton hydrophile.
- **Le duvet et linters** : Le duvet utilisé pour la fabrication de la cellulose, des vernis, du similicuir, des feutres, des papiers fins, des matelas et des tapisseries. Le linter entre dans la composition des billets de banque.
- **La coque** : En la brûlant elle produit de l'énergie. Elle est également utilisée pour la fabrication de dérivés de synthèse pour l'industrie chimique, elle rentre aussi dans la fabrication d'aliments pour le bétail (tourteaux).
- **L'amande de la graine** : Riche en huile et protéine, en les pressant on obtient l'huile de coton. En effet, l'amande de coton est riche en matière grasse (environ **30%**), servira à produire de l'huile de coton alimentaire, dans le monde, l'huile de coton contribue pour **5%** de la production mondiale d'huile végétale. Après extraction de l'huile, le sous-produit à savoir la farine déshuilée servira à fabriquer le tourteau destiné à l'alimentation des ruminants. [11]

III Huile de coton

III.1 Rôles nutritionnelle de l'huile de coton

L'huile raffiné tout comme les céréales est importante dans l'alimentation humaine, en effet, elle rentre dans la consommation alimentaire et apporte des acides gras et des vitamines à l'organisme. Elle fournit de l'énergie (9,5Kcal/g, contribue à la régulation de la température corporelle, permet la synthèse des hormones, améliore la fertilité de par les tocophérols (Vitamine E), et joue le rôle d'élément de structure par la protection intra et extracellulaire. Elle



procure aussi des sentiments de satiété, rehausse la texture et la saveur des aliments et donne l'éclat au teint et à la chevelure. [5]

III.2 Composition de l'huile de coton

L'huile de coton est composée des constituants essentiels à savoir des triglycérides, des acides gras (tableau 5), des glycérides etc..). Riche en insaponifiables (**0,6 à 1.5 %**) et des constituants mineurs (hydrocarbures, métaux, phosphatides, Gossypol etc.) [2]

Tableau 5: Composition de l'huile de coton en acides gras

Nature	% acides gras totaux
C14 :0 (Acide myristique)	0.5-1.3
C16 :0 (Acide palmitique)	17-31
C16 :1 (Acide palmitoléique)	<1
C18 :0 (Acide stéarique)	42-64
C18 :1 (Acide oléique)	13-21
C18 :2 (Acide linoléique)	34-60
C18 :3 (Acide linoléénique)	<1
C18 : cyp, C19 : cyp	0-2

IV Extraction d'huile

Il existe deux voies possibles pour extraire l'huile végétale : **le pressage mécanique** et **l'extraction par solvant**. **Pour les graines riches en huile (Teneur supérieur à 35% tel que le colza, le lin ou le tournesol)**, un pressage mécanique est appliqué en premier lieu. Cette opération permettra d'extraire une huile de premier pressage de haute qualité, mais entraîne un déshuilage incomplet. L'huile résiduelle est ensuite extraite par solvant qui est généralement de l'hexane. **Pour les graines à faible teneur en huile (Soja, coton) l'extraction au solvant est directement appliquée [5].**

IV.1 Extraction mécanique



Le pressage est un procédé de séparation solide/liquide au cours duquel du liquide contenu dans un matériau poreux est expulsé sous l'effet d'une compression mécanique (**Schwartz**). Ce procédé conduit à la formation d'un matériau solide appauvri en liquide appelée « **gâteau de pressage ou tourteau, et d'une fraction liquide : l'huile**. Le rendement maximum n'excède pas **70-75 % (Ward, 1976)**. Industriellement, il est réalisé en continu dans des presses à vis pouvant mesurer plus d'une dizaine de mètres de long.

IV.2 Extraction par solvant

L'**extraction par solvant** consiste à extraire l'huile à partir des matériaux oléagineux en les traitant avec un solvant de basse température d'ébullition, C'est le procédé le plus efficace d'extraction d'huile son rendement est proche de **100 %**.

L'**hexane est le solvant le plus utilisé (Dunford, 2012)** en raison de sa bonne affinité avec l'huile et de son faible coût. Cependant sa toxicité et son origine pétrolière soulèvent de nos jours des questions sanitaires et environnementale. En effet, il contribue à des émissions atmosphériques, de plus il est difficile d'obtenir un produit finale purifiée (**Taux limite en hexane < 1 ppm**) nécessite donc des lourdes étapes de raffinage. Ainsi après extraction le miscella est distillé afin de séparer l'huile de l'hexane et le solvant résiduel dans le tourteau est éliminé dans un **Désolventizer-toaster (DT)**.

L'hexane est un liquide incolore, volatil, et d'odeur désagréable. Il n'est pas soluble dans l'eau mais miscible dans la plupart des solvants organique. C'est un bon solvant des graisses cires, des résines. C'est un produit stable dans les conditions normales d'emploi, mais il peut réagir fortement avec le produit oxydant. [6]

IV.2.1 *Principe de l'extraction au solvant*

Le principe de l'extraction par solvant consiste à utiliser des solvants apolaires tels que le **trichloréthylène, flugène, dichloréthane, l'hexane, et le chlorure de méthylène** pour dissoudre les matières grasses des oléagineux afin de pouvoir les extraire. En effet, les matières grasses dissoutes migrent du milieu le plus concentré pour se mélanger avec le solvant. Pour optimiser l'extraction, on réalise plusieurs lavages continus de la même farine d'oléagineux préalablement préparée avec un solvant de moins en moins riche en matières grasses. [5]



IV. 2. 2 Facteurs influençant l'extraction

Les phénomènes de transfert de solutés dans le solide en occurrence la matière végétale, sont influencés par plusieurs facteurs caractérisant **la matière du solide, le soluté** et le **solvant**. Il dépend aussi des **conditions opératoires**.

En ce qui concerne le choix de solvant : Un solvant d'extraction est choisi en fonction de ses propriétés physiques : densité, viscosité, point d'ébullition, chaleur spécifique, etc. déterminant les conditions de l'épuisement, vitesse d'écoulement et de filtration, conditions de distillation et de concentration, et pertes par volatilisation.

Le choix du solvant obéit à trois critères et nécessite la connaissance d'un paramètre physique caractéristique de ce solvant.

- **L'état physique du solvant :** Le solvant doit être liquide à la température et à la pression où l'on réalise l'extraction.
- **La miscibilité du solvant :** Le solvant doit être non miscible à la phase qui contient initialement le composé à extraire.
- **La solubilité :** Le composé à extraire doit être très soluble dans le solvant. C'est -à dire, beaucoup plus soluble dans le solvant que dans le milieu où il se trouve initialement (milieu aqueux en général).
- **La densité du solvant :** Il est nécessaire de connaître ce paramètre car c'est lui qui détermine si la phase organique, contenant le composé à extraire, se trouve au-dessus ou en dessous de la phase aqueuse dans l'ampoule à décanter.

Les solvants d'extraction doivent être aussi :

- Facilement éliminés après extraction et donc avoir un point d'ébullition bas. Leur point d'ébullition doit être le plus éloigné possible de celui des produits à extraire.
- Inertes chimiquement vis-à-vis de la solution à extraire.
- Peu toxiques que possible.

Pour l'extraction de l'huile il faudrait un solvant idéal remplissant ces conditions. L'hexane est donc le seul solvant d'extraction remplissant tous ces conditions du fait de ses propriétés. [5]

B LEAN SIX SIGMA

I Définition du Lean six sigma

Le Lean six Sigma est une combinaison de Six sigma (méthode qui vise à diminuer la variabilité observée dans une des données de sortie d'un processus) et de l'approche Lean (méthode qui vise à éliminer les « gaspillages » : temps d'attente, reprises/ rebuts ; sur-qualité ; surproduction et à diminuer le temps de cycle d'un processus). Le Lean six sigma permet donc d'améliorer tout processus, soit en diminuant la variabilité observée dans les données de sortie, soit en rendant le processus plus rapide, plus fluide. [8]

II Lean Manufacturing

II.1 Origine et définitions

Le Lean Manufacturing est issu du modèle de **production de Toyota** mis au point en **1950** par **Taiichi OHNO : le Toyota Production System (TPS)**. À l'époque, **Toyota** était une petite entreprise guère compétitive qui vendait peu de voitures. Il est apparu vital pour sa survie de réduire ses coûts et d'améliorer l'efficacité de sa production.

La méthode traditionnelle anglo-saxonne de développement d'entreprise reposait sur les principes : **travailler plus longtemps, plus dur, plus vite et avec beaucoup des ressources** (hommes, équipement), la philosophie retenue par **Toyota** fut différente : **améliorer le flux de valeur, non pas en augmentant la capacité de production, mais en diminuant les gaspillages.**

« **Lean** » signifie « maigre », « sans gras » ou encore « dégraissé ». Le Lean Manufacturing peut donc être traduit par « production allégée », dénuée d'étapes inutiles. **Le Lean Manufacturing** est donc un ensemble de principes, de techniques et d'outils destinés à gérer une production ou un service, tout en faisant la chasse aux gaspillages, c'est-à-dire aux activités qui n'apporte pas de **la valeur ajoutée au client**. Le but recherché par le Lean est la baisse des **Coûts de production, l'amélioration du niveau de Qualité, et l'adaptation des délais des processus aux besoins du client.**

La valeur ajoutée : correspond à toutes activités qui augmentent la valeur (marchande ou fonctionnelle) du produit aux yeux du client, c'est-à-dire les activités pour lesquelles le client est prêt

à payer. » Tandis que la « **non-valeur ajoutée** » représente les activités qui n'ajoutent aucune valeur au produit, ce sont des sources de gaspillages. Certaines de ces activités ne peuvent pas être évitées (sauf investissements importants).

II.2 Types de gaspillages

Il existe 03 formes de gaspillages : le muda, le mura et le muri. Les gaspillages d'excès (**MURI**) sont répartis en deux catégories : l'**excès en matériel** correspondant aux consommations excessives de matière première ou de pièces dans les ateliers et l'**excès de personnel** défini comme une main d'œuvre excessive, inefficace ou en attente d'occupation (Imai, 1997). L'irrégularité (**MURA**) correspond aux variations de rythmes de flux, de délais et de cycles d'activité conduisant l'entreprise à constituer des réserves de stocks ou des stocks tampons. Quant aux **MUDA** ce sont des gaspillages ou pertes qu'on retrouve dans le processus. Il y'a 8 types de pertes/gaspillages détaillée dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6: Définitions et exemples de gaspillage ou muda (adapté de Ray et al., 2006)

Types de gaspillages	Définition	Exemples « type » de gaspillages associés
Surproduction	Produire plus que la demande exigée par le client	Produire des pièces non commandées par le client Réaliser une production plus tôt ou est requis par la prochaine étape du processus
Temps d'attentes	Attendre inutilement	Attentes de renseignements, d'outils, d'approbations, de contrôle qualité, de reprise
Transports et manutentions inutiles	Transporter sans que le transport ait une réelle utilité	Mauvaise optimisation des flux de matières Longues distances entre les étapes d'un processus
Usinages inutiles ou mal faits (Traitement excessif)	Fabriquer des produits qui ne répondent pas aux caractéristiques exigées par la clientèle	Actions inutilement nombreuses pour parvenir au résultat souhaité Finition au-delà de la spécification
Gestes inutiles	Réaliser des mouvements inutiles pour l'exécution du travail	Recherche d'outils, de pièces, d'information

		Contrôle, mesure, vérification, manipulation supplémentaires pour la fabrication de pièces
Production de pièces défectueuses (Défaut de qualité)	Fabriquer des produits défectueux ou devant être rectifiés	Erreurs de conception, de fabrication, de contrôle, défauts répétitifs
Stocks excédentaires	Stocker des quantités supérieures à la quantité nécessaire pour l'étape suivante du processus de fabrication	Matières premières, encours ou produits finis en excès
Créativité inexploitée	Perdre du temps, des idées, des compétences en ne prenant pas en compte les idées des employés	Réalisation de tâches pouvant être éliminées, attente d'instructions, travailler sans objectifs, erreurs répétitives, manque d'implication, absence, faible productivité

Enfin, selon Drew et ses collaborateurs, toute découverte de gaspillage dans une activité opérationnelle signale l'existence de coûts inutiles (Drew et al., 2004). Par son objectif de réduction des coûts, l'élimination des gaspillages constitue un objectif fondamental de la démarche Lean.

II.3 Principes du Lean Manufacturing

- Le **travail standardisé**, D'après ce principe, toute étape d'un processus devrait être définie et pratiquée de manière répétée et identique.
- L'**amélioration continue**, ou Kaizen qui est une démarche graduelle et douce d'amélioration qui s'oppose aux réformes brutales. De ces deux principes fondamentaux découlent : la **production juste à temps** (Just In Time) issue de la standardisation et l'**automatisation de la chaîne de production** issue de l'amélioration continue.

III Six sigma

III.1 Origine et définitions

L'histoire de Six Sigma débute en **1986** chez Motorola, son déclin s'effectue lorsque General Electric décide de l'appliquer et de l'améliorer. Motorola avait pour objectif d'améliorer son processus en vue de satisfaire ses clients. **Mikel Harry**, ingénieur chez Motorola, définit les bases



de six sigma en s'appuyant sur la philosophie de **William Adwards Deming** (roue de la qualité) et donne la priorité à l'amélioration continue. Dès lors **Motorolla** décide d'utiliser cette méthode pour tous ces projets.

Le six sigma est une méthode basée sur l'exploitation statistique des données permettant d'analyser et maîtriser les paramètres influents d'un processus, de réduire les pertes et les coûts liés aux non-qualités, c'est une approche dont l'objectif est orienté vers la satisfaction du client. Bien au-delà c'est un mode de management qui s'appuie sur une démarche projet.

III.2 Principe du Six Sigma

Le six sigma est une façon d'envisager la variabilité du processus à partir des mesures statistiques, il permet de rendre le processus plus performant en éliminant les causes de variabilités à savoir les **causes communes et les causes spéciales** :

- **Les causes communes ou causes aléatoires** sont liées de façon intrinsèque au processus et leur impact sur la dispersion du processus est en général faible. Le processus qui ne présente que des causes communes est dit processus « **sous contrôle** ».
- **Les causes spéciales ou causes assignables** sont inhabituelles et provoquent des dérives fortes du processus. Facilement identifiables, leur instabilité fait qu'elles sont difficiles à prévoir. L'apparition d'une cause spéciale nécessite une intervention sur le procédé contrairement aux causes communes. Dans ce cas de figure on dit que le processus en question est : « **hors control** ». On estime qu'un processus, quel qu'il soit, est composé d'environ **85% de causes communes et 15% de causes spéciales**.

Le Six Sigma utilise la maîtrise statistique des procédés (MSP) pour permettre aux entreprises d'éviter de produire des lots non conformes en surveillant la production et en intervenant dès que des anomalies sont constatées. Deux outils incontournable de la MSP sont : **La capacité du processus et les cartes de contrôles**.

« **Six sigma** » vient de l'acronyme **sigma** (σ) qui signifie écart-type en statistique. Soit un procédé de fabrication qui varie selon la loi normale c.-à-d. les mesures prélevées des lots fabriquées pour un critère de spécification sont représentées dans un histogramme et forme une courbe normale ou distribution en « cloche ». Avec deux paramètres : l'écart-type et la moyenne (**figure 3**). Les

critères de spécification sont définis par trois valeurs ; **La limite haute (USL), la limite basse (LSL) et la cible ou la moyenne (μ)**. Six sigma prévoit que pour une cible définis on s'atteindrait à ce que pour une population normale, la quasi-totalité des individus se retrouvent dans une fourchette comprenant la moyenne plus ou moins six fois l'écart-type ($\pm 6\sigma$). On peut même dire que, toujours pour une population normale, un individu sur un milliard se retrouveront hors de cette fourchette. Pour que cela soit possible il faut que la distribution réelle soit centré sur la moyenne (cible).[15]

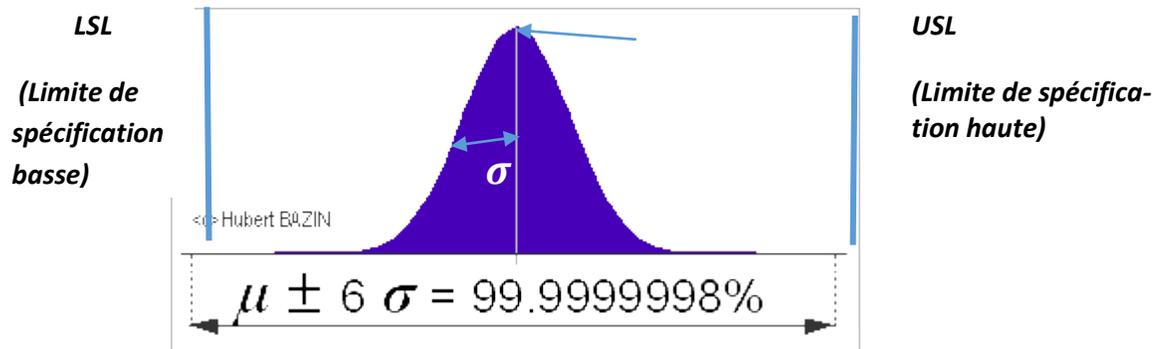


Figure 11: Courbe de Gauss

Il en découle de ce qui précède **la capacité d'un outil de production** : C'est la mesure de l'aptitude qu'a une machine, ou un processus, à fabriquer ce qu'on lui demande de fabriquer. Intuitivement, on sait qu'une balance de cuisine ne permettra pas de peser avec précision des masses de l'ordre de quelques grammes. Ces outils ne sont pas "capables" dans le cadre de ces procédés.

On définit la capacité **Cp**, comme étant **l'intervalle de tolérances, IT, divisé par 6 fois l'écart-type de la distribution** du procédé en question. $Cp = \frac{IT}{6\sigma}$. Avec (IT= USL –LSL)

NB : On parlera de Cm pour la capacité d'une machine et de Cp pour la capacité du procédé pris dans son ensemble.

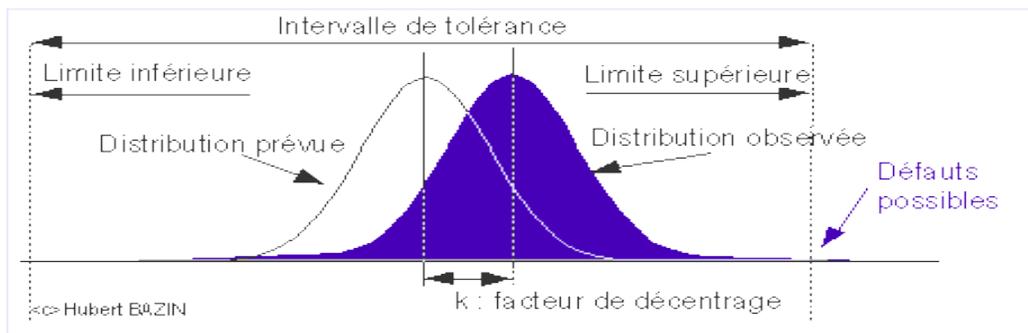


Figure 12: Le décalage entre la distribution prévue et la distribution observé



La figure 4 compare deux distributions : Ce qui est attendu (Distribution prévue) et ce qu'on a obtenu réellement (distribution observé) il y'a un léger décentrage. Les deux moyennes sont différentes Alors, on peut observer un certain nombre de défauts, d'un des côtés de l'intervalle de tolérance. **Le facteur k de décentrage, ou de dérèglement est la différence entre la moyenne observée et la valeur-cible.** On définit donc un nouvel indicateur de capacité, le Cpk, de la manière suivante. [16]

$$Cpk = \frac{IT - 2k}{6 \sigma}$$

D'après l'équation, $Cpk < Cp$. Plus Cpk est proche de Cp, plus le procédé est **centré sur la valeur-cible**. En pratique, on admet un décentrage égal à 1.5 fois l'écart-type ($k=1,5 \sigma$), ce qui se traduit par un taux acceptable de défectueux de 3.4 par million d'unités produites. Ce qui reste excellent. On se refait au tableau 7 pour évaluer la capacité d'un processus. Et son calcul peut se faire à l'aide des logiciels statistiques tel que Minitab.

Tableau 7: Critère de capacité [10]

Indice Cpk	Procédés
$Cpk < 1$	Incapable
$Cpk = 1$,	Capable
$1 < Cpk < 1,33$	Bon
$1,33 < Cpk < 1,50$	Très bon
$Cpk \geq 1,50$	Performant

Pourquoi combiner les deux méthodologies ?

Intégrer les 2 méthodologies dans l'objectif de la qualité totale, assure une optimisation des processus de fabrication. Le Six sigma agit sur la variabilité et le Lean agit sur l'élimination des opérations sans valeur ajoutée dans le processus.

Le lean six sigma permet d'éliminer le cout de la mauvaise qualité appelée « **Cost of poor quality (COPQ)** » Dans la perspective du Lean six sigma, le cout de la mauvaise qualité est toujours supérieur au cout de la qualité, Le **COPQ** est en d'autre terme le manque à gagner causé par le problème présent dans le processus. Il est proportionnel au niveau de sigma dans lequel



l'entreprise se situe. **Les 2 méthodes se complète au sein du DMAIC par l'imbrication de leurs outils.** [2]

IV Approche DMAIC

Le modèle DMAIC est une approche structurée de résolution de problèmes, largement utilisée dans la démarche Lean Six Sigma. Il fournit une base de réflexion qui structure le travail d'une équipe projet d'amélioration continue. Cet outil simple permet d'obtenir rapidement des résultats probants, et repose sur 5 étapes : Define, Measure, Analyse, Improve et Control. [9]

- **Define (Définir) :** La première étape de la démarche DMAIC est l'identification et la description de l'objet de l'étude et de la mission que va accomplir l'équipe projet. Cela inclut : La rédaction de la charte de projet ; L'écoute de la voix du client dans le but de rassembler ses exigences ; La compréhension des processus, et leur cartographie ;
 - **Measure (Mesurer) :** Cette phase consiste à recueillir des données dans le but de caractériser le procédé. La validation du système de mesure, la mesure de la stabilité et de la capacité du processus. La collecte des données en vue de compléter la cartographie du processus.
 - **Analyse (Analyser) :** L'analyse des données récoltées pendant l'étape précédente amène à : identifier les causes induisant les dysfonctionnements étudiés reconnaître les causes initiales (ou causes profondes) à l'origine de la problématique, afin de travailler sur les vrais problèmes plutôt que sur les symptômes qu'ils révèlent.
 - **Improve (Améliorer) :** Cette étape fait appel aux capacités d'innovation, de réflexion et d'action de l'équipe. Il s'agit de : proposer des solutions en vue de supprimer les causes identifiées précédemment.
 - **Control (Contrôler) :** A la dernière étape du DMAIC, l'on assiste à une prise de recul par rapport au projet et donc de pérenniser la solution mis en œuvre lors la phase amélioration. Ceci en contrôlant si les modifications implémentées ont eu les effets escomptés.
- [9]



PARTIE 3 : EVALUATION ET REDUCTION DES PERTES EN MATIERES GRASSES DANS LE PROCESSUS DE PRODUCTION D'HUILE NEUTRE PAR LA METHODOLOGIE DU LEAN SIX SIGMA

A **MATERIELS ET METHODOLOGIE**

I **Documents**

Dans la collecte d'informations nous avons exploité les fiches de suivi production des 03 ateliers (nettoyage décorticage, pression et extraction) ; les registres suivi trituration et extraction ; le registre résultats d'analyse laboratoire normes qualités ; le registre suivi qualité des graines et le registre de maintenance.

II **Matériels biologiques**

Nous avons utilisé les **graines de coton, les coques, les amandes, les collets, la farine entrée DT, et l'huile neutre** pour des analyses laboratoires pour l'évaluation de la quantité de MG perdue dans le processus.

III **Matériel de laboratoire**

- Un dispositif d'extraction à soxhlet

IV **Réactifs**

Hexane ; Acétone ; Bleu de bomophénol ; Acide chlorhydrique 0,01N, solution de soude 0,01 ; Ethanol et oxyde d'éthyle ; Solution de NaOH ou KOH 0,1 N ; Phénophtaléine

V **Méthodes d'analyse laboratoire (Voir annexes)**

Nous avons utilisé 5 types d'analyses laboratoire :

- **Le pourcentage des échappées graines** : Le pourcentage des graines échappées sortie des décortiqueurs par rapport à la masse des coques est déterminé selon un rapport massique en procédant à la séparation manuelle des graines entières échappées avec les coques puis à une pesée. **Graines échappées (%) = $\frac{P2}{P1} \times 100$** ; avec **P2= masse en gramme de l'échantillon, P2= masse en gramme des graines séparées.**

- **Pourcentage des coques** : Le pourcentage des coques (prélevés à l'entrée des cuiseurs) dans les amandes est déterminé selon un rapport massique en procédant à la séparation des coques des amandes puis la pesée : $Coques (\%) = \frac{P2}{P1} \times 100$; avec **P2= masse en gramme de l'échantillon** ; **P1 = masse de coques séparée** ;
- **La matière grasse** : Il s'agit de déterminer la quantité de matière grasse contenu dans un échantillon donné (coques, amandes, collets) par une extraction solide-liquide grâce au soxhlet. En effet l'extraction est basée sur la solubilité différentielle des lipides dans des solvants d'extraction.

L'extracteur soxhlet est constitué de :

-Ballon contenant une réserve de solvant.

-Extracteur proprement dit permettant le contact entre le solvant et le solide dans une cartouche poreuse.

-Siphon qui permet l'évacuation de la solution vers le ballon.

-Réfrigérant à eau qui permet la condensation des vapeurs de solvant dans la cartouche.

Son principe : A l'aide d'un chauffe ballon, le solvant est porté à l'ébullition. Celui-ci remonte et est condensé par le réfrigérant. Il tombe dans le réservoir contenant la cartouche et solubilise la substance à extraire en remplissant le réservoir. A la suite de plusieurs cycles d'extractions, la matière grasse s'accumule dans le ballon. Après avoir évaporé le solvant dans la matière grasse obtenue on pourra peser le ballon.

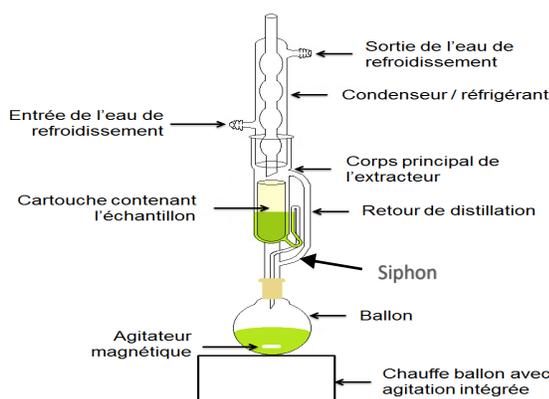


Figure 13: Extracteur Soxhlet

Dans notre cas nous avons utilisé comme solvant l'hexane. La détermination se fait par la pesée du ballon à vide (M1), puis une deuxième pesée (M2) à la fin de l'extraction.



$$\% MG = \frac{M2-M1}{M0} \times 100 ; \text{ avec } M0 \text{ la prise d'essai.}$$

- **Le Défaut d'extraction (DE)** : Il consiste à déterminer la teneur en matière grasse dans la farine entrée DT. Cette analyse est aussi réalisée par l'extracteur au soxhlet. Après avoir effectué les deux pesées. $DE = \frac{M}{E} \times 100$; avec **M** : Masse en gramme du ballon après extraction et **E** : Masse en gramme de la prise d'essai.
- **Le Défaut de broyage (DB)** : Il consiste à extraire et à déterminer, la teneur en matière grasse dans la farine sortie extracteur après l'avoir broyé finement. C'est le même protocole que la détermination du défaut d'extraction à la seule différence on utilise comme échantillon la farine entrée DT broyée. Pour l'expression du résultat on effectue la différence entre MG obtenue et le DE : **DB= MG –DE.**
- **La détermination de la quantité de MG dans la farine sortie DT (FSDT)** : Il nous renseigne sur le défaut de neutralisation Pour cela nous avons utilisé le même Protocole que le défaut d'extraction. Cette fois ci nous avons utilisé comme échantillon la farine sortie DT. $\% MG (FSDT) = \frac{M1}{M0} \times 100$; Avec **M1 = masse en gramme** du ballon après extraction et **M0** la masse de la prise d'essai.

VI Méthodologie de Lean six sigma : DMAIC

Le diagramme suivant nous donne l'arborescence de notre méthodologie utilisée

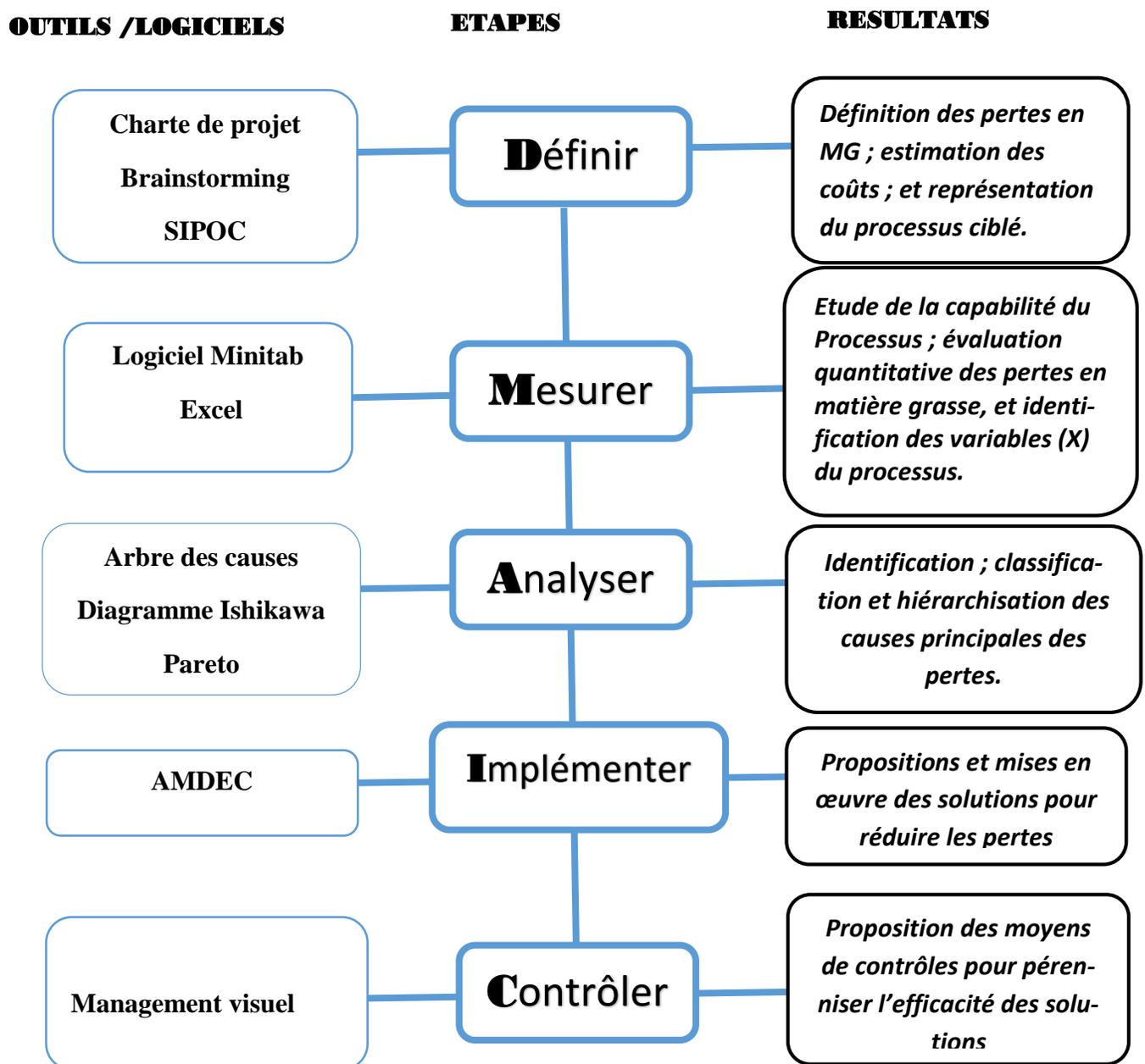


Figure 14: Méthodologie DMAIC

1.1 Étape Définir : Définition du problème

Dans cette étape, il sera question de définir notre problématique, selon son contexte, son impact sur le processus, le lieu où il se produit, puis estimer le cout associé à ce problème. Il sera aussi question de définir le processus dans sa globalité par une représentation simplifiée pour approfondir notre compréhension du périmètre du problème, les parties prenantes ainsi que toutes les opérations impliquées. **Pour cela nous allons utiliser les outils suivants : la charte de projet ; la cartographie du processus (SIPOC) ; l'observation visuelle et le Braimstorming.**

VI.1.1 La charte du projet

Pour la réaliser nous avons fait appel au braimstorming. Des entretiens avec les personnels impliqués dans le processus de production d'huile neutre. Ce document nous permettra d'avoir une description commune des éléments du projet C'est une fiche qui résume les principaux résultats de l'étape « Analyser ». On y retrouve :

- La définition du problème et son périmètre ;
- Les enjeux et les objectifs, les gains attendus ;
- Les ressources à fournir et le délai à respecter ;
- La définition du groupe de travail et l'engagement des principaux acteurs.

VI.1.2 La cartographie SIPOC

La cartographie Supplier, Input, Output, Customer (SIPOC) permet de faire apparaître les flux matières et les flux d'informations sur un même graphique. Pour le réaliser : Dans le cadre Processus on représente le flux du processus. Dans la colonne **Input**, on place les produits fournis et, dans la colonne **Supplier**, on spécifie le fournisseur de ce produit. De même, dans la colonne **Output**, on place les produits fournis par le processus, et enfin dans la colonne **Customer** on spécifie les clients de ces produits.

VI.2 Étape Mesurer : Mesure de l'état du processus



Au cours de cette étape, nous allons tout d'abord étudier la capabilité du processus à l'aide du logiciel Minitab ensuite évaluer quantitativement les pertes en matière grasse en utilisant le bilan en matière du processus de production d'huile neutre, et en fin mesurer l'état actuelle du processus par la **collecte des données** générées par la production et la qualité. Ces données collectées seront représentées graphiquement par des courbes, des histogrammes, pour mettre en évidence les variables (X) ou les facteurs qui influencent le rendement en huile neutre.

VI.3 Etape analyser : Analyse des causes des pertes en matière grasse

Au cours de cette étape nous allons identifier les causes des pertes en matière grasse, les classer et les hiérarchiser. Nous avons utilisé l'outil Arbre de cause pour rechercher les causes profondes des pertes en MG puis nous les avons classifiés dans le diagramme ISHIKAWA et enfin nous avons utilisé le diagramme Pareto pour déterminer les priorités d'actions.

VI.3.1 Arbre de cause

C'est un schéma représenté sous la forme d'une arborescence, utilisé dans le domaine des risques professionnelles. Ceci en identifiant a posteriori toutes les causes racines ayant abouti à une défaillance d'un processus. Pour le construire nous avons utilisé l'outil des **5 pourquoi**.

VI.3.2 Diagramme Ishikawa

Appelée aussi diagramme de cause à effet, c'est un outil de résolution de problème. Très visuel, il a une finalité de lister les causes qui ont une influence sur un effet, de les classer et de les hiérarchiser selon les sources : 5M (Matériels, Méthodes, Mains d'œuvres, Milieux, Matières). Pour le réaliser nous avons suivi ces étapes : définir et qualifier l'effet recherché ; identifier et classer les causes possibles et enfin choisir les causes ayant le plus d'impact.

VI.3.3 Le diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un outil qualité d'analyse, d'aide à la décision, mais aussi de communication. Il permet de mettre en évidence la loi « 80/20 », c'est-à-dire que 20% des causes provoquent 80% des effets, et donc qu'une grande partie du problème peut être résolue en traitant



un nombre limité de causes. Le diagramme de Pareto nous permettra donc de déterminer les priorités d'actions pour réduire les pertes en MG à 80%. Pour le réaliser nous avons suivi les étapes suivantes : Répertorier les éléments à évaluer ; évaluer le critère d'application ; calculer le pourcentage cumulé et créer le diagramme sur Excel.

VI.4 Etape implémenter : Amélioration du processus en vue de réduire les pertes en matière grasse

Au cours de cette étape, nous avons utilisé l'outil **AMDEC** (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs effets et de leurs criticités) pour améliorer le processus en renforçant les moyens de prévention des pertes en matière grasse. C'est une méthode d'analyse qualitative et quantitative permettant de mettre en avant les défaillances potentielles d'un produit, procédés ou processus en apportant des actions correctives ou préventives. Pour la déployer nous avons suivi ces 08 étapes : La constitution de l'équipe de travail et l'identification du niveau de l'étude ; l'analyse fonctionnelle ; l'étude qualitative (causes-modes-effets de défaillance) ; l'étude quantitative (évaluation de la criticité) ; la hiérarchisation par criticité ; la réévaluation de la criticité ; la recherche et la prise d'actions préventives ; la présentation des résultats. [10]

VI.5 Etape contrôler

Au cours de cette étape il sera question de proposer des solutions qui permettront de contrôler à court et long terme le processus pour prévenir les défaillances. Pour cela nous avons utilisé un outil incontournable du Lean : **le management visuel**. Pour ce faire, chaque zone ou service doit disposer de ses propres indicateurs, affichés sur place. Les écarts significatifs par rapport aux objectifs fixés doivent donner lieu à une analyse et à un plan d'action correctif. Les **étapes de réalisation d'un management visuel** :

- **Construire un groupe de travail ;**
- **Définir le périmètre d'action ;**
- **Choisir l'outil adéquat ;**
- **Concevoir le visuel ;**
- **Définir les bons points d'affichage (Lieu) ; et enfin s'assurer du bon fonctionnement des moyens mis en place.**

B RESULTAT ET DISCUSSION

Dans cette partie, nous avons exposés les résultats que nous avons obtenues en suivant notre méthodologie du DMAIC.

I Etape Définir :

I.1 La charte de projet

Titre du projet : Evaluation et réduction des pertes en matière grasse dans le processus de production d'huile neutre par la méthodologie de Lean Six sigma

+ Formulation du problème : Méthode QOOQCP

- **Qui ?** Les personnels travaillant dans les ateliers du processus de production d'huile neutre : (Nettoyage décorticage, pression et Extraction) ;
- **Quoi ?** Présence des pertes en MG dans le processus de production d'huile neutre qui entraînent la baisse du rendement en huile neutre ;
- **Où ?** Les 03 ateliers de l'huilerie de la SODECOTON (nettoyage –décorticage, la pression et l'extraction)
- **Quand ?** Durant la période de Mars-juin 2021 ;
- **Comment ?** En utilisant la Méthodologie de Lean six sigma, notre étude consiste à : évaluer les pertes en terme de quantité ; à estimer le coût associé ; à rechercher les causes profondes de ce problème, d'hierarchiser ces causes en fonction de l'importance de leur effet sur le problème et enfin à proposer des solutions qui contribuent à leurs réductions.
- **Pourquoi ?** Réduire ces pertes permettrait de diminuer les coûts générés par ces dernières, par conséquent augmenter la rentabilité de l'entreprise et enfin optimiser la performance du processus de production d'huile neutre. Par ailleurs cette étude a aussi un impact sur la réduction du gaspillage alimentaire, participera à la sécurité alimentaire.

+ Clients internes

Ce projet est destiné aux clients internes de l'huilerie : Ce sont les opérateurs des ateliers de l'huilerie (Les ateliers nettoyage décorticage, la pression, l'extraction, et la raffinerie)

+ Clients finaux :

Le client final qui bénéficiera de notre solution est le service de la production de l'huilerie.



Objectif principale

Evaluer et réduire les pertes en matière grasse dans le processus de production d'huile neutre.

Objectifs spécifiques

- Evaluer les pertes en matière grasse en termes de quantité, de coût et leur impact dans le processus.
- Analyser les causes de ces pertes et proposer les solutions pour les réduire.
- Proposer des moyens pour améliorer le management de la production.

Indicateur de performance

- **Indicateur 1 : Rendement en huile neutre ou le rapport Huile neutre sur graines triturées**
: L'huilerie s'est donné pour objectif de réaliser **un rendement d'huile neutre sur graines de 16%**.
- **Indicateur 2 : Le Taux de rendement Synthétique (TRS)** : Ce taux nous renseigne sur la performance des équipements de production. L'huilerie s'est fixé pour objectif de réaliser **un TRS de 75%**.

Ces deux indicateurs permettent d'évaluer la performance de la production d'huile neutre et indirectement le taux de pertes. Plus le taux de rendement synthétique est bon, les équipements sont plus performants et par conséquent on aura un faible taux de perte en matières grasses.

Coûts mesurables (Montant en chiffre d'affaire)

Résoudre ce problème permettrait à l'huilerie de diminuer les coûts générés par les pertes en matière grasse. Notre évaluation s'est étalé dans la période de cinq mois (Janvier-mai 2021), au total nous avons estimé les coûts des pertes en matière grasse à **373.530.105 FCFA (6.225.501 MAD) soit en moyenne 74.706021 FCFA (1.245.100MAD) par mois (tableau 8).**

Tableau 8: Estimation de coût associé aux pertes en matière grasse

Mois	MOG (Kg)	HN attendue (L)	HN obtenue (L)	Pertes en HN (L)
Janvier	8608000	1514440	1450821	63619
Février	8203000	1443187	1373554	69633
Mars	8100000	1425066	1383317	41749
Avril	7109000	1250715	1109675	141040
Mai	5484000	964822	642351	322471
Totale (L)	37504000	6598231	5959718	638513
Coût en FCFA	638513 x 585 = 373.530.105 FCFA			

Avec : **MOG** = Mise en œuvre graines en Kg.

HN= Huile neutre en L.

585 FCFA = coût unitaire en FCFA de l'huile neutre.

0.91 kg/L = densité de l'huile neutre.

16,01 % = Valeur du rendement attendue.

$$\text{Rendement attendue} = \frac{\text{HN obtenue} \times 0.91}{\text{MOG}} \times 100 = 16,01 \%$$

$$\text{HN attendue (L)} = \frac{\text{MOG} \times 16,01}{0.91} \times 100 = \frac{\text{MOG} \times 16,01}{91}$$

Pertes en huile neutre estimés (L) = HN attendue – HN obtenue

Planification du projet

Tableau 9: Planification du projet

Semaines	22/03	29/03	5/04	12/04	19/04	26/04	3/05	10/05	17/05	24/05	31/05
Définir											
Mesurer											
Analyser											
Implémenter											
Contrôler											

I.2 Cartographie du processus : Diagramme SIPOC

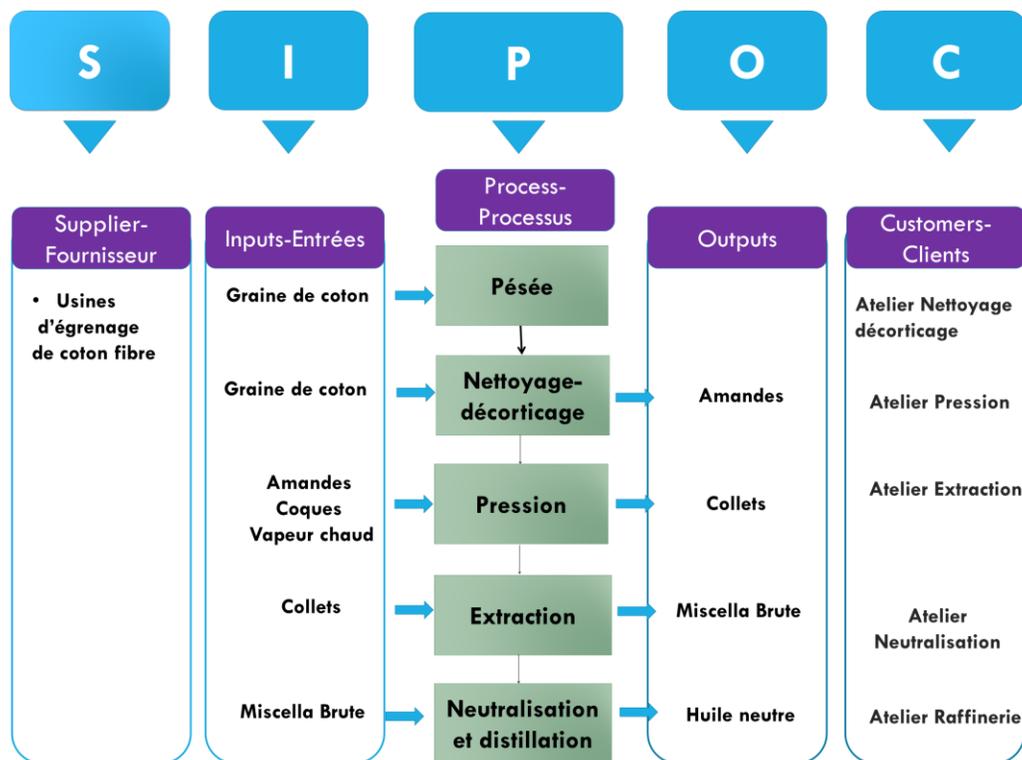


Figure 15 : Cartographie SIPOC

I.3 Brainstorming et observation visuelle

Le brainstorming et l'observation visuelle nous a permis de déceler les points de pertes en matières grasses. Notre premier constat en est que les pertes en matière grasse se manifestent dans les 3 ateliers sous différentes natures.

I.3.1 Ateliers nettoyages décortiquages

- **Les graines échappées** : Les pertes des graines sous forme des échappées proviennent des 03 décortiqueurs à savoir : **1340, 1341, 1342**. Ce sont des graines qui ont échappé au décortiquage et qui se retrouvent dans les coques. Elles sont mesurées par **le taux des échappées graines** par rapport à la masse des coques au laboratoire.



- **Les amandes et brisures d'amandes** : Puisqu'elles n'ont pas été récupérées par les batteurs, ni par les tamis des vices aériens se retrouvent dans les coques. Ces derniers ne sont pas mesurés.

I . 3 . 2 Atelier pression

- **Les pertes en matière grasse inextractible dues à un broyage inefficace** c'est -à-dire la présence dans la farine des amandes non broyé par l'aplatisseur. Il est donc impossible d'extraire toute l'huile. C'est pourquoi il y'a présence de l'huile résiduelle dans la farine sortie extracteur. On la mesure par la quantité de matière grasse contenue dans la farine entrée DT broyé appelée « **Défaut de broyage** » ;
- **Les pertes en matière grasse due à un arrêt longue durée** : Ce sont des pertes difficiles à quantifier qui se produisent lorsque les machines sont en arrêt d'une longue durée. Lorsque l'atelier extraction est en arrêt d'une longue période, le poste 1 (la vis qui alimente l'atelier extraction) est en arrêt, dans l'atelier pression les collets sont alors envoyés dans la trémie à collets. Lorsque cette dernière atteint son niveau haut, les machines en arrière sont arrêtées, il peut donc y avoir de la farine amande dans le cuiseur. Lorsqu'elle est séjournée pendant une longue période elle sera brûlé, ce qui entraîne une perte d'environ **1500 Kg de farine d'amande**.
- **Les pertes en matières grasses dues au bourrage** : Lorsque le pourcentage de coque dans la farine entrée cuiseur est très élevée, il y'a risque de bourrage en plus constitue un défaut de qualité c'est pourquoi cette matière sera vidée du cuiseur puisqu'elle est non recyclée constituera une perte également.

I . 3 . 3 Atelier extraction

Elles proviennent des 03 sources :

- **Les pertes en matière grasse extractibles dues à une mauvaise extraction ou une mauvaise préparation des collets**. Toute la matière grasse dans la farine n'est pas extraite. Par conséquent on retrouve de l'huile résiduelle dans la farine sortie-extracteur. Cette perte est mesurée par la quantité de matière grasse contenue dans la farine entrée DT appelée « **Défaut d'extraction** » ;

- Les pertes en matière grasse à la neutralisation qui sont causées par les saponifications parasites. Lors de la neutralisation, lorsque la quantité de soude ajoutée est élevée, elle va réagir non seulement avec les acides gras libres mais aussi avec les triglycérides d'où les pertes en matières grasses. La Matière grasse perdue est lessivée dans le savon qui sort du séparateur. Puisque le savon est incorporé dans la farine déshuilé dans l'étage 1 et 3 du DT alors il est possible de la mesurer au laboratoire par la quantité de MG contenue dans la Farine sortie DT appelée « **Défaut de neutralisation** »
- Les pertes en matières grasses dues au dysfonctionnement de l'asservissement : En effet lorsque **le poste 4** (qui alimente le DT en farine déshuilé) est en arrêt, **le poste 3** (tapis de l'extracteur) devrait normalement s'arrêter mais à cause du dysfonctionnement de l'asservissement il continue à tourner. Ceci entraîne **le bourrage** : Ce qui nécessite une évacuation de la farine de l'extracteur. Alors que cette dernière contient encore de la matière grasse et de l'hexane ce qui constitue des pertes. Les pertes dues au bourrages sont peu fréquentes et contrôlables si l'asservissement fonctionne.

II Etape mesurer :

II.1 Etude de la capacité du processus

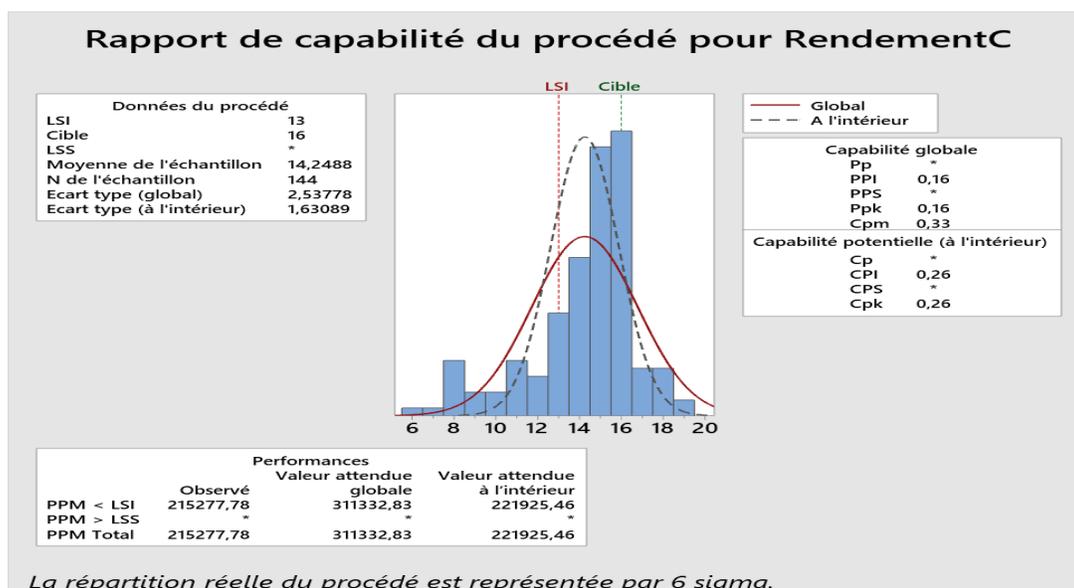


Figure 16: Capacité du procédé d'obtention d'huile neutre



Le rendement en huile neutre est l'indicateur de performance que nous avons utilisé pour l'étude de capacité (figure 7). En effet, nous avons utilisée les données enregistrées du rendement journaliers obtenue du 1^{er} janvier 2021 jusqu'au 26 mai 2021. Nous avons défini **notre cible =16** ; Limite de spécification inférieur **LSI=13** (Ces deux valeurs sont les objectifs fixés par l'huilerie). D'après les résultats d'analyse de la capacité a une seule limite de spécification, le **Cpk du procédé = 0,26 dont < 1** ; par conséquent le procédé est dit « **Incapable** ». Le processus est très défaillant, il nécessite une intervention urgente. Ce qui révèle l'existence des pertes en matières grasses qui diminuent le rendement en huile neutre. Cette analyse vient confirmer l'intérêt de notre projet pour optimiser les rendements en huile neutre en réduisant les pertes en matières grasses.

II.2 Evaluation des pertes en matières grasses

Pour évaluer quantitativement les pertes en matière grasse dans le processus d'obtention d'huile neutre, nous avons tout d'abord établis le bilan en matière grasse en partant des graines mises en œuvre jusqu'à l'obtention l'huile neutre. Pour cela nous avons exploité les résultats de la qualité de trituration obtenue au Laboratoire à savoir : Détermination de la MG dans (les coques, amandes, collets) ; du rapport coques/amandes ; des échappées graines ; du défaut de broyage (MG FEDT broyé) ; détermination du défaut d'extraction (MG FEDT) ; et détermination de MG FSDT (FSDT).

II.2.1 Bilan en matière

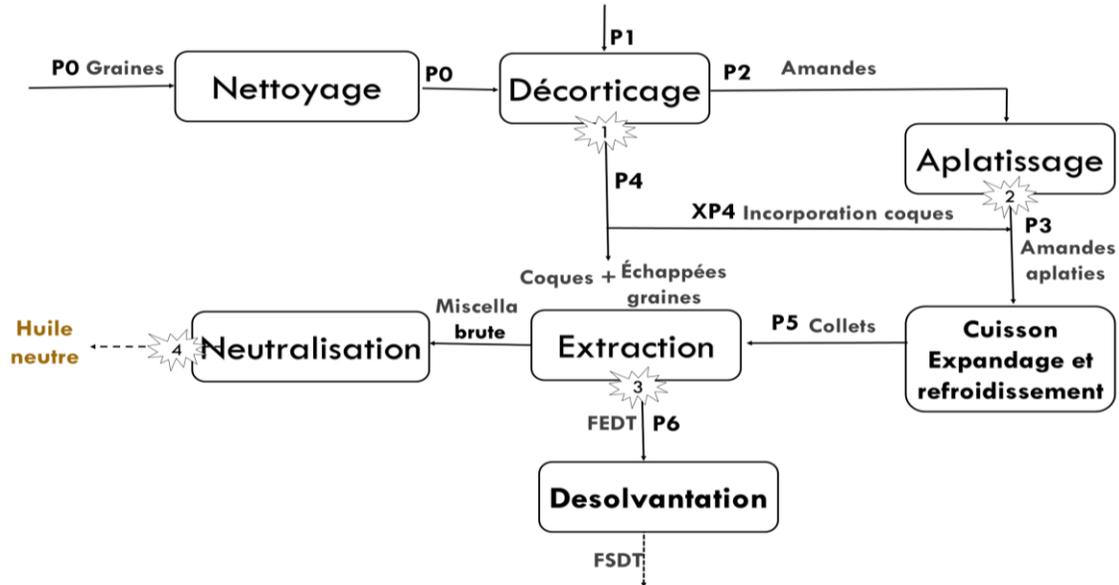


Figure 17: Bilan matière du processus d'obtention d'huile neutre

Légendes :

P0= Masse des graines mises en œuvre

P1 = Masse des graines utilisée

P2 = Masse des amandes

P3 = Masse des amandes aplaties

P4 = Masse des coques

XP4 = Quantité des coques incorporées

P5 = Masse des collets

P6 = Masse de la farine entrée DT

Dans notre approche nous avons mis en évidence 4 zones des pertes (figure 8).

- Pertes au décorticage : Taux des échappées graines
- Pertes au niveau de l'aplatissage : Défaut de broyage (DB)
- Perte à l'extraction : Défaut d'extraction (DE)
- Perte à la neutralisation : Défaut de neutralisation (DN)

II.2.2 Calcul des pertes évitables et inévitables

Les pertes inévitables sont des pertes nécessaires pour la transformation optimale de la matière première en produits finis. A l'opposé, les pertes évitables sont des pertes inutiles trouvées le long

du processus de transformation qui peuvent être évité ou sans lesquelles nous pouvons toujours obtenir notre produit final.

En utilisant le bilan matière et les données triturations on a trouvé que **100 Kg de graine** contient **21,95 Kg** de MG, et le tableau 10 nous montre les proportions de MG perdue pour 100 Kg de graines dans chaque zone (Voir les détails des calculs dans les annexes).

Tableau 10: Proportion de MG perdue par chaque zone

	Echappées graines	DB	DE	DN	Autres causes
Pertes totales	1,19 kg	0,60 Kg	2,07 Kg	2,88 Kg	0.12kg
Pertes inevitables	0.19	1,09 Kg	0,71Kg	2,13 Kg	0 Kg

Au cours des 5 mois, l'huilerie a trituré (MOG = 37.504.000 kg) et obtenue 5423343,38 Kg d'huile neutre. Sachant que MG huile neutre attendu= 16,01 Kg et S'il y'avait pas d'autres pertes en matières grasses le rendement serait de :

$$\text{Rendement attendu} = \frac{\text{MG huile neutre attendu (Kg)}}{\text{Masse totale MG mis en oeuvre (Kg)}}$$

$$\text{AN : Rendement attendu} = \frac{16,01}{21,95} = 72,94\%$$

$$\text{Rendement obtenue} = \frac{\text{Quantité d'huile neutre obtenu (Kg)}}{\text{Quantité totale de MG mis en oeuvre (Kg)}}$$

$$\text{AN: Rendement obtenue} = \frac{5423343,38}{37504000 * 21.95} = 72,39\%$$

Cette différence de rendement est expliquée par l'existence d'autres sources des pertes dans le processus d'obtention d'huile neutre qu'on appellera les pertes due aux autres causes : Ils proviennent de la matière riche en MG sorties des équipements non recyclées (brisures d'amandes non récupéré, de la farine non recyclé sortie du cuiseur et aussi des collets non recyclés sortie de la trémie à collets, et de la farine sortie de l'extracteur). Celles-ci sont obtenue par la différence du rendement attendu au rendement obtenue : $72,94\% - 72,39\% = 0,55\%$; Soit une teneur en MG qui est égale à : $21,95 \times 0,55\% = 0,12\text{kg}$.

Pour obtenir le tableau 11 nous avons multiplié les proportions du tableau 10 par la MOG des 5 mois.

Tableau 11: Evaluation des pertes en matières grasses évitables et inévitables

Zones de pertes	Pertes totales (PT) (Kg)	Pertes inévitables (PI) (Kg)	Pertes évitables =PT-PI (Kg)
Pertes dues au échappées graines	446297,6	71257,6	375040
Pertes dues au défaut de broyage	225024	225024	0
Pertes dues au défaut d'extraction	776332,8	408793,6	367539,2
Pertes dues au défaut de neutralisation	1080115	798835,2	281280
Pertes dues aux autres causes	45004,8	0	45004,8
Pertes évitables totales (Kg)			1068864

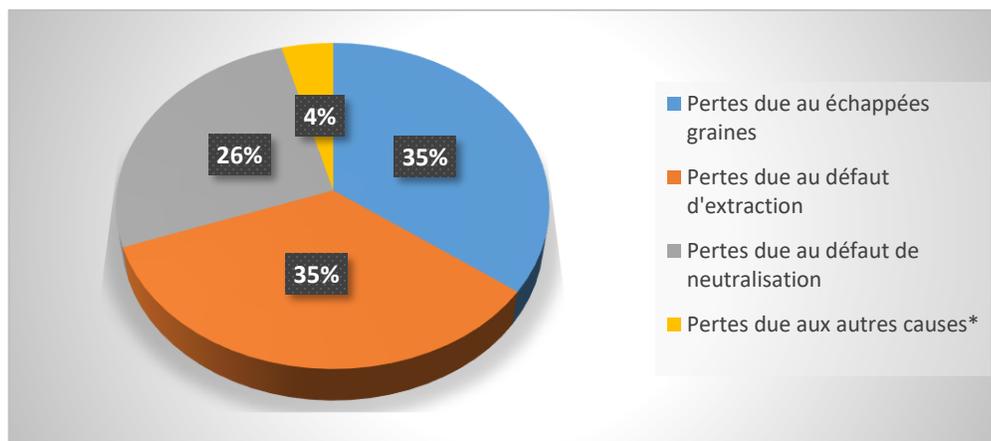


Figure 18: Pourcentage de MG perdue dans chaque zone de perte

Dans la période janvier-mai 2021 nous avons estimé au totale **1.068.864 Kg** de matières grasses perdue de façon évitables. Soit en moyenne **213.772,8 Kg MG perdues** par mois dans le processus de production d'huile neutre (Tableau 12). **Les échappées graines contribuent à 35% des pertes évitables, le défaut d'extraction (35%), le défaut de neutralisation (26%) et les autres causes de pertes (4%). Il n'existe pas des pertes évitables dues au défaut de broyage (figure 9).**

II.3 Analyse statistique des variables du processus

L'huile neutre est un encours de production déterminant pour l'obtention du produit fini : l'huile raffinée. C'est pourquoi la production de cette huile est soumise aux contrôles qualités. Différentes variables du processus contribuent à l'obtention du meilleur rendement et s'ils ne respectent pas la norme qualité, entraînent une baisse du rendement en huile neutre qui se matérialise par l'apparition des pertes en matières grasses. C'est dans cette logique que nous avons procédé à une analyse statistique des données pour identifier ces variables et leurs impacts sur le rendement.

II.3.1 *La qualité des graines*

Tableau 12: Moyennes mensuelles du rendement en HN

Mois	Rendement moyenne/mois
Janvier	15,15
Février	15,23
Mars	15,44
Avril	14,13
Mai	10,73

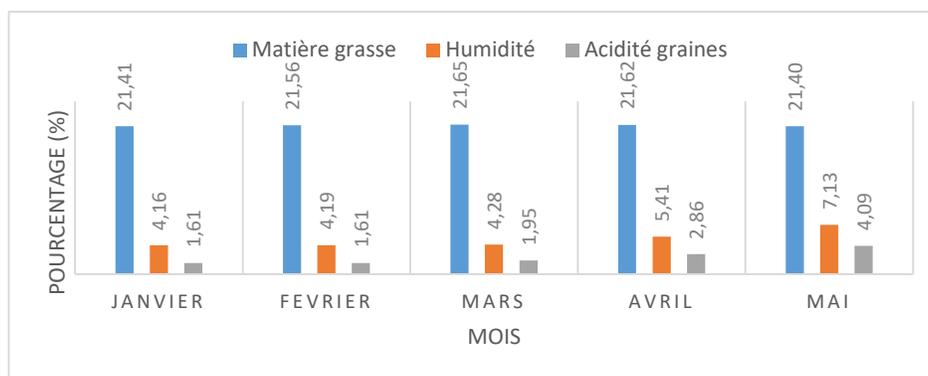


Figure 19: Evolution de la qualité des graines

D'après le tableau 12, de janvier à mars le rendement en HN varie légèrement **autour de 15%** alors que la cible est fixée à **16%**. Parallèlement, la meilleure qualité des graines (**Humidité ≤ 6%** ; **acidité < 3%**). A partir du mois d'avril et mai, on remarque une baisse du rendement en HN

et le plus faible rendement est obtenue pendant le mois de Mai. Parallèlement, la qualité des graines s'est détérioré durant le mois d'avril et mai (**l'humidité et l'acidité des graines sont élevées**). Cette analyse révèle que la mauvaise qualité des graines est l'une des causes de la baisse du rendement en huile neutre.

II.3.2 Les graines échappées

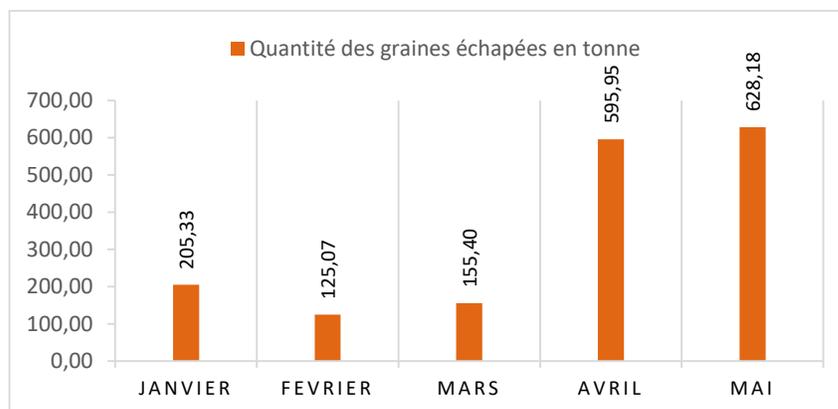


Figure 20: Quantité des graines échappées par mois

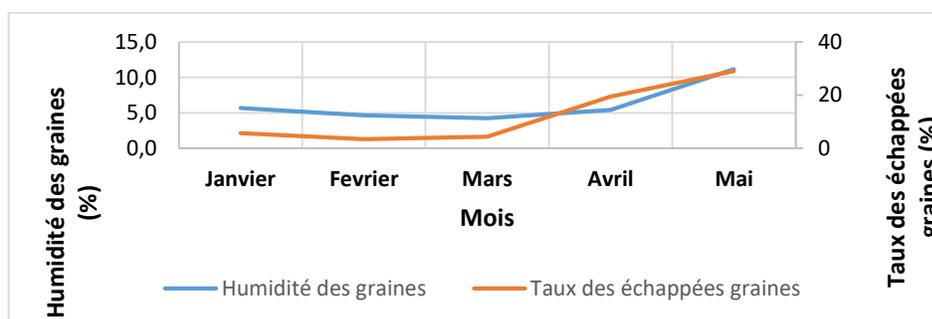


Figure 21: Evolution de l'humidité des graine et le taux des échappées graines

D'après la norme qualité le **taux des échappées graines doit être $\leq 2\%$** . Durant les trois premiers mois (**Janvier, février et mars**) le pourcentage des échappées graines est en moyenne **4,51%** soit une perte en moyenne de **161 tonnes** de graines/mois. Durant les deux derniers mois (**Avril et mai**) il y'a une augmentation considérable du taux des échappées graines (**24,5%**) soit en moyenne **612 tonnes** de graines perdues/mois. **La figure 12** nous montre que au fur et à mesure que l'humidité des graines croît, le taux des échappées graines croît aussi. En effet lorsque les graines sont très humides, elles échappent facilement au décorticage. D'autres part l'usure des couteaux et du tablier des décortiqueurs entrainent eux aussi des échappées graines (**photo 9 et 10**).



Figure 22: Couteaux des décortiqueurs usés



Figure 23: Tablier décortiquer usé

II.3.3 Défaut d'extraction

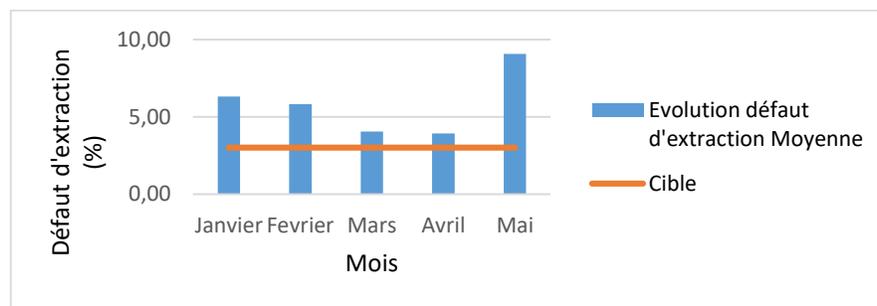


Figure 24: Evolution du défaut d'extraction

D'après la figure 13 on remarque que pendant les 5 mois le défaut d'extraction ou la MG dans la FEDT dépasse la norme qualité (**Norme DE $\leq 3\%$**) et **particulièrement plus élevée le mois de mai**. Ceci traduit les pertes en matières grasses au niveau de l'extracteur. Parmi les causes, la mauvaise préparation des collets, le manque d'hexane dans le circuit, et la vitesse du tapis de l'extracteur élevée.

II.3.4 Taux de savon

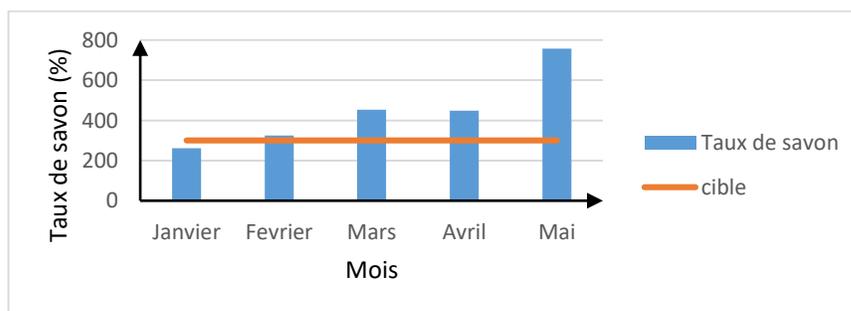


Figure 25: Evolution du taux de savon dans l'huile neutre



Après la neutralisation, on s'attend à obtenir un taux de savon dans l'huile neutre inférieur à **300ppm**. Dans la figure 14 nous remarquons que durant les 4 mois (**Février, mars, avril et mai**) le taux de savon était élevé, et particulièrement plus élevée le mois de **mai**. Ceci traduit des pertes en matière grasse à la neutralisation. Lorsque la concentration de la soude ajoutée est élevée au lieu de neutraliser les acides gras libres va neutraliser aussi les triglycérides (**on parle des saponifications parasites**) qui se manifeste par la présence du savon dans l'huile neutre.

L'analyse statistique des données a révélée plusieurs variables qui agissent sur le rendement en huile neutre. Si ces dernières ne sont pas maîtrisées génèrent des pertes en matière grasse. Parmi ces variables :

- Bonne qualité des graines (**Humidité \leq 6 ; acidité \leq 4**)
- Bon état des couteaux des décortiqueurs (**Taux des échappées graines \leq 2%**)
- Collets moins Humides (**Défaut d'extraction \leq 3%**)
- Température des collets comprise entre [**55-58°**] (**Défaut d'extraction \leq 3%**)
- Réguler la vitesse du tapis de l'extracteur, **Hauteur des couches 1m 50, durée d'extraction = 2H, pour une vitesse de 7** (**Défaut d'extraction \leq 3%**)
- **Bon dosage de la quantité de soude en fonction de l'acidité et de la densité du miscella pour avoir un taux de savon \leq 300ppm et un défaut de neutralisation \leq 6%**
- **Disponibilité de l'hexane dans l'extracteur avec un ratio de 5l/tonne de graines mises en œuvres.**

III Etape analyser :

III.1 Etude des causes des pertes : Diagramme Ishikawa et arbre de causes

Les causes profondes identifiées grâce à l'arbre des causes (voir annexe) sont classifiées dans le diagramme Ishikawa

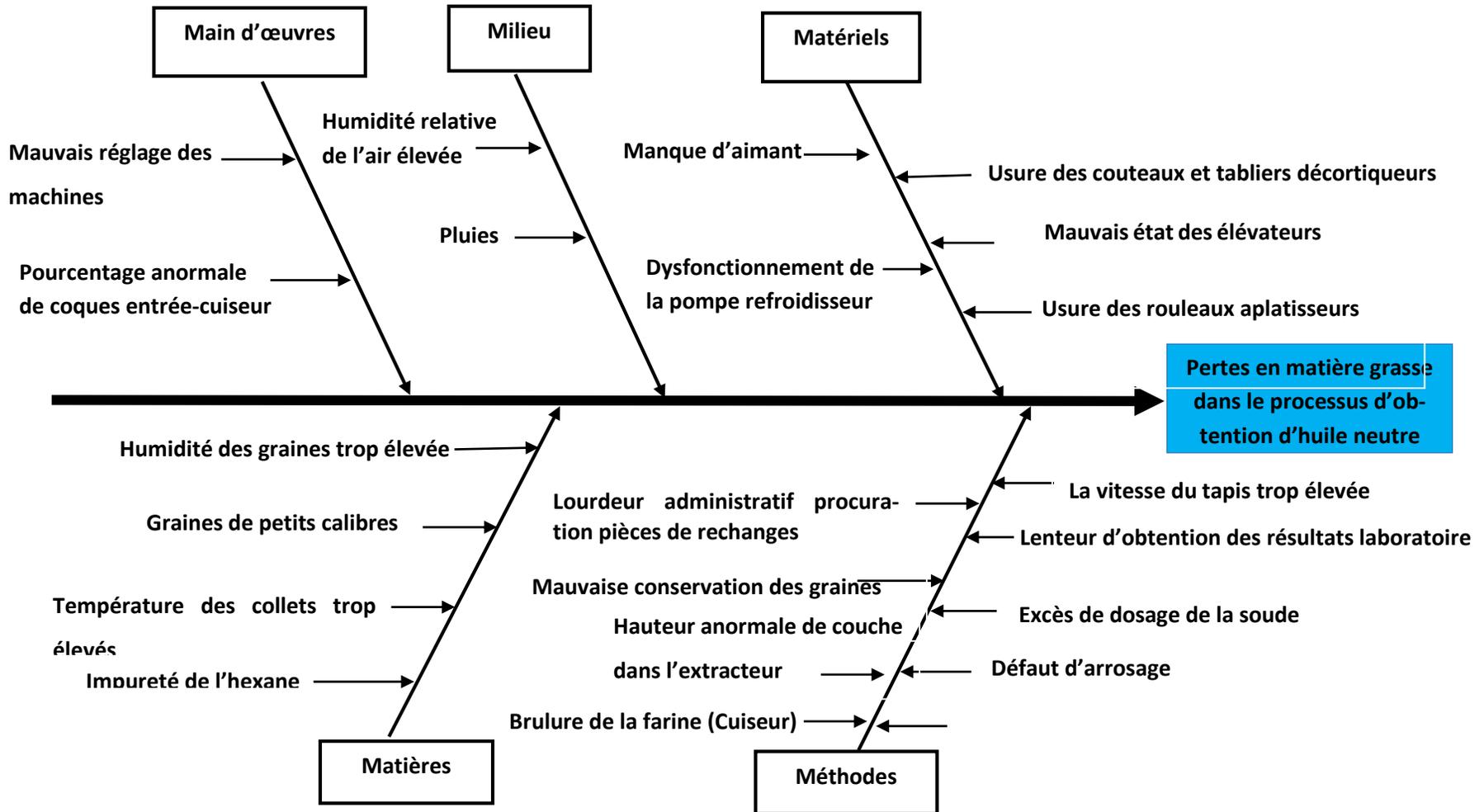


Figure 26: Diagramme Ishikawa

III.2 Hierarchisation des causes des pertes : Analyse Pareto

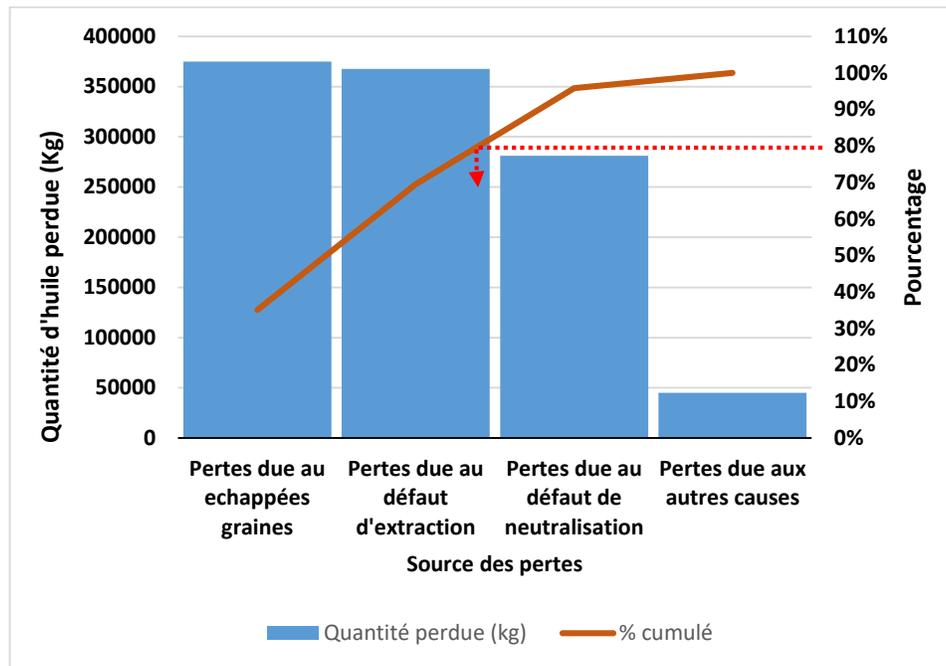


Figure 27: Pareto

D'après l'analyse Pareto, les 20% des causes qui participent à 80% des pertes en matières grasses sont les échappées graines et le défaut d'extraction. Par conséquent les efforts d'améliorations doivent être concentrés sur ces deux causes.

IV Etape Implémenter : Analyse des modes de défaillance et de leurs criticités (AMDEC)

Les deux causes principales des pertes en matières grasses retenues grâce à Pareto sont les échappées graines et le défaut d'extraction ils constitue la base de notre analyse AMDEC. Pour réduire 80% des pertes en matières grasses nous allons trouver des mesures correctives à mettre en œuvre dans les deux ateliers : **L'atelier nettoyage décorticage et l'atelier extraction.**

Echelle de notation

La note de chaque critère est évaluée de 1 à 4

G= Gravité ; F= fréquence ; D= détection et la criticité est obtenue $C= G \times F \times D$

Tableau 13: Echelle de notation

Détection	
Note	Critère
1	Détection formalisée
2	Détection humaine
3	Détection aléatoire
4	Aucun moyen de détection
Gravité	
Note	Critère
1	Aucune incidence sur la conformité produit
2	Produit non-conforme mais pas d'effet sur le rendement
3	Produit non-conforme entraine baisse du rendement
4	Produit non-conforme engendre des pertes en MG
Fréquence	
Note	Critère
1	De une à deux fois par mois
2	Au moins une fois par semaine
3	Au moins une fois par jour
4	Au moins une fois par quart

Critères de décision

- **1 < C < 8** : Négligeable : on les laisse de côté
- **8 < C < 14** : moyenne ; on se pose les questions de les laisser ou conserver
- **14 < C < 27** : Elevée : il faut trouver des actions à mettre en œuvre et regarder l'importance de mettre en stock les composants ou organes
- **27 < C < 64** : Interdit : il faut trouver des actions à mettre en œuvre et mettre obligatoirement en stock les composants ou organes

Les actions de préventions sont déclenchées si la gravité est égale à 4 ou si la criticité est supérieure ou égale à **16 (IPR = 12 actions non systématiques)**.

Tableau 14: AMDEC PROCESSUS : Décortiquage des graines de coton- Extraction de l'huile neutre

Operation du processus	Mode de défaillance	Défaillance (description du défaut)	Cause du défaut	G	Effet critique du défaut	F	Plan de surveillance	D	Criticité	Mesures correctives	Resp. Action	G	F	D	Nouvelle criticité	
Décortiquage	Mauvaise décortiquage des graines	Pertes en matière grasse sous forme des échappées graines dans les coques	Usure des couteaux des décortiqueurs	4	Laisse passer les graines	4	Absence	4	64	Mettre en place des nouveaux couteaux	Equipe maintenance					
			Infiltration de fêrailles	2	Usure des équipements	3	Absence	4	24	Ajouter des plaques aimantés dans le système	Equipe maintenance					
			Humidité élevée des graines	3	non décortiquage des graines	4	Présence	1	12	Améliorer la selection des graines mises en œuvres	Equipe qualité					
			Cuvettes des décortiqueurs pas bien serrée	3	Usure des couteaux	1	Absence	4	12	Bien serrer les cuvettes	Equipe maintenance					
Extraction	Mauvaise extraction d'huile	Pertes en matière grasse	Vitesse du tapis élevée	4	Temps de séjour des collets dans	2	Présence	2	16	Controler la vitesse du tapis	Conducteurs extractation					



dans la farine sortie extracteur			l'extracteur réduit										
	<i>Collets trop chaud</i>	4	<i>Insuffisance d'arrosage d'hexane</i>	2	<i>Presence</i>	3	24	<i>Ajout ou renforcement de système de refroidissement (ventilateurs)</i>	<i>Equipe maintenance</i>				
	<i>Pompe réfrigérant des condensateurs inefficace</i>	4	<i>Insuffisance d'hexane</i>	2	<i>Presence</i>	2	16	<i>Révision de la pompe...</i>	<i>Equipe maintenance</i>				
	<i>Quantité anormale des coques incorporées</i>	3	<i>Faible rendement d'extraction</i>	2	<i>Présence</i>	1	6	<i>Renforcer le control de quantité incorporés</i>	<i>Conducteurs Pression</i>				
	<i>Dysfonctionnement de l'asservissement</i>	4	<i>bourrage des équipements (Trémie à collets, extracteur), pertes en MG</i>	1	<i>Absence</i>	4	16	<i>Remettre en marche le système d'asservissement</i>	<i>Equipe électricité</i>				



Les différentes mesures correctives recommandées ont été mises en œuvre par les équipes maintenances et électriciens pendant la première semaine du mois de juin 2021. On remarque bien dans le tableau 14 une baisse de la criticité des différents modes de défaillance après avoir mis en œuvre les mesures correctives (Nouvelle criticité). Une efficacité qui a permis d'augmenter légèrement le rendement en huile neutre (Le mois de juin l'huilerie a obtenu un rendement de 11,05% par rapport au mois de mai 10,74%) sans toutefois réduire les pertes. Ce résultat reste peu significatif car nous avons évalué l'efficacité des solutions sur une courte période (le mois de juin) de plus l'usine a consommé des graines de mauvaise qualité.

V Etape contrôler : Le management visuel

Cette étape consistera à mettre en place des moyens de surveillance du processus. Pour évaluer l'efficacité de la solution et identifier les failles au nouveau système en vue de l'améliorer. Dans le but contrôler le processus nous proposons de mettre en place l'outil **management visuel** dans les 3 ateliers (nettoyage décorticage, pression et extraction). Il s'agit d'un tableau qui sera renseigné par les conducteurs et affichée aux endroits visibles de tout le monde (**annexes 26**). Cet outil permettra de faciliter la communication entre les conducteurs des différents quarts, de faciliter le pilotage de la production par la hiérarchie entre autre identifier les écarts significatifs par rapport aux objectifs fixés qui feront l'objet d'une analyse et d'un plan d'action correctif. Enfin il permettra aussi d'afficher les changements qui ont eu lieu tel que les interventions de pannes, nouveaux réglages des machines.



CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

En fin de compte, notre objectif était d'évaluer et de réduire les pertes en matière grasse dans le processus de production d'huile neutre par la méthodologie du Lean Six Sigma. Nous avons constaté que les pertes en matière grasse se manifestent dans les 3 ateliers du processus (Nettoyage-décorticage, Pression et extraction). Ce sont des **échappées graines**, les brisures d'amandes, les pertes en matière grasse inextractible (**Défaut de broyage**), les pertes en matières grasses extractibles (**Défaut d'extraction**), les pertes due à la neutralisation poussée par la soude (**Défaut de neutralisation**) et enfin des matières riches en MG sorties des équipements et non recyclées. Pendant la période de 05 mois (Janvier-mai 2021), environ **1.068.864 kg** de matières grasses est perdu dans le processus, soit en moyenne **213.772,8 kg/mois**.

Après avoir déterminé les causes de ces pertes, nous avons proposé des mesures correctives qui ont été mises en œuvres pendant la première semaine de juin et qui ont permis d'augmenter le rendement en huile neutre mais sans toutefois réduire les pertes. Ce résultat est justifié par la mauvaise qualité des graines consommé au cours du mois de juin. Toutefois à la première semaine de juillet, nous avons remarqué une réduction significative des pertes et des rendements journaliers en constante amélioration cela est due entres autre à l'utilisation des graines conservé à l'abri des intempéries. Par ailleurs pour contrôler le processus, nous proposons **le management visuel** à mettre en place dans les trois ateliers pour faciliter la communication entre les conducteurs des différents quarts et donner une visibilité sur les non conformités. Toujours dans la perspective d'amélioration, nous recommandons l'huilerie de la SODECOTON de mettre en œuvre les solutions managériales et opérationnelles suivantes :

Solutions opérationnelles

Il nous apparait opportun de suggérer aux dirigeant de l'huilerie des actions suivantes :

- **Renforcer les moyens de conservations des graines** par la réhabilitation des silos de stockage des graines (les mettre à l'abri des pluies) ;
- **Ajouter un thermomètre dans les vices à collets** pour suivre l'efficacité du refroidissement des collets et prévenir la surpression dans l'extracteur ;



- Communiquer les résultats laboratoires sur les données trituration après chaque quart et ceux de l'extraction (Acidité du miscella, acidité de l'huile neutre et teneur en savon de l'huile neutre) après chaque **2H**.
- Former et sensibiliser les personnels sur les pertes en matières grasses et leurs impacts dans le processus.
- **Rétablir l'asservissement des machines** par l'ajout des capteurs. Installation des capteurs dans l'atelier pression au niveau de la trémie aplatisseur, et la trémie à collets pour éviter les bourrages de ces derniers. Et éviter de conserver longtemps les collets dans la trémie à collets pour qu'ils ne durcissent pas et deviennent non recyclables.

Solutions managériales

- **Mise en place du chantier 5S** dans les ateliers. Dans les ateliers, il consiste au rangement de l'espace de travail, l'aménagement d'une zone propre pour entreposer la matière recyclable sortie des vices ou des équipements. L'application du 5S dans le bureau des chefs des quarts : Rangement des fiches de production, des registres, des archives dans le bureau pour mieux les exploiter si besoin.
- **Mise en place du chantier TPM** : L'intégration de l'outil TPM dans la démarche de maintenance pour optimiser la gestion des pannes et réduire les pertes en matière grasse engendré par l'inefficacité des équipements.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

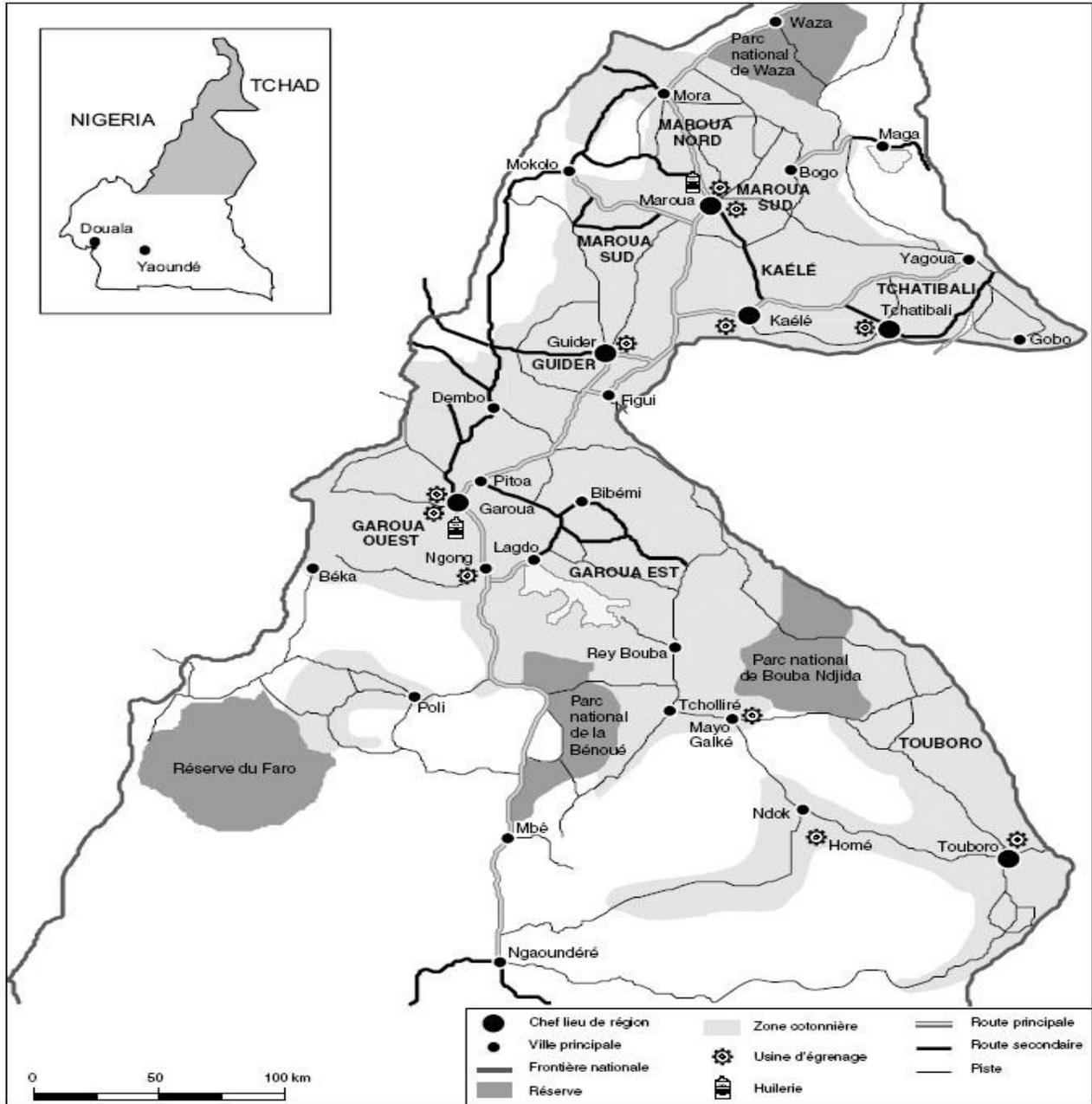
- [1] **Meier M., Balarabe O., Calaque C. (2019)**, Analyse de la chaîne de valeur du coton au Cameroun. Cirad
- [2] **Jehan Pierre Monthubert & Gérard Delaunay (2017)** FORMATION HUILERIE 06 Volume 1 : Principe de l'extraction. Géocoton
- [3] **JP Gourlot (1999)**, **Les étapes de transformation du coton**. Agriculture et développement n° 2 2
- [4] **JEAN DENISE (1982)**. Composition des huiles végétales alimentaires brutes et raffinage des corps gras. Paris
- [5] **Benabdallah Hassiba (2016) Cours Techniques d'extraction, de purification et de conservation**, Université Ferhat Abbas de Sétif, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
- [6] **INRS (2019)** Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES : Fiche toxicologique n°113 Hexane
- [7] **Nicolas Volck (2009)** Déployer et exploiter Lean Six Sigma. Edition EYROLLES
- [8] **David Garnier (2010)**, La value stream mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliquée à l'industrie pharmaceutique. Sciences pharmaceutiques. HAL Id : dumas-00593118
- [9] **Thibaut Martini.Determination (2010)**, d'une méthode de calcul de capacités avec des lois non gaussiennes Hal dumas-00520267
- [10] **Centre d'étude qualité totale, (1994)**, la méthode AMDEC. Ecole des Hautes études commerciale

REFERENCES WEBOGRAPHIE

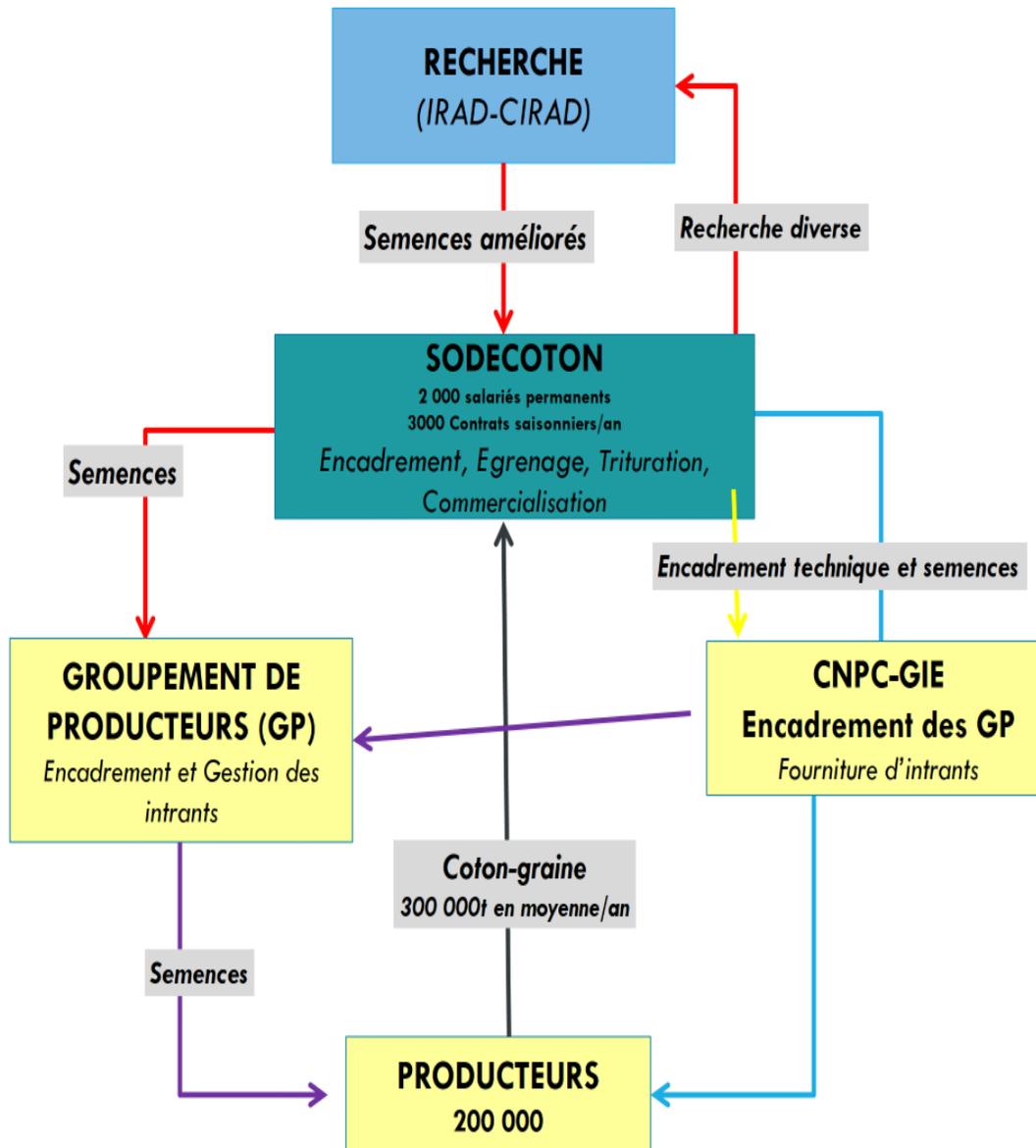
- [11] <https://qualiblog.fr/outils-et-methodes/amdec-mode-demploi/> consulté le 7 juin 2021
- [12] <https://www.agencecofin.com/hebdop3/3110-70665-coton-l-huile-de-graine-les-tourtaux-et-les-tiges-peuvent-rapporter-500-millions-de-plus-par-an-a-l-afrique-de-l-ouest> consulté le 8 mai 2021
- [13] www.eclee.eu consulté le 3 juin 2021
- [14] https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU-KEwieiayAj9LxAhVChRoKHX1aDb4QFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.pre-vinfo.net%2Fdownload.php%3Fop%3Dmydown%26did%3D304&usg=AOvVaw14tIFNYArkkQLf-ZkC_w-Wg consulté le 9 juillet 2021
- [15] <http://bazin-conseil.fr/sixsigma.html> consulté le 3 mars 2021

ANNEXES

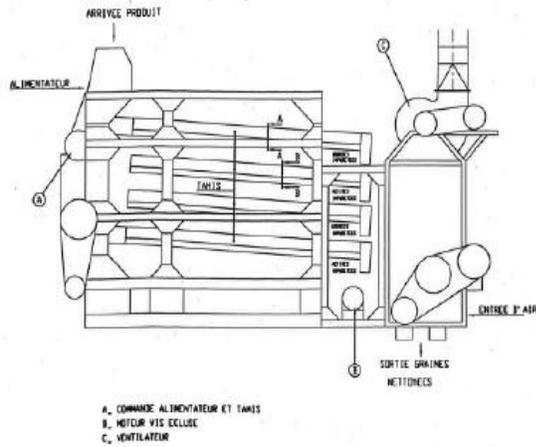
Annexe 1: Carte géographique des cultures de coton, des usines d'égrenages et d'huileries de la SODECOTON



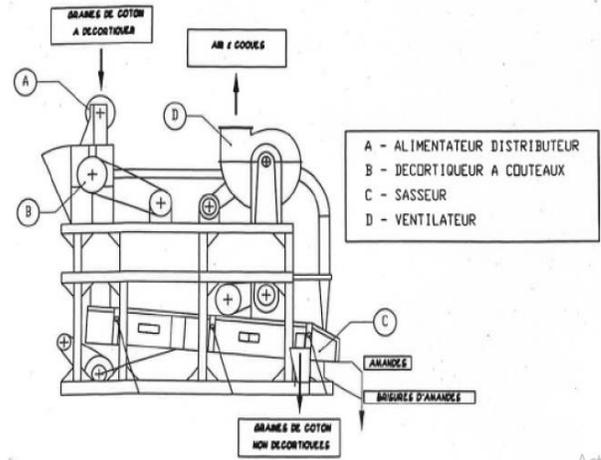
Annexe 2: La relation entre les acteurs de la culture du coton Source, CNRS



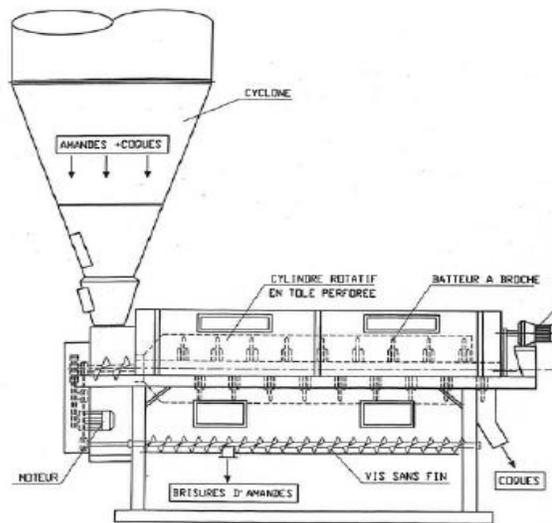
Annexe 3: Schéma nettoyeur SAMAT



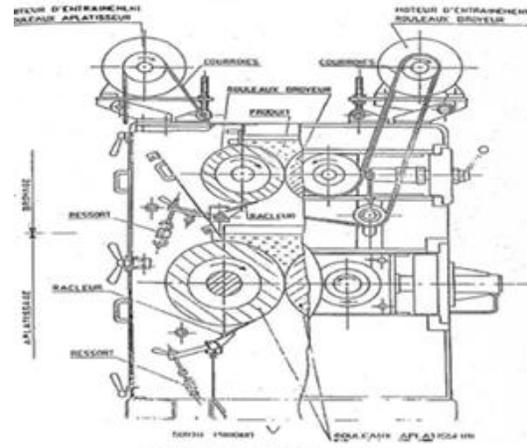
Annexe 4: Schéma Décortiquer séparateur



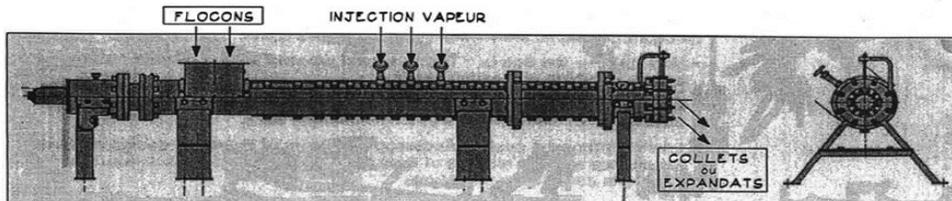
Annexe 5: Schéma Batteur de coques



Annexe 6: Schéma Aplatisseur



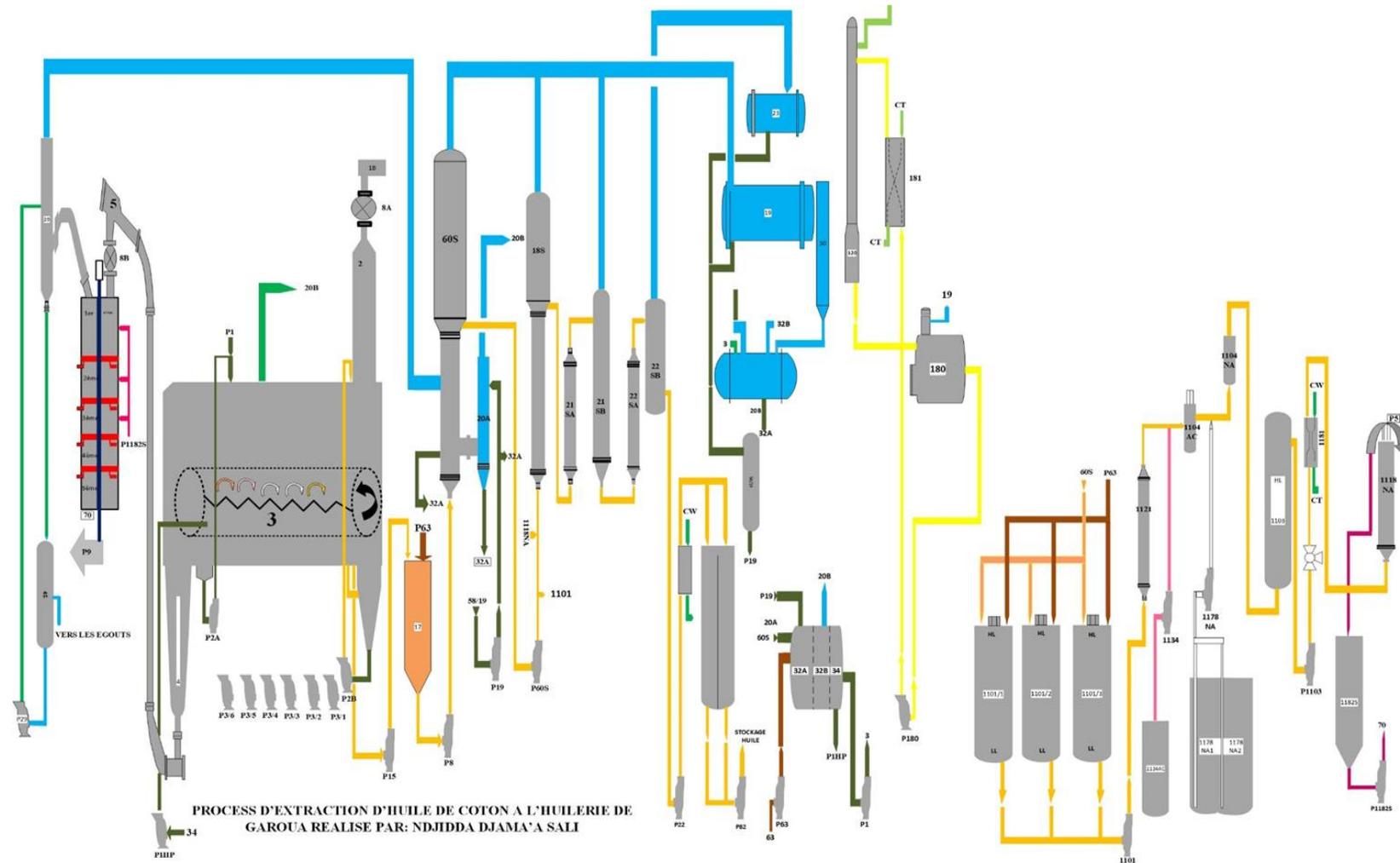
Annexe 7: Schéma Expander



Annexe 8: Tableau récapitulatif des éléments du système de décortiquage et leurs rôles

Machines	Composantes	rôles
Nettoyeurs	Distributeurs	Alimenter à débit irrégulier le nettoyeur repartir les graines sur toute sa largeur
	4 porte tamis et tamis	Retenir les corps étrangers plus gros que les graines de coton, tels que les cailloux et les graines de coton non égrainées
	La boîte de ventilation	Séparer les graines, des poussières et linters par densité à l'aide d'un courant d'air
Décortiqueurs magnétiques	Distributeur	Alimenter la décortiqueuse en gaines à un débit irrégulier avec réglage électrique
	Séparateur magnétique	Retenir par attraction tous les corps magnétiques se trouvant dans les graines
	Système de décortiquage	Casser les coques et libérer l'amande plus riche en matière grasse
Séparateur de coques	Pré-sasseur	Procéder à une séparation partielle des amandes et des coques
	Sasseur	Séparer les amandes des coques vides et des graines non décortiquées
	Ventilateur centrifuge	Aspirer les coques vides au-dessus de la tôle perforée
	Batteurs	Battre les coques vides pour faire retomber les graines non décortiquées enlevées par le ventilateur
Cyclone		Centrifuger les coques avant qu'elles n'entrent dans les batteurs
Batteurs de coques		Séparer les brisures d'amandes contenues dans les coques

Annexe 9: Schéma fonctionnement de l'atelier extraction



Annexe 10: Nomenclature du procédé d'extraction

N°	Description	N°	Description	N°	Description
1B :	Transporteur à collet	18	Évaporateur	29	Dépoussiéreur humide
2	Trémie d'alimentation	19, 20B, 23	Condenseurs	60S	Économiseur de vapeur Huile neutre
3	Extracteur	20A	Condenseur par mélange	70	Désolvanteur Toasteur
4	Trémie de sortie farine	P1HP	Pompe haute pression	120	Dephlegmateur
5	transporteur à farine	21SA et 21SB	Préchauffeur d'huile	181	Échangeur de chaleur
8	Alvéolaire d'entrée	22SA et 22SB	Finisseurs	W	Eau de refroidissement
9	transporteur farine sortie DT	17	cuve à miscella	S	Vapeur
P2A	Pompe d'arrosage d'hexane pur	32	Florentin	P1	Pompe d'aspiration d'hexane pur du 34
P2B	Pompe d'arrosage du miscella	P3/1 à P3/6	Pompes d'arrosage des collets dans l'extracteur	P1101	Pompe d'aspiration du miscella des cuves de stockage pour la neutralisation
P15	Pompe d'alimentation du 17	P19	Pompe d'aspiration d'hexane liquide du de la 58	P180	Pompe de circulation d'huile minérale
P8	Pompe d'aspiration du miscella du 17 pour 60S	P63	Pompe d'aspiration d'hexane pur dans le 63A	P5613A	Pompes de circulation d'eau froide

Légende



Annexe 11 : Bilan matière grasse

Pour 100 Kg de graines (P0),

Quel est la quantité moyenne de MG contenue dans 100 kg de graine ?

Le rapport moyen coques/amandes= **43,76/56,24**

%MG moyenne coques= **5,81%** par rapport à la masse des coques

%MG moyenne amandes= **34,51%** par rapport à la masse des amandes

Donc MG moyenne graine = $43,76 \times 5,81\% + 56,24 \times 34,51\% = 21,95$ kg

La quantité moyenne de MG contenue dans les graines échappées

%Massique moyenne des graines échappées = **12,40%** par rapport à la masse des coques

Masse des graines échappées = $43,76 \times 12,40\% = 5,43$ kg

MG moyenne des graines échappées= $5,43 \times 21,95\% = 1,19$ kg

Sachant que le pourcentage massique d'après la norme qualité des graines échappées = **2,00%** par rapport à la masse des coques

Masse normale des graines échappées= $43,76 \times 2,00\% = 0,88$ kg

MG normale des graines échappées= $0,88 \times 21,95\% = 0,19$ kg

En enlevant la masse des graines échappées, la masse des **graines utilisées au décorticage (P1)** sera =
Masse des graines mis en œuvre - Masse des graines échappées

AN : Masse des graines utilisées = $100 - 5,43 = 94,57$ Kg

Puisque la masse P0 a changé le rapport coques sur amandes aussi sera modifié

Ainsi on a : $43,76 \times 94,57/100 = 41,38$; $56,24 \times 94,57/100 = 53,19$ Kg

Le nouveau rapport coques/amandes = $41,38/53,19$

De la même manière la quantité de MG contenue dans les amandes et les coques sera modifié.

%MG moyenne coques= **5,81%** par rapport à la masse des coques

MG coques = $41,38 \times 5,81\% = 2,40$ kg

%MG moyenne amandes = **34,51%** par rapport à la masse des amandes

MG amandes= $53,19 \times 34,51\% = 18,36$ Kg

Quel est la masse des collets (P5) ?

XP4+P

Quel est la masse des coques incorporées (XP4) ?

% Massique moyenne des coques incorporés= **20,34%** par rapport à la masse des amandes

Masse moyenne des coques incorporés (XP4) = $53,19 \times 20,34\% = 10,82 \text{ Kg}$

MG des coques incorporés = $10,82 \times 5,81\% = 0,62 \text{ Kg}$

MG collets = MG amandes + MG des coques incorporés

AN : MG collets= $18,36 + 0,62 = 18,98\text{Kg}$

MG collets= **34,87%** par rapport à la masse des collets. Or :

MG collets = Masse des collets x 34,87

Ce qui implique que **masse collets = MG collets/34,87%**

AN : Masse collets = $18,98/34,87\% = 54,43 \text{ kg}$

Masse farine déshuilée= Masse collets- MG collets

Masse farine déshuilée= $54,43 - 18,98 = 35,45 \text{ Kg}$

➤ **Défaut de broyage (DB)**

Moyenne Défaut de broyage (DB) = 1,14%

MG défaut de broyage= Masse amandes x 1,14%

MG défaut de broyage= $53,19 \times 1,14\% = 0,60 \text{ Kg}$

MG normale défaut de broyage= Masse amandes x 2,00%

MG normale défaut de broyage= $54,50 \times 2,00\% = 1,09 \text{ Kg}$

➤ **Défaut d'extraction (DE)**

Moyenne défaut d'extraction : 5,84%

MG farine entrée DT= Masse farine déshuilée x 5,84%

MG farine entrée DT= $35,45 \times 5,84\% = 2,07 \text{ Kg}$

MG normale farine entrée DT= Masse farine déshuilée x 3,00%



MG normale farine entrée DT= $35,45 \times 2,00\% = 0,71\text{Kg}$

➤ **Défaut de neutralisation (DN) :**

%MG moyenne FSDT = 8,12%

MG farine sortie DT= Masse farine déshuilée x 8,12%

MG farine sortie DT= $35,45 \times 8,12\% = 2,88 \text{ Kg}$

MG normale farine sortie DT= Masse farine déshuilée x 6,00%

MG normale farine sortie DT= $35,45 \times 6,00\% = 2,13 \text{ Kg}$

➤ **MG huile neutre attendu= 16,01 Kg**

S'il y'avait pas d'autres pertes en matières grasses le rendement serait de :

Rendement attendu (en MG) = MG huile neutre attendu/masse totale de MG mis en œuvre

Rendement attendu (en MG) = $16,01/21,95 = 72,94\%$

Or : le rendement obtenu= quantité d'huile neutre obtenu/quantité totale de MG mis en œuvre

Quantité d'huile neutre obtenue = **5423343,38**

Le rendement obtenu = $5423343,38 / (37504000 * 21,95) = 72,39\%$

Cette différence de rendement est expliquée par l'existence d'autres sources des pertes dans le processus d'obtention d'huile neutre.

Les autres causes de pertes sont : les brisures d'amandes non récupéré, de la matière qui tombe des élévateurs, de la farine non recyclé sortie du cuiseur et aussi des collets non recyclés qui ont mis long dans la trémie du refroidisseur, de la farine sortie de l'extracteur qui n'est pas recyclé et qui n'est pas complètement déshuilé à cause du bourrage dans l'extracteur. Celles-ci sont estimées par : **$72,94\% - 72,39\% = 0,55\%$** ; Soit une teneur en MG qui est égale à : $21,95 \times 0,55\% = 0,12\text{kg}$.

Annexe 12: Tableau d'évaluation des pertes totales en matière grasse

Evaluation des pertes totales en matière grasse							
Mois	MOG	Pertes due aux Echappées graines (kg) 1,19	Pertes due au DE (kg) 2,07	Pertes due au DB(kg) 1,14	Pertes due au DN (Kg)	Pertes due aux autres causes (kg) 0,12	Pertes total par mois (kg)
Janvier	8608000	102435,2	178185,6	51648	247910,4	10329,6	590508,8
Février	8203000	97615,7	169802,1	49218	236246,4	9843,6	562725,8
Mars	8100000	96390	167670	48600	233280	9720	555660
Avril	7109000	84597,1	147156,3	42654	204739,2	8530,8	487677,4
Mai	5484000	65259,6	113518,8	32904	157939,2	6580,8	376202,4
Total des pertes (Kg)		446297,6	776332,8	225024	1080115	45004,8	2572774

Annexe 13: Résultats paramètres qualité trituration

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyennes
MG graines	21,41	21,56	21,65	21,62	21,40	21,53
MG amandes	32,96	34,51	34,63	34,94	35,53	34,51
MG coques	4,58	5,10	5,28	6,34	7,75	5,81
MG collets	35,79	35,91	35,11	34,54	33,00	34,87
MG FEDT (DE)	6,32	5,83	4,05	3,92	9,07	5,84
DB	0,68	1,14	1,41	1,16	1,32	1,14
C/A	43,62	44,15	44,01	43,73	43,32	43,76
% Echappés graines	5,73	3,46	4,33	19,46	29,04	12,40

Annexe 14: Evolution du rendement en huile neutre

Evolution du Rendement d'extraction Huile neutre			
DATE	Mise en Œuvre Graine Coton	Huile Neutre	Rendement en HN
02/01/2021	146000	14340	8,94
03/01/2021	300000	60200	18,26
04/01/2021	311000	55439	16,22
05/01/2021	342000	55503	14,77

06/01/2021	328000	55707	15,46
07/01/2021	305000	54313	16,20
08/01/2021	327000	48493	13,49
09/01/2021	281000	48158	15,60
10/01/2021	333000	51712	14,13
11/01/2021	300000	53930	16,36
12/01/2021	295000	52608	16,23
13/01/2021	325000	60045	16,81
14/01/2021	327000	56493	15,72
15/01/2021	325000	55212	15,46
16/01/2021	352000	55937	14,46
17/01/2021	364000	58913	14,73
18/01/2021	268000	41582	14,12
19/01/2021	292000	58136	18,12
20/01/2021	322000	52842	14,93
21/01/2021	208000	41656	18,22
22/01/2021	300000	48966	14,85
23/01/2021	305000	53459	15,95
24/01/2021	285000	56531	18,05
25/01/2021	318000	53324	15,26
26/01/2021	251000	44835	16,25
27/01/2021	296000	49390	15,18
28/01/2021	134000	23698	16,09
29/01/2021	303000	43980	13,21
30/01/2021	224000	32726	13,29
31/01/2021	141000	12693	8,19

Annexe 15: Estimation des pertes en échappée graine du mois de janvier

Estimation pertes en échappée graine du mois de janvier					
Date	Moyenne Journalier des taux échappées graines	MOG	C/A	Quantité coque mise en œuvre	Quantité d'échappé dans coque (Kg)
01/01/2021	0,00	0		0,00	0,00
02/01/2021	4,32	146000	44,32	64707,20	2793,19
03/01/2021	4,90	300000	45,00	135000,00	6610,50

04/01/2021	3,98	311000	43,66	135782,60	5404,15
06/01/2021	4,46	328000	44,16	144844,80	6464,91
07/01/2021	6,10	305000	35,60	108580,00	6623,38
08/01/2021	5,06	327000	43,40	141918,00	7176,32
09/01/2021	4,34	281000	43,66	122684,60	5328,60
10/01/2021	5,96	333000	43,50	144855,00	8638,19
11/01/2021	7,32	300000	44,83	134490,00	9849,15
12/01/2021	5,09	295000	44,33	130773,50	6656,37
13/01/2021	6,52	325000	43,63	141797,50	9245,20
14/01/2021	4,64	327000	43,66	142768,20	6629,20
15/01/2021	5,02	325000	43,00	139750,00	7010,79
16/01/2021	5,90	352000	43,33	152521,60	8998,77
17/01/2021	4,71	364000	45,66	166202,40	7833,67
18/01/2021	7,11	268000	45,33	121484,40	8637,54
19/01/2021	5,86	292000	44,50	129940,00	7618,82
20/01/2021	6,12	322000	42,16	135755,20	8312,74
21/01/2021	6,25	208000	43,33	90126,40	5629,90
22/01/2021	4,30	300000	45,16	135480,00	5830,16
23/01/2021	6,99	305000	44,33	135206,50	9455,44
24/01/2021	5,32	285000	45,00	128250,00	6818,63
25/01/2021	6,58	318000	44,00	139920,00	9211,40
26/01/2021	7,75	251000	42,66	107076,60	8294,87
27/01/2021	6,17	296000	43,00	127280,00	7857,42
28/01/2021	5,83	134000	43,25	57955,00	3380,71
29/01/2021	7,45	303000	43,63	132198,90	9853,22
30/01/2021	4,98	224000	44,50	99680,00	4964,06
31/01/2021	7,06	141000	42,25	59572,50	4205,82
Totale (Kg)	205333,12				

Annexe 16: Quantité des graines échappées par mois

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Totale
Quantité des échappées perdue (Kg)	205,33	125,07	155,40	595,95	628,18	1709,93

Annexe 17: Tableau synthétique de l'estimation des pertes en HN par mois et le cout en chiffre d'affaire

Mois	MOG (Kg)	HN attendue (L)	HN obtenue (L)	pertes en HN (L) = HN attendue- HN obtenue	Coût des pertes en chiffre d'affaire 1L HN=585
Janvier	8608000	1514440	1450821	63619	37217372
Février	8203000	1443187	1373554	69633	40735389
Mars	8100000	1425066	1383317	41749	24423126
Avril	7109000	1250715	1109675	141040	82508561
Mai	5484000	964822	642351	322471	188645779
Totale	37504000	6598231	5959718	638513	373530227,1

Annexe 18: Tableau d'analyse Pareto

Sources de pertes en MG	Quantité perdue (kg)	Cumul	% cumulé
Pertes due au échappées graines	375040	375040	35%
Pertes due au défaut d'extraction	367539,2	742579,2	69%
Pertes due au défaut de neutralisation	281280	1023859,2	96%
Pertes due aux autres causes	45004,8	1068864	100%
Totale	1068864		

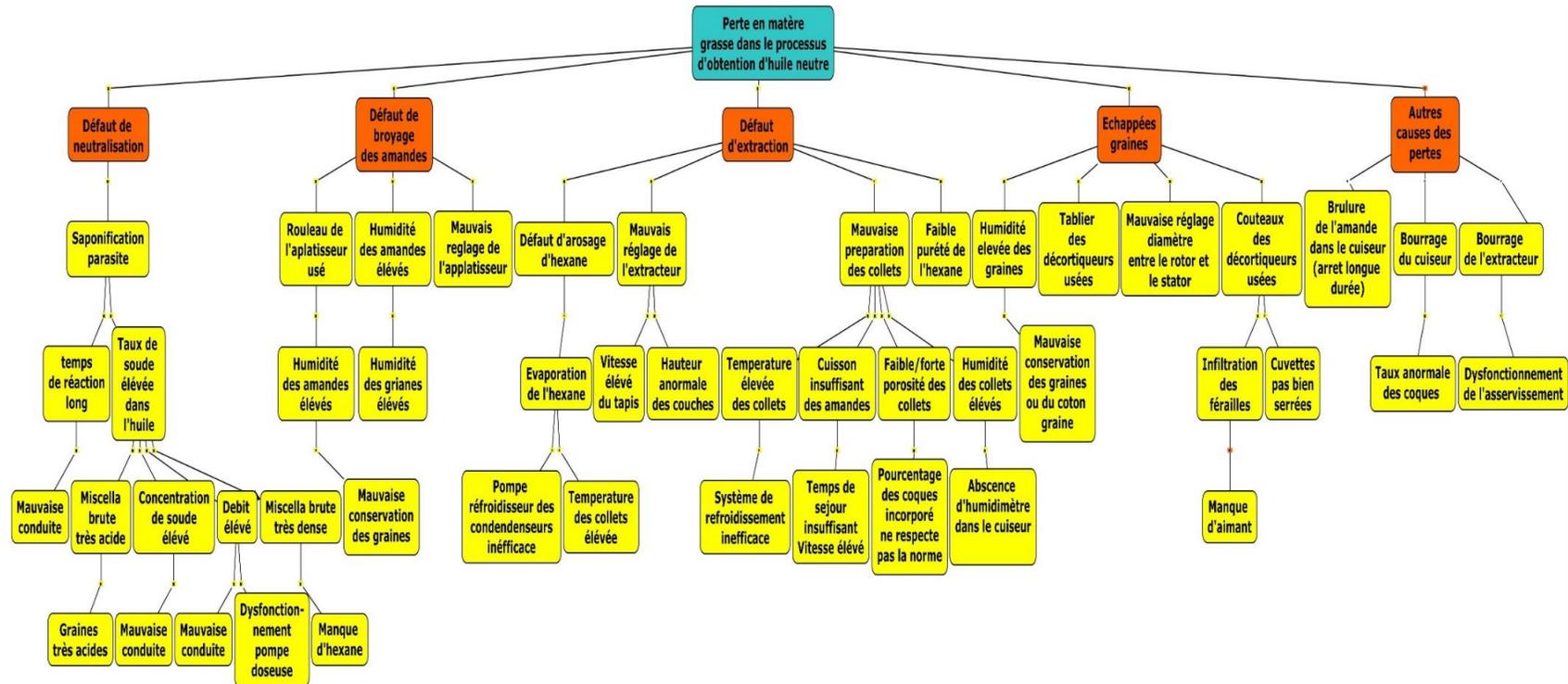
Annexe 19 : Estimation des pertes globales dans le processus d'obtention d'huile neutre

Estimation globale des pertes				
Date	MOG	HN théorique (attendu)	HN obtenue	Pertes (HN théorique – HN obtenue)
01/01/2021	0	0	0	0
02/01/2021	146000	25686	14340	11346
03/01/2021	300000	52780	60200	-7420
04/01/2021	311000	54715	55439	-724
05/01/2021	342000	60169	55503	4666



06/01/2021	328000	57706	55707	1999
07/01/2021	305000	53660	54313	-653
08/01/2021	327000	57530	48493	9037
09/01/2021	281000	49437	48158	1279
10/01/2021	333000	58586	51712	6874
11/01/2021	300000	52780	53930	-1150
12/01/2021	295000	51901	52608	-707
13/01/2021	325000	57179	60045	-2866
14/01/2021	327000	57530	56493	1037
15/01/2021	325000	57179	55212	1967
16/01/2021	352000	61929	55937	5992
17/01/2021	364000	64040	58913	5127
18/01/2021	268000	47150	41582	5568
19/01/2021	292000	51373	58136	-6763
20/01/2021	322000	56651	52842	3809
21/01/2021	208000	36594	41656	-5062
22/01/2021	300000	52780	48966	3814
23/01/2021	305000	53660	53459	201
24/01/2021	285000	50141	56531	-6390
25/01/2021	318000	55947	53324	2623
26/01/2021	251000	44159	44835	-676
27/01/2021	296000	52076	49390	2686
28/01/2021	134000	23575	23698	-123
29/01/2021	303000	53308	43980	9328
30/01/2021	224000	39409	32726	6683
31/01/2021	141000	24807	12693	12114

Annexe 20: Arbre des causes des pertes en matière grasse



Annexe 21: Management visuel des 3 ateliers

1) Les smileys magnétiques et leurs interprétations.

Type de smileys magnétiques	Interprétations
	L'atelier est en fonctionnement normale a atteint le rendement ciblé.
	L'atelier a rencontré des arrêts de production de courte durée, une faible baisse de rendement
	L'atelier a rencontré un arrêt de longue durée ayant entrainé une baisse du rendement

2) Atelier Nettoyage-Decortilage

ATELIER NETTOYAGE-DECORTICAGE				
Quart	Paramètres qualité	Paramètres production	Observations	Appréciations   
	Echappées graines Norme (%) : ≤ 2	MOG		
7H-15H				
15H-21H				
21H-7H				

3) Atelier pression

ATELIER PRESSION							
Date:							
Quart	Paramètres qualité			Paramètres production		Observations	Appréciations
	DB Norme (%): ≤ 2	Humidité collets Norme (%): ≤ 8	% coques incorporées Norme (%): 15-18	MOG	HN		
7H-15H							
15H-21H							
21H-7H							

4) Atelier extraction

ATELIER EXTRACTION							
Date :							
Quart	Paramètres qualité			Paramètres production		Observations	Appréciations
	Acidité HN Norme (%): ≤ 0,05	Couleur HN Norme : ≤11 R	Taux de Savon Norme : ≤ 300ppm	DE Norme (%): ≤ 3	MOG		
7H-15H							
15H-21H							
21H-7H							



Annexe 22: Protocoles d'analyses laboratoires

1) Détermination de la Matière grasse

Echantillons : Graines de coton, coques, amandes, collets, la méthode utilisé est : l'**extraction soxhlet**.

Le but consiste à déterminer la quantité de matière grasse contenu dans un échantillon donné

Principe

L'extraction est basée sur la solubilité différentielle des lipides dans des solvants d'extraction.

L'huile est extraite au soxhlet avec de l'hexane.

Mode opératoire

- Peser environ **5g** de l'échantillon,
- Le broyer finement dans un broyeur (Cas de graine, amande, collets)
- Introduire dans une cartouche à papier cellulosique (préalablement taré) notre échantillon puis noté son poids **M0**.
- Recouvrir la matière transvasée dans la cartouche d'un coton hydrophile et sceller la cartouche.
- Peser un ballon de 250 ml (propre et sec) et noter son poids **M1**.
- Monter le dispositif d'extraction munis d'un réfrigérant.
- Mettre en service la circulation d'eau dans le réfrigérant.
- Mettre en service le dispositif de chauffage du ballon.
- Conduire l'extraction pendant 04 heures de temps.
- Récupérer l'hexane par distillation au rota-vapeur.
- Refroidir le ballon dans un dessiccateur puis peser son poids et le noter **M2**

La détermination de la matière grasse est obtenue par la formule : $\% MG = \frac{M2-M1}{M0} \times 100$;

Avec :



- **M2**= Poids du ballon + huile après extraction
- **M1**= Poids du ballon à vide
- **M2**= Poids de l'échantillon

2) Teneur en eau ou humidité

L'objectif est de déterminer la quantité d'eau contenu dans une fraction d'échantillon donnée dont le résultat est exprimé en pourcentage. L'échantillon analysé sont : **les graines de coton, les amandes, les coques, la farine amande entrée cuiseur (AEC), la farine amande sortie cuiseur (ASC), et les collets**

- **Principe**

Elle consiste à une dessiccation d'une fraction d'échantillon dans une étuve à 105°C jusqu'à obtention d'une masse constante (AOCS, Ab2-47 (97))

- **Mode opératoire**

- Peser la capsule à vide et noter son poids (M0)
- Peser 5g d'échantillon dans la capsule et noter poids M1
- Placer la capsule + échantillon dans l'étuve à 105°C pendant 04h de temps
- Après 04h de temps placer la capsule dans un dessiccateur qu'il refroidisse jusqu'à obtenir la température ambiante)
- Peser la capsule et noter son poids (M2)

La teneur en eau est calculée par la relation suivante : $TE = \frac{M1-M2}{M1-M0} \times 100$; Avec :

- **TE** = Teneur en eau
- **M0** = Masse en gramme de la capsule à vide
- **M1** = Masse en gramme de l'échantillon à analyser
- **M2** = Masse en gramme de l'échantillon après dessiccation



3) Détermination du pourcentage des graines échappées

Principe

Il consiste à déterminer la quantité des graines n'ayant pas subis le processus de décortilage

Le pourcentage des graines échappées sorti décortiqueur est déterminé selon un rapport massique en procédant à la séparation manuelle des graines entières échappées avec les coques puis à une pesée.

- **Mode opératoire**

- Prélever un échantillon de coques à la sortie des batteurs
- Peser 100 g de cette échantillon et noter P1 ;
- Procéder au tri manuel des graines échappées contenue dans l'échantillon P1
- Peser les graines échappées en noter P2

Le pourcentage de graines échappées dans les coques est obtenu à partir du calcul suivant :

Graines échappées (%) = $\frac{P2}{P1} \times 100$; Avec : P1 : Poids de l'échantillon ; P2 : Poids des graines échappées.

4) Détermination du pourcentage de coques incorporées

- **Principe**

Il consiste à déterminer le pourcentage des coques ajouté dans la farine entrée cuiseur. Le pourcentage des coques (prélevés à l'entrée des cuiseurs) dans les amandes est déterminé selon un rapport massique en procédant à la séparation des coques des amandes puis à une pesée.

- **Mode opératoire**

- Prélever un échantillon de farine à l'entrée du cuiseur ;
- Peser 100 g de cette échantillon et noter P1 ;
- Avec un tamis procéder à la séparation des coques et de l'amande ;
- Récupérer les coques, effectuer la pesée et le noter P2

Le pourcentage des coques dans les amandes est obtenu à partir du calcul suivant :



Coques (%) = $\frac{P2}{P1} \times 100$ Avec : P1 : Poids de l'échantillon ; P2 : Poids de l'échantillon après tamisage.

5) Détermination défaut d'extraction

Il consiste à déterminer la quantité de matière grasse résiduelle contenue dans la farine après extraction.

- **Principe**

Il consiste à extraire et à déterminer la teneur en matière grasse dans la farine sortie extracteur afin de contrôler le bon arrosage des collets, et d'une extraction maximale de l'huile dans les collets.

- **Mode opératoire**

- Peser environ 5g de la farine sortie extracteur (**E**) et placer la prise d'essai dans la cartouche à papier cellulosique ;
- Si le tourteau est très imbibé (teneur en eau et matières volatiles supérieur à **10 %**), effectuer une déshydratation préalable en plaçant la cartouche pleine dans une étuve à **80°C** pour quelques minutes ;
- Sécher le ballon à une température d'environ **100°C** et le refroidir pendant au moins 30 minute dans un dessiccateur jusqu'à température ambiante et le tarer ;
- Placer dans l'extracteur la cartouche contenant la prise d'essai et verser dans le ballon la quantité nécessaire de solvant ; extraire pendant **4 H** en suivant les mêmes instructions du protocole de détermination de la matière grasse
- Peser le ballon pour avoir la masse extraite et le noter (**M**).

L'expression des résultats : $DE = \frac{M}{E} \times 100$; Avec **DE** : Défaut d'extraction ; **M** : Masse en gramme du ballon après extraction et **E** : Masse en gramme de la prise d'essai

6) Détermination du défaut de broyage

Il consiste à extraire et à déterminer, la teneur en matière grasse dans la farine sortie extracteur après l'avoir broyé finement. C'est le même protocole que la détermination du défaut d'extraction à la seule différence on utilise comme échantillon la farine entrée DT broyé.



Pour l'expression du résultat on fait la différence entre MG obtenue et le DE : $DB = MG - DE$

7) La teneur en savon de l'huile neutre

Elle consiste à déterminer la quantité de savon contenu dans un échantillon de 40 g d'huile neutre

• Principe

On fait réagir à chaud un échantillon d'huile neutre avec un excès de KOH en présence d'un indicateur coloré qui est ensuite dosé par une solution d'acide chlorhydrique.

Préparation des réactifs

- **Solution aqueuse d'acétone à 2 %** ; introduire 20ml d'acétone dans une éprouvette graduée de 1000 ml et compléter à 980 ml avec de l'eau distillée ;
- **Bleu de bromophénol** ; dans un bécher de 100 ml introduire 99 ml d'eau distillée, puis introduire 1g de bleu de bromophénol.
- **Solution TEST** ; à l'aide d'une pipette de 1 ml prélever 0,5 ml de bleu de bromophénol et introduire dans 100 ml d'acétone aqueuse à 2% contenu dans un bécher 200ml. Titrer avec l'acide chlorhydrique 0,01 N ou de la soude à 0,01 N jusqu'à obtention de la couleur jaune.
- **Mode opératoire**
 - Peser environ 40g d'huile neutre dans un erlenmeyer préalablement rincé avec la solution TEST
 - Ajouter 1 ml d'eau distillée
 - Chauffer dans un bain marie et agiter vigoureusement
 - Chauffer le mélange et bien agiter jusqu'à ce que les deux couches distinctes se forment. S'il y a présence de savon dans l'huile, la couche supérieure se colore en bleu,
 - Titrer lentement avec de l'acide chlorhydrique 0,01 N jusqu'à l'apparition de la couleur jaune apparaisse ;
 - Répéter l'opération de chauffage-agitation- titration jusqu'à persistance de la couleur jaune de la couche supérieur.



- Noter le volume de la descente de la burette VS (ml). Le blanc doit être déterminé suivant la même procédure sans ajouter de l'huile. Le volume de descente de la burette est noté Vb (ml).

La teneur en savon est obtenue à partir du calcul suivant : $TS = \frac{(VS-Vb) \times N \times 304}{\text{masse de l'échantillon}}$;

Avec **304g/mol** : masse molaire du savon sodique à partir de l'acide oléique ; **N** : normalité de l'acide chlorhydrique et **TS** exprimé en ppm.

8) Détermination de l'indice d'acidité

Il consiste à déterminer le nombre de milligrammes d'hydroxyde de Sodium nécessaire pour neutraliser les acides gras libres présents dans 1 g de matière grasse (UICPA,1979)

- **Principe**

Il consiste en la dissolution d'un corps gras dans un mélange éthanol et d'oxyde d'éthyle suivi d'un titrage des acides gras libre présent à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium en présence de la phénolphthaléine.

- **Mode opératoire**

- Peser dans un bécher de 100 ml, 2g d'huile neutre à analyser (M)
- Ajouter 25 ml d'éthanol et 25 ml d'oxyde d'éthyle
- Ajouter 6 gouttes de phénolphthaléines
- Titrer avec une solution de NaOH ou KOH 0,1 N jusqu'à coloration rose et noter le volume V de titrage

L'indice d'acide (FFA) est obtenu à partir des calculs suivant :

$FFA = \frac{V \times N \times 282}{\text{masse de l'échantillon}} \times 100$. Or l'acidité est exprimée en % d'acide oléique d'où :

$\% \text{ Acide oléique} = \frac{V \times N \times 282}{M \times 1000} \times 100$; Avec **282 (g/mol)** : masse molaire de l'acide oléique ; **N**

(mol/L) : normalité de la soude ou potasse ; **V(ml)** : Volume de la descente de la burette ; et **M(g)** : masse de l'échantillon pesé



Annexe 23: Fiche de suivi atelier Nettoyage Décorticage

	FICHE DE SUIVI NETTOYAGE - DECORTICAGE	Enregistrement Référence : DHG-EN-P05-27 Date Création : Jan. 2014 Version 1.2 Page 1 sur 1
--	--	---

DATE : ___/___/___

NOM DU QUART		Quart :				Quart :				Quart :							
		7h	9h	11h	13h	15h	17h	19h	21h	23h	1h	3h	5h				
Nom du conducteur de quart																	
Horaires																	
Poste	Paramètres																
Trémie journalière	Index variateur vis 1025 A																
	Index variateur vis 1025 B																
Bande peseuse graines	15 T/H																
Décortiqueurs	Index variateur alimentateur 1340																
	Index variateur alimentateur 1341																
	Index variateur alimentateur 1342																
INDEX INITIAL BANDE PESEUSE																	
INDEX FINAL BANDE PESEUSE																	
GRAINES MISES EN ŒUVRES																	
Soufflage des grilles des nettoyeurs à graines																	
Nettoyage des plaques aimantées de l'élevateur 1121																	
Nettoyage des aimants des décortiqueurs						X				X							
VISA CONDUCTEUR																	
VISA CHEF D'EXPLOITATION DE QUART																	

NR : Les observations concernant le nettoyage des équipements sont remplies par le Chef d'Equipe Trituration.
 Le nettoyage des aimants des décortiqueurs se font par le quart de la matinée à tour de rôle.
 Le nettoyage des équipements est obligatoire pour chaque quart.



Annexe 24: Fiche de suivi atelier Pression

FICHE CONTRÔLE DE FONCTIONNEMENT ATELIER PRESSION		Enregistrement												
		Référence : DHG-EN-P05-04 Date Création : Jan. 2014 Version 1.1 Page 1 sur 1												
		DATE : <u>11/05/21</u>												
		NOM DU QUART :												
Nom du conducteur de quart		Quart: <u>BLEU</u>				Quart: <u>Vert</u>				Quart: <u>Rouge</u>				
Heures de prélèvement		<u>ADAMCIS HASANA</u>				<u>SIMO Hoppi</u>				<u>Dehoucou D</u>				
Norme		7h	9h	11h	13h	15h	17h	19h	21h	23h	1h	3h	5h	
Pression air comprimée (bar)		6	6	6.1	6.2	6.2	6.8	6.4	6.8	6	6	6.1	6	
Pression arrivée vapeur principale (bar)		10 - 15	15	16	15.5	15	17.3	15.5	16.2	15.8	16	15.5	15	
Aplatisseur	Index variateur vitesse vis 2720		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Index variateur alimentateur		9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	
	Pression sur les rouleaux (mbar)	100	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Conditionneur	Vapeur de chauffage	5 - 5,5	3	3	3.4	3	3.4	3.4	2.9	2.5	2.5	2.5	3	
	Débit injection d'eau (l/h)	20 - 30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Index variateur vitesse vis 2320		2	2	2	2	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	
	ETAGE 8 (°C)	90 - 100	90	95	100	100	104	106	101	100	100	105	100	
	ETAGE 7 (°C)	80 - 100	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	ETAGE 6 (°C)	65 - 100	65	66	66	66	67	65	67	66	65	60	65	
	ETAGE 5 (°C)	65 - 100	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Expandeur	ETAGE 4 (°C)	65 - 100	80	87	84	94	86	83	88	88	50	80	85	
	Ampérage moteur	140 A	120	118	120	125	122	120	123	115	120	125	120	
	Vapeur d'injection (bar)	5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Température sortie (°C)		105 °C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Production par Quart	Graine mise en œuvre (tonne)		100				80				125			
	Production huile neutre (litre)		15025,69				11010,10				15027,91			
	Production ALIBET (Nombre de sacs)		857				592				952			
	Production Farine 21 (Nombre de sac)		/				/				/			
	VISA CHEF EXPLOITATION DE QUART		<u>[Signature]</u>				<u>[Signature]</u>				<u>[Signature]</u>			

PRODUCTION DU JOUR	
Graine mise en œuvre	305
Production Huile Neutre	41 063,70
Production ALIBET	2401
Production FARINE 21	/

Annexe 25: Fiche de suivi Atelier Extraction

		FICHE DE SUIVI EXTRACTION												Enregistrement		
														Matricule	Qualité du PMS	
														Date : 21/06/21	Jan 2018	
														Version 1.0	Page 1 sur 1	
		Quart: <u>Blou</u>				Quart: <u>Vat</u>				Quart: <u>R.</u>						
Poutre	Nom du conducteur de Quart	Déterminations	NORMES	Temps												
				7h	8h	11h	13h	15h	17h	19h	21h	23h	1h	3h	5h	
Extraction	Indice ventilateur vitesse	8.5 ± 1.5 m/min		6.5	6.5	6	6.5	6.5	6.5	6	6	6	6	6	6	6
	Température solvant entrée	30 ± 2.5°C														
	Température miscela	55 ± 3.0°C		62	61	57	60	59	58	57	54	54	54	54	54	61
	Débit miscela															
	Vide sur mm Hg	1-3 ± 21 mmHg		-2	-2	-2	-2	-1	-1	-3	-3	-2	-1	-1	-1	
Distillation	Pression 41/130	1.5 ± 2 Bar		3	2.7	2.8	3	3.5	3.5	3	3	3	3	3	3	
	Débit distillation	1500 ± 1500 L/h		2500	2500	4000	3000	3000	2100	2000	2000	2000	2000	2000	2000	
	Température 60S	58 ± 2°C		62	70	76	70	70	70	74	72	74	74	74	76	
	Température 18S	95 ± 3°C			80	80		100	97	97	87				87	
	Température 21 SA	125 ± 5°C			140	145		160	155	150	155				147	
	Température 21 SB	92 ± 4°C			92	92		102	104	100	91				95	
	Température sortie huile B1	45 ± 3°C														
	Température sortie huile B1	45 ± 3°C			70	60		65	65	70	60					54
	Vide sur 60S, 18S, 22SA, 18S	400 ± 30 mmHg		390	390	360	400	360	360	370	380	370	370	370	370	380
	Vide sur 23	850 ± 60 mmHg		760	770	770	750	700	700	720	740	760	760	760	760	760
	Vide sur 22 SB	850 ± 50 mmHg		750	830	810	700	800	800	860	900	900	820	860	860	
	D.T	Indice ventilateur vitesse poste 4														
Température chauffage étage 1		70 ± 5°C		65	65	65	65	65	70	70	70	70	70	70	70	
Température chauffage étage 2		70 ± 5°C		75	75	75	75	75	75	80	75	75	75	75	75	
Température chauffage étage 3		80 ± 5°C		85	85	80	90	90	90	95	95	95	95	95	95	
Température chauffage étage 4		90 ± 5°C		90	90	80	85	90	90	95	95	95	95	95	90	
Température chauffage étage 5		110 ± 3°C		105	110	100	100	105	110	110	110	110	110	110	110	
Température sortie gaz		75 ± 5°C		75	75	75	75	80	80	80	75	75	75	75	75	
Injection vapeur DT étage 1 et 2		0-5														
Injection vapeur DT étage 3, 4 et 5		0.5 ± 2 Bar		3	3	3.5	4	10	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	
Vapeur incendie DT étage 4																
Vapeur incendie DT étage 5		0-2														
Vide mm eau		0-2														
Déphlegma seur		Pression d'air étage 1	0.6 ± 0.2 Bar		0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	Pression d'air étage 2	0.7 ± 0.1 Bar														
	Pression d'air étage 3	0.38 ± 0.02 Bar		0.3	0.5	0.4		0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.5	
	Pression d'air étage 4	0.6 ± 0.1 Bar		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
	Pression d'air étage 5	0.7 ± 0.005 Bar		0.7	0.7	0.7	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	Température 180	110 ± 2°C		104	104	106	106	108	107	107	107	107	107	107	107	
	Température entrée 181	110 ± 3°C		95	95	94	94	97	96	96	97	97	97	97	97	
Condenseurs	Température sortie 181	45 ± 3°C		40	42	40	42	40	40	40	38	38	38	38	38	
	Température entrée 23															
	Température sortie 19															
	Température entrée 20	30 ± 2°C		34	34	36	36	38	38	38	38	36	36	34	34	
	Température sortie 20	30 ± 2°C														
	Pression d'eau arrivée (3 bars)	3		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Amperages	D.T 70	70		60	60	60	60	60	60	55	60	55	55	55	55	
	Poste 5	3.4		3.2	3.0	3.2	3.6	3.7	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.6	3.7	
	Poste 4	3.4		3.4	3.0	4.3	4.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.2	3.2	
	Poste 1A	7		7.5	7.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	
VISA DU CONDUCTEUR																



Annexe 26: Fiche de suivi neutralisation

FICHE DE SUIVI NEUTRALISATION											Enregistrement			
16-06-2021											Référence : DRG-EN-105-00			
											Date Création : Jan. 2014			
											Version 1.1	Page 1 sur 1		
QUART	Cuve N°	Niveau cuve début	Niveau cuve fin	Compteur HN Début	Compteur HN Fin	Acidité Miscella ≤ 4%	Densité Miscella (0,795-0,835)	Concentration Miscella (60%-75%)	Concentration Soude (144-200)	Débit Soude		Couleur HN	Sa von HN	Visa
										Calcul	Attache			
7H - 15H														
Quart: <i>Ezye</i>	<i>101/1</i>			<i>4185418</i>	<i>4196115</i>	<i>3,15%</i>	<i>0,857</i>	<i>>80%</i>	<i>156g/l</i>		<i>25%</i>	<i>10,2R</i>	<i>357,26</i> <i>PPm</i>	<i>Samoua</i>
Conducteur: <i>namouxe</i>	<i>101/2</i>											<i>10,2R</i>	<i>389,36</i> <i>PPm</i>	
	<i>101/3</i>											<i>10,2R</i>	<i>335,60</i> <i>PPm</i>	
15H - 21H														
Quart: <i>Souvo</i>	<i>101/4</i>													<i>Alimoukol</i>
Conducteur:	<i>101/2</i>											<i>10,2R</i>	<i>583,63</i> <i>PPm</i>	
	<i>101/5</i>			<i>4196115</i>		<i>2,84%</i>	<i>0,854</i>	<i>78%</i>	<i>186g/l</i>	<i>25%</i>	<i>10,3R</i>	<i>522,8</i> <i>PPm</i>		
21H - 7H														
Quart: <i>Blu</i>	<i>110/11</i>											<i>10,3R</i>	<i>526,08</i> <i>PPm</i>	<i>Alimoukol</i>
Conducteur:	<i>110/12</i>											<i>10,5R</i>	<i>503,12</i> <i>PPm</i>	
<i>Amadou G</i>	<i>110/13</i>			<i>4905130</i>		<i>2,65%</i>	<i>0,860</i>	<i>>80%</i>	<i>186g/l</i>	<i>50%</i>	<i>10,8R</i>	<i>575,86</i> <i>PPm</i>		

avec CamScanner

Annexe 27 : Résultats des analyses du laboratoire atelier trituration-pelletisation

NOM DU LABORANTIN DE QUART		SRIVOU - C SOURCEVA		Phoustapha	Boubakary	MOYENNE
PARAMETRES		NORME INTERNE	QUART 7H-15H	QUART 15H-21H	QUART 21H-7H	
GRAINES	MG (%)	≥ 20	20,40	20,60	19,60	20,20
	H ₂ O (%)	≤ 6	5,00	4,60	4,80	4,80
	C/A (%)	< 50 *	43,01/57,0	44,50/58,50	43,01/57,0	42,50/57,50
MANDES	MG (%)	≥ 30	35,00	/	/	35,00
	H ₂ O (%)	≤ 5	4,60	/	/	4,60
COQUES	ECHAPPES (%)	1340	26,75	34,80	27,70	29,75
		1341	/	/	17,00	17,00
		1342	8,80	16,10	12,40	12,43
	MG (%)	≤ 4	5,40	5,20	4,20	4,93
	H ₂ O (%)	≤ 6	6,40	5,60	4,80	5,60
AMANDES EC	H ₂ O (%)	≤ 5	/	5,20	4,20	4,70
	COQUES (%)	15 - 18	/	27,97	16,27	22,12
MANDES SC	H ₂ O (%)	≤ 7	5,00	5,60	5,00	5,20
COLLETS/EC AILLES	MG (%)	≥ 32	30,20	33,40	36,60	33,40
	H ₂ O (%)	≤ 8	6,00	4,40	4,20	4,86
DEFAUT DE BROYAGE	MG (%)	≤ 2	0,20	0,40	0,20	0,26
PELLETS	H ₂ O (%)	≤ 10	/	15,80	12,00	12,90
	C/F (%)	≥ 50	/	36,10/63,90	38,15/61,85	37,12/62,88

<p>NOM ET VISA CHEF D'EQUIPE LABO</p> <p><i>S. S. S.</i></p> <p>ROULTCHOU MI H.</p>	<p>NOM ET VISA CHEF SERVICE QUALITE</p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>DAH RAN A</p>
---	--

CS Scanné avec CamScanner



Annexe28: Résultats des analyses du laboratoire atelier extraction/neutralisation



**RESULTATS DES ANALYSES DU
LABORATOIRE ATL
EXTRACTION/NEUTRALISATION**

Reference: CQ-EM-105-07
Date Création: Jan. 2014
Version 1.1 Page 1 sur 1

Date 17/04/21

NOM DU LABORANTIN DE QUART			SIKOU C. SOUNEYA A.	Moustapha	Boubakary	MOYENNE
PARAMETRES		NORME INTERNE	QUART 7H - 15H	QUART 15H - 21H	QUART 21H - 7H	
FARINE EDT (DEFAULT D'EXTRACTION)	MG (%)	≤ 3	1,80	4,80	1,80	2,80
FARINE SDT	MG (%)	≤ 6	3,20	6,40	3,80	4,13
	H ₂ O (%)	≤ 10	15,40	15,40	13,60	14,80
MISCELLA	ACIDITE (%)	≤ 4	/	3,32	/	3,32
HUILE NEUTRE	COULEUR (R)	≤ 11	11,20	10,80	10,40	10,80
	SAVON (ppm)	≤ 300	890,72	485,64	338,20	571,52
	ACIDITE (%)	≤ 0.05	0,04	0,01	0,02	0,02

NOM ET VISA CHEF D'EQUIPE LABO Po

[Signature]

ROUL CHOU M H

NOM ET VISA DU CHEF SERVICE QUALITE

[Signature]

DAMRON A.

Filière Ingénieurs IAA
Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom : SAADATOU DJAMILATOU

Année Universitaire : 2020/2021

Titre : Evaluation et réduction des pertes en matière grasse dans le processus d'obtention de l'huile neutre par la méthodologie de Lean Six sigma

RESUME

Pour bien se positionner dans la concurrence, les entreprises performantes font appel aux méthodes et outils qui leur permettent d'améliorer leur rendement en maîtrisant les coûts de production. Ils ne peuvent atteindre cet objectif qu'en remettant en question leurs processus. L'huilerie de la SO-DECOTON dans sa quête de la certification ISO9001 s'est donnée pour mission d'augmenter son volume de production tout en maîtrisant les coûts. C'est dans cette optique que notre projet de fin d'études a vu le jour avec pour objectif d'évaluer et réduire les pertes en matière grasse dans le processus de production d'huile neutre. **L'évaluation nous montre que durant la période de 5 mois (1er janvier 2021- 26 Mai 2021), les pertes en matière grasse sont estimées à 1.068.864 Kg soit en moyenne 213.772,8 Kg/mois. Soit en chiffre d'affaire des coût associées d'une valeur de 373.530.105 FCFA (6.225.501 MAD) soit 74.706.021 FCFA/mois (1.245.100MAD/ mois).** Ces pertes proviennent essentiellement de 05 sources à savoir : **les graines échappées et les brisures d'amandes non récupérées ; les pertes en MG due au défaut de broyage et défaut d'extraction ; les pertes à la neutralisation due aux saponifications parasites et enfin les autres sources de pertes (matières riches en MG sortie des équipements et non recyclés).** Après avoir analysé les causes profondes de ces pertes, nous avons proposé et mis en œuvre **des mesures correctives. Ces dernières ont donné un résultat significatif pendant la première semaine de juillet par l'amélioration du rendement en huile neutre. Toujours dans la perspective d'amélioration nous avons proposées des solutions opérationnelles et managériales inspirées du Lean six sigma dont la réussite nécessite l'engagement de la direction et l'implication de tous au changement.**

Mots clés : pertes en MG, rendement d'extraction, Lean six Sigma