



**HAL**  
open science

# La réduction des gapsillages et l'amélioration des postes de travail du personnel de production

Anaïg Lecomte

► **To cite this version:**

Anaïg Lecomte. La réduction des gapsillages et l'amélioration des postes de travail du personnel de production. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04326639

**HAL Id: dumas-04326639**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04326639>**

Submitted on 6 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**LE SMART-MANUFACTURING**

**La réduction des gaspillages et  
l'amélioration des postes de travail  
du personnel de production**

**LECOMTE Anaïg**

**Promotion 2020-2023**

**MEMOIRE INGENIEUR AGROALIMENTAIRE**

**Septembre 2023**

## Liste des abréviations

**BSM** : Base sous-marine

**CCP** : Critical control point – point critique de contrôle

**CHR** : Conditionneur horizontal rotatif

**DMAIC** : Define, measure, analyse, improve, control – Définir, mesurer, analyser, améliorer, contrôler

**DT** : Désolvantiseur toasteur

**DUERP** : Document unique d'évaluation des risques professionnels

**EHS** : Environment, health and safety – Environnement, santé et sécurité

**FSQR** : Food safety, quality and regulatory – Sécurité alimentaire, qualité et réglementation

**HWL** : Hot water loop – Boucle d'eau chaude

**MOC** : Management of change – Gestion du changement

**NVA** : Non valeur ajoutée

**NVAE** : Non valeur ajoutée nécessaire à l'entreprise

**PDCA** : Plan, do, check, act - planifier, déployer / déléguer, contrôler, analyser / ajuster

**PI** : Process intelligence

**QQOQCCP** : Qui, quoi, où, quand, comment, combien, pourquoi

**SDE** : Super-dégommage

**SES** : Séparateur eau solvant

**SOP** : Standard operating procedure – Procédure d'opération standard

**SJ** : Silo journalier

**SWOT** : Strengths, weaknesses, opportunities, and threats – Forces, faiblesses, opportunités et menaces

## Lexique

**Cake :** Partie solide des graines en sortie de presses, comprend entre 15 et 20% d'huile.

**Cire :** Mélange complexes d'esters d'acides gras et d'alcools gras à longue chaînes (Wafa, 2002), ayant un point de fusion élevé et pouvant se solidifier et former une précipitation à température ambiante. Les cires sont présentes dans l'huile brute et éliminées en partie à l'étape d'uni-dégommage lors du pré-raffinage.

**Gâteau :** Couche de terres filtrantes ou de terres décolorantes, qui se dépose sur les plaques des filtres lors de la filtration. Le gâteau est une matière qui peut être prélevée à l'aide d'un outil, et qui est ensuite analysée par le laboratoire interne à l'entreprise.

**Hexane :** Solvant lipophile (ayant une affinité forte avec les graisses), permettant de récupérer les dernières traces d'huile présentes dans les cakes.

**Miscella :** Mélange d'huile et d'hexane.

**Pellet :** Petit tube composé de tourteau, obtenu lors d'une étape d'extrusion dans des presses à pellets.

**PI system (Process Intelligence System) :** Logiciel de récolte et de stockage de données en temps réel permettant de retracer historiquement des valeurs.

**Tourteau :** Cake déshuilé et désolvantisé composant les pellets destinés à l'alimentation animale.

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Cargill, un groupe international</b> .....	<b>2</b>
1.1 Cargill dans le monde.....	2
1.2 Les sites de Cargill en France .....	2
1.3 Saint Nazaire, un site regroupant deux unités de production .....	3
1.3.1 Un site avec un emplacement stratégique.....	3
1.3.2 Organigramme .....	3
1.3.3 Des projets de développement du site à venir.....	4
1.3.4 Le processus de trituration et de raffinage.....	4
<b>2 Sujet du stage : le workload reduction</b> .....	<b>10</b>
2.1 Le workload reduction, qu'est-ce que c'est ? .....	10
2.2 Méthode utilisée : la méthodologie DMAIC .....	11
2.2.1 La méthodologie DMAIC.....	11
2.2.2 Organisation du projet.....	12
2.2.3 Equipes de travail.....	13
2.2.4 Les outils du Lean management.....	14
<b>3 Mise en place de la méthode DMAIC - déroulement de l'étude</b> .....	<b>15</b>
3.1 Définir – Cadre du projet.....	15
3.2 Mesurer - Récolte des informations .....	16
3.2.1 Données à collecter .....	16
3.2.2 Recueil d'informations .....	18
3.2.3 Traitement des notes de pénibilité.....	23
3.2.4 Analyse des données .....	25
3.3 Analyser – Déterminer les causes .....	26
3.3.1 Diagramme d'Ishikawa appliqué au balayage des silos de graines à partir de la vis balayeuse. ....	26
3.3.2 La méthode des cinq pourquoi appliquée au « test machine tournante ».....	28
3.3.3 Méthode QOQCCP appliquée au prélèvement des terres filtrantes .....	30
3.4 Innover.....	32
3.4.1 Recherche de solutions d'améliorations.....	32
3.4.2 Priorisation des actions à mettre en place.....	34
3.4.3 Mise en place d'actions .....	34
3.5 Contrôler.....	42
3.5.1 Mise en place d'un capteur pour l'arrêt de la vis balayeuse : un projet en cours de réalisation.....	42
3.5.2 Contrôle des améliorations du « contrôle machine tournante ».....	42
3.5.3 Contrôle pour donner suite à la mise en place du nouvel outil de prélèvement des terres filtrantes.....	43
3.5.4 Préconisations pour la suite du projet workload reduction.....	45
<b>Conclusion</b> .....	<b>46</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>47</b>

## Table des illustrations et des tableaux

Figure 1 : Localisation des sites Cargill en France (document interne à l'entreprise).....	2
Figure 2 : Schématisation du site de Saint Nazaire (document interne à l'entreprise). ....	5
Figure 3 : Etapes de trituration de la graine de tournesol jusqu'à l'obtention d'huile brute et de cakes. ....	5
Figure 4 : Etapes d'extraction de l'huile des cakes. ....	7
Figure 5 : Etapes de raffinage de l'huile. ....	8
Figure 6 : Diagramme de Gant pour l'avancement du projet selon la démarche DMAIC. ....	12
Figure 7 : Maison Lean (Leveugle, 2022a).....	14
Figure 8 : Interface PI pour le circuit presserie.....	19
Figure 9 : Evolution du pourcentage de refus 502 (relevé par la palette peseuse) sur la période du 20/03/2023 au 25/03/2023 (5,33 jours).....	20
Figure 10 : Diagramme en boîte à moustache montrant la différence de répartition des notes de pénibilité d'un opérateur à l'autre, pour le poste d'opérateur raffinerie.....	22
Figure 11 : Répartition des notes de pénibilités des sept opérateurs raffinerie avant correction. ....	23
Figure 12 : Différence d'utilisation de l'échelle de notation selon les facteurs de positionnement et d'échelle.....	24
Figure 13 : Répartition des notes de pénibilité des sept opérateurs raffinerie après l'application des facteurs d'échelle et de positionnement.....	24
Figure 14 : Relation entre les notes de pénibilité de chaque activité et la durée (à droite) et la fréquence (à gauche) de réalisation. ....	25
Figure 15 : Exemple de vis balayeuse présente à l'intérieur des silos de graine (morillon Systems, 2023). ....	27
Figure 16 : Diagramme d'Ishikawa concernant l'environnement de travail lors de l'arrêt de la vis de balayage à l'intérieur des silos de graines, pouvant être la cause d'une forte pénibilité de l'action. ....	27
Figure 17 : Méthode des cinq pourquoi (d'après Hohmann, 2012). ....	28
Figure 18 : Arbre des causes concernant l'activité "contrôle machine tournante" à l'extraction, selon la méthode des cinq pourquoi. ....	29
Figure 19 : Filtre horizontal (à gauche) servant pour l'étape de décirage de l'huile brute ; et filtre vertical (à droite) pour les étapes de décirage et de décoloration de l'huile (Sharp Engineering Works, 2021).....	30
Figure 20 : Louche servant pour le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes. ....	31
Figure 21 : Filtre verticaux de décoloration ou de décirage vu du dessus. Des plaques sont disposées à l'intérieur du filtre, permettant la filtration de l'huile en retenant le « gâteau » (Envirogen Groupe, 2023). ....	31
Figure 22 : Répartition des activités selon la présence ou non de proposition(s) d'amélioration. ....	32
Figure 23 : Capteur NI500A IFM installé dans les silos de graines de l'usine de Montoir de Bretagne (IFM, 2023).....	35
Figure 24 : Capteur NI500A installé à l'intérieur des silos de graines de l'usine de Montoir de Bretagne pour l'arrêt de la vis balayeuse. ....	35
Figure 25 : Schématisation du fond des silos de graines présents à Saint Nazaire.....	36
Figure 26 : Plan du rez-de-chaussée du bâtiment extraction avec les déplacements effectués par les opérateurs lors du contrôle des machines tournantes (tracé bleu), avant modification de la procédure.....	37

Figure 27 : Plan du rez-de-chaussée du bâtiment extraction avec les déplacements effectués par les opérateurs lors du contrôle des machines tournantes (tracé bleu), après modification de la procédure.....	38
Figure 28 : Plan du rez-de-chaussée extraction comprenant une matrice servant à faire une analyse des déplacements par vecteurs.....	38
Figure 29 : Premier schéma de l'outil de prélèvement, fourni au service maintenance (longueur en millimètres et non à l'échelle). ....	40
Figure 30 : Nouvel outil de prélèvement réalisé par l'équipe maintenance.....	40
Figure 31 : Croix de sécurité mis à l'extrémité de l'outil de prélèvement. ....	41
Figure 32 : Deuxième schéma des outils de prélèvement, envoyé à la maintenance (longueur en millimètres et non à l'échelle).....	44
Tableau 1 : SWOT sur les équipes de production concernant mon travail .....	13
Tableau 2 : Planning des équipes de production en fonction des semaines. ....	15
Tableau 3 : Table des fréquences permettant la conversion en "Time/week" et "Frequence score". ....	17
Tableau 4 : Modèle simplifié des informations collectées lors de l'étape de récolte d'informations.....	18
Tableau 5 : Exemple de risque pour la santé et indice de risque pour cinq activités différentes. ....	22
Tableau 6 : Répartition des différents types d'activités selon les postes occupés par le personnel de production.....	23
Tableau 7 : Extrait des actions d'amélioration relevées pouvant être mise en place.....	33
Tableau 8 : Coordonnées des points représentant l'emplacement des différents équipements à tester lors du contrôle machine tournantes, au rez-de-chaussée du bâtiment extraction. ....	39
Tableau 9 : Comparaison de l'activité "prélèvement des terres filtrantes" avant et après mise en place d'un nouvel outil de prélèvement.....	43

## Introduction

Le smart-manufacturing ou « fabrication intelligente » consiste à lier la production avec les technologies. Il a un impact radical sur les performances de l'éco-système de fabrication grâce à des améliorations mesurables dans des domaines tels que : la vitesse, l'agilité, la qualité, le débit, les coûts/la rentabilité, la sécurité, la fiabilité des actifs et l'efficacité énergétique. Par conséquent, elle améliore la rentabilité qui à son tour accélère les investissements dans l'innovation (Bitard, 2022).

Au sein du groupe Cargill, le smart-manufacturing est un sujet qui prend de plus en plus d'ampleur. Des groupes de travail dédiés sont présents dans plusieurs pays du monde, comme en Espagne, en Allemagne ou au Royaume-Uni pour l'Europe. Ces équipes travaillent en collaboration avec les usines européennes afin de faire la transition vers le smart-manufacturing. En 2025, un projet à 110 millions d'euros verra le jour sur le site de Saint Nazaire, permettant de donner le titre d'usine pilote au niveau mondiale. Ce projet concernant la création d'un nouvel atelier de décorticage, vient en collaboration avec un développement du smart-manufacturing, divisé en plusieurs axes de travail tel que les consommations énergétiques, la gestion des alarmes, la réduction des gaspillages « workload reduction » par exemple. Le sujet de fin d'étude qui m'a été confié porte sur le workload reduction. Il rentre en collaboration avec l'équipe du smart-manufacturing ayant travaillé sur un projet similaire à l'usine d'Amsterdam. Le workload reduction correspond à la diminution des activités à non-valeur ajoutée (NVA) pour les remplacer par des tâches à valeur ajoutée. La démarche suivie pour le site d'Amsterdam servira donc d'exemple à la mise en œuvre du projet.

Ce projet, s'appuie sur la méthode DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler). Cette méthode est particulièrement utilisée pour conduire des projets au sein du groupe Cargill, et mettra en application plusieurs méthodes du Lean management qui seront présentées ultérieurement.

Dans une première partie, une présentation de l'entreprise, de son organisation ainsi que des projets à venir sont décrits. Dans une seconde partie, nous verrons la structure et la démarche employées pour le projet. La démarche utilisée selon la méthode DMAIC sera ensuite détaillée et illustrée par quelques exemples concrets. Puis, nous synthétiserons les résultats obtenus avant une conclusion.



# 1 Cargill, un groupe international

## 1.1 Cargill dans le monde

Cargill est un groupe international qui a vu le jour aux Etats-Unis il y a plus de 157 ans. Son siège social est actuellement installé à Minneapolis dans le Minnesota. Le groupe fournit divers services agroalimentaires, financiers et industriels dans 70 pays et compte environ 155000 collaborateurs. Avec un chiffre d'affaires de 165 milliards de dollars en 2022, il est l'un des leaders mondiaux dans le domaine du négoce des produits agricoles (Cargill, 2023).

## 1.2 Les sites de Cargill en France

Cargill s'est implanté pour la première fois en France en 1964 à Saint-Nazaire en tant que négoce international de farines de maïs et de soja. Fort de ces 15 sites français (figure 1), le groupe est un acteur majeur dans la fourniture d'amidon, l'élaboration de produits à base de cacao, la fabrication de produits alimentaires à base de poulet, la production d'ingrédients alimentaires et de cosmétiques. Il offre aussi une large palette de produits et de services tels que la gestion de risques en agriculture, le négoce et transformation d'oléagineux (colza, tournesol, importation de soja, embouteillage d'huile et production de bio-carburant), et également une expertise nutritionnelle au service de l'élevage et du secteur de l'alimentation animale (Cargill, 2023).



Figure 1 : Localisation des sites Cargill en France (document interne à l'entreprise).

## 1.3 Saint Nazaire, un site regroupant deux unités de production

### 1.3.1 Un site avec un emplacement stratégique

Située au bord de l’océan Atlantique, l’usine de Saint Nazaire s’offre un emplacement stratégique grâce à un accès direct à la voie maritime. Sa localisation dans le grand ouest lui permet aussi d’être à proximité des principaux territoires agricoles qui s’y situent.

C’est en 1970 qu’une usine de trituration de soja voit le jour à la suite de la construction des premiers bureaux en 1964 à Saint-Nazaire. Dans les années 1990, l’usine passe en trituration de tournesol et construit sa propre unité de raffinage. Aujourd’hui, le site de Saint Nazaire produit de l’huile de tournesol, qui représente 40% de l’huile alimentaire de tournesol consommée en France, ainsi que des pellets<sup>1</sup> (riche en protéines) destinés à l’alimentation animale. Cela fait de Cargill le premier fournisseur français de protéines végétales au service de la nutrition animale (Cargill, 2023). Avec près d’un milliard de dollars de chiffre d’affaires en 2022, le site de Saint Nazaire est le seul site français entièrement dédié à la transformation des graines de tournesol. Il triture chaque jour près de 1800 tonnes de graines de tournesol provenant de l’agriculture française et occasionnellement des pays frontaliers de la mer Noire (Ukraine, Bulgarie).

### 1.3.2 Organigramme

Le site de Saint Nazaire est dirigé par Tristan Lucazeau, directeur technique. Sous sa direction, nous retrouvons les responsables des différents services, ainsi que la coordinatrice technique et les deux ingénieurs amélioration process. Le site de Saint Nazaire emploie 65 collaborateurs dont un tiers représente les équipes de production (Organigramme - Annexe I).

Ces équipes sont divisées en cinq, fonctionnant chacune en quart pour un fonctionnement de l’usine en continu. Chaque équipe est composée d’un chef de quart et de quatre opérateurs de production polyvalents dont un opérateur ayant la fonction de chef de quart remplaçant. Les opérateurs sont répartis sur trois postes : un opérateur pour la trituration préparation, un autre pour la trituration extraction et le super-dégommage, et un dernier opérateur pour la raffinerie.

---

<sup>1</sup> Petit tube composé de tourteau, obtenu lors d’une étape d’extrusion dans des presses à pellets.

### 1.3.3 Des projets de développement du site à venir

Une fois par an, entre les mois d'août et de septembre, l'usine est en arrêt technique pour deux à trois semaines. Pendant cet arrêt, un nettoyage et une maintenance sur les équipements sont réalisés. Des modifications de conception des équipements de l'usine peuvent être également apportées.

D'ici 2024, la base sous-marine (BSM), lieu de stockage des graines, de matériels pour la maintenance et des produits chimiques va être remise à la ville. Pour cela, un projet de réorganisation de l'usine est prévu. Le stockage des graines se fera dans de nouveaux silos de stockage, où les graines seront acheminées par un nouveau convoyeur. Ainsi, une partie de l'usine, la base sous-marine, va disparaître.

De plus, d'ici 2025 à 2026, un projet de mise en place de deux chaudières biomasse va avoir lieu sur le site. Ce projet à plus de 110 millions d'euros va engendrer une modification de l'atelier préparation, pour donner place à un nouvel atelier : le décorticage.

### 1.3.4 Le processus de trituration et de raffinage

Le site comprend deux unités de production. La première est la trituration, qui regroupe la préparation et l'extraction. La seconde est le raffinage de l'huile comprenant le super-dégommage. Nous pouvons ainsi séparer le processus de fabrication de l'huile raffinée en trois ateliers :

- La trituration : conditionnement et trituration de la graine pour obtenir, d'une part, de l'huile brute, destinée à être raffinée ou à être vendue à des usines de transformation, et d'autre part, des pellets riches en protéines, destinés à l'alimentation animale ;
- L'extraction : extraire à l'aide d'hexane<sup>2</sup> le restant d'huile (20%) présent dans les cakes<sup>3</sup> en sortie de trituration ;
- Le raffinage : décoloration, décirage et désodorisation de l'huile brute pour obtenir de l'huile raffinée. Une étape de pré-raffinage appelé le super-dégommage permet l'élimination des impuretés (phospholipides, solides, cires<sup>4</sup> et une partie des acides gras libre) avant d'être envoyé au raffinage de l'huile.

---

<sup>2</sup> Solvant lipophile (ayant une affinité forte avec les graisses), permettant de récupérer les dernières traces d'huile présentes dans les cakes.

<sup>3</sup> Partie solide des graines en sortie de presses, comprend entre 15 et 20% d'huile.

<sup>4</sup> Mélange complexes d'esters d'acides gras et d'alcools gras à longue chaînes (Wafa, 2002), ayant un point de fusion élevé et pouvant se solidifier et former une précipitation à température ambiante. Les cires sont présentes dans l'huile brute et éliminées en partie à l'étape d'uni-dégommage lors du pré-raffinage.

Le site de Saint Nazaire est présenté dans la Figure 2.

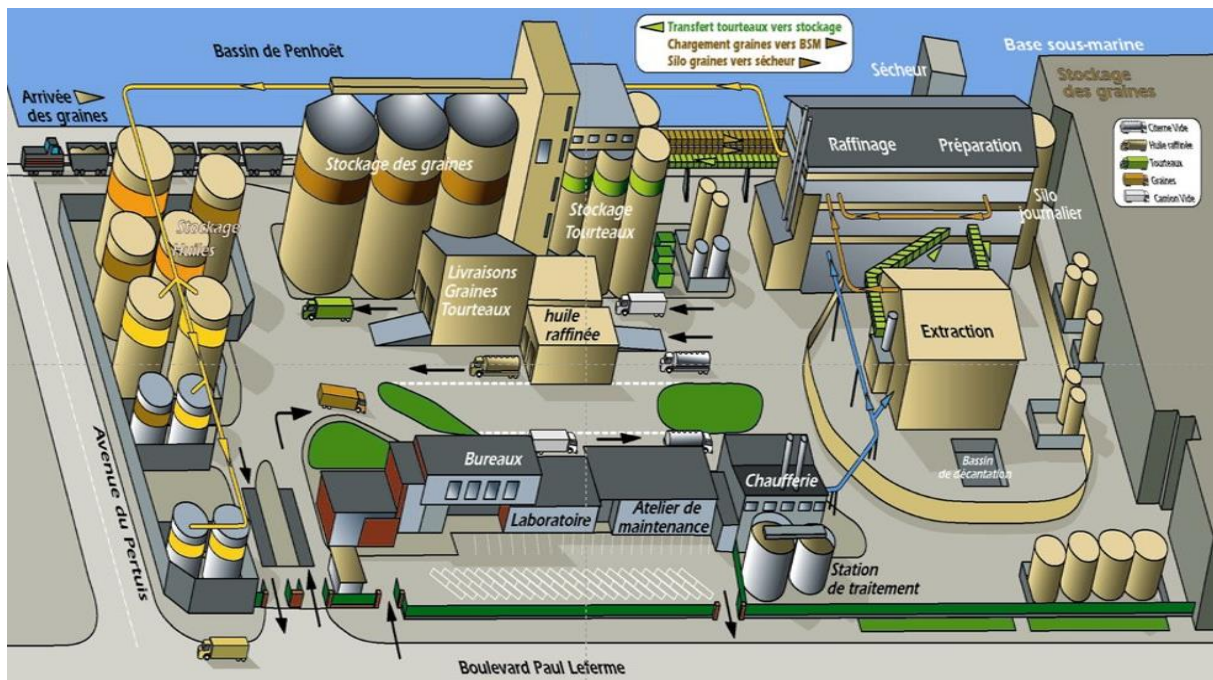


Figure 2 : Schématisation du site de Saint Nazaire (document interne à l'entreprise).

Le bâtiment comprenant la trituration (ou préparation) et le raffinage, ainsi que le bâtiment destiné à l'extraction de l'huile et au super-dégommage, sont organisés sur quatre étages, rendant l'usine de Saint Nazaire unique en son genre.

### 1.3.4.1 La trituration - préparation de la graine

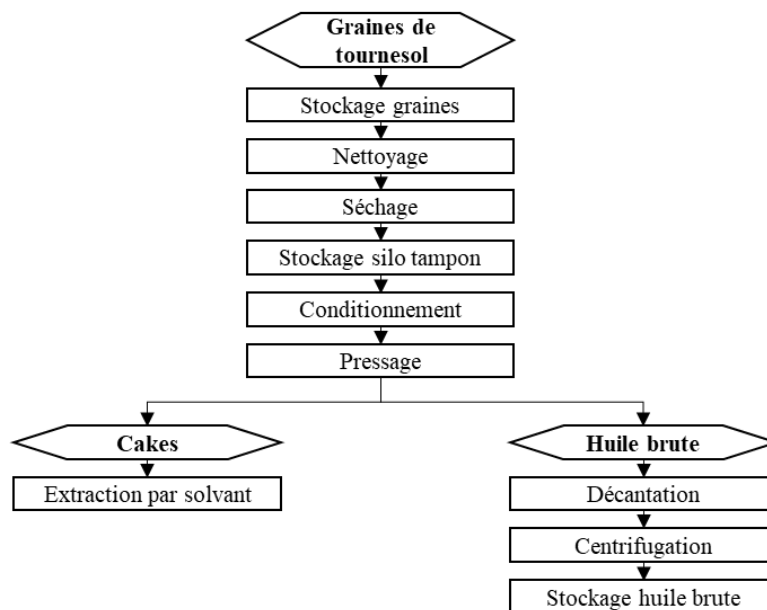


Figure 3 : Etapes de trituration de la graine de tournesol jusqu'à l'obtention d'huile brute et de cakes.

Les étapes de trituration de la graine sont reprises dans la Figure 3 et expliquées ci-après.

### Réception et stockage de la graine

La graine de tournesol arrive sur site par différents moyens de transport, bateau, train et camion (qui représente la majeure partie de l'approvisionnement en graine). Cette graine est ensuite déchargée dans deux fosses reliées à des silos de stockage ou à la BSM.

La graine peut être de deux qualités différentes : classique ou oléique. A la différence des graines classiques que l'on peut retrouver pour la fabrication d'huile de tournesol traditionnelle, les graines dites « oléiques » vont posséder un nombre plus important d'acide oléique (C18:1). De cette manière, de part une plus grande concentration en acide gras insaturé, la résistance à la chaleur et au temps de cette huile oléique augmente. De ce fait, ces deux qualités de graine ne sont pas stockées au même endroit. Les lieux de stockages des graines de tournesol comprennent trois silos ayant une capacité de 2500 T chacun, et la BSM ayant une capacité de stockage de 6000 T.

### Nettoyage, séchage et conditionnement de la graine

Après son stockage, la graine est convoyée jusqu'au nettoyeur. Ce dernier va permettre, à l'aide de grilles rotatives, d'éliminer les déchets résiduels présents dans la graine brute (paille, cailloux...).

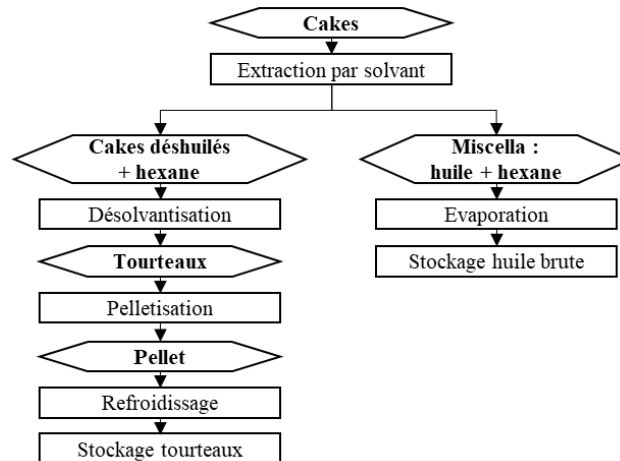
La graine nettoyée passe ensuite dans un sécheur. Par gravité, la graine parcourt ce dernier de haut en bas, où grâce à un flux d'air chaud, elle perd en humidité (passage de 8% à environ 5,5% d'humidité). En effet, le delta de température entre l'air et la graine va permettre une évaporation de l'eau liée. Le débit d'air emporte cette eau vers l'extérieur du sécheur. L'air utilisée dans le sécheur est chauffée à 65°C grâce à la Hot water loop (HWL) (boucle d'eau chaude permettant de récupérer de la chaleur à différents points de l'usine) et à deux rangées de brûleur.

A la sortie du sécheur, la graine est stockée dans le silo journalier (silo tampon) avant d'être acheminée dans le conditionneur horizontal rotatif (CHR) où elle est chauffée entre 75 et 80°C grâce à la HWL. Ce principe de chauffage permet d'attendrir l'amande de la graine en facilitant l'étape du pressage de l'huile. Le CHR permet également de diminuer l'humidité présente dans la graine en la chauffant et en la mettant sous-vide. De cette manière, l'eau passera à l'état gazeux, faisant diminuer l'humidité de la graine à 4.2% environ.

## Pressage des graines

La graine, sortie du conditionneur, entre dans les dix presses à huile où elle va subir une pression mécanique. On sépare d'un côté l'huile, et d'un autre les cakes, où il restera 20% de matière grasse. Les cakes sont ensuite envoyés dans l'atelier d'extraction afin d'y être déshuilés à l'hexane. L'huile brute, quant à elle, passe par des étapes de décantation et de centrifugation avant d'être stockée dans différents tanks.

### 1.3.4.2 La trituration – extraction de l'huile des cakes



*Figure 4 : Etapes d'extraction de l'huile des cakes.*

Les cakes en sortie de presses à huile possèdent toujours un pourcentage d'huile élevé (20%), que l'on souhaite extraire. Pour cela, ils sont acheminés vers l'extracteur où ils sont arrosés par de l'hexane, afin de récupérer la matière grasse restante.

L'hexane est utilisé car c'est un solvant lipophile, servant à l'extraction des huiles d'oléagineux tels que les graines de tournesol dans notre cas (CNESST, 2023). Cependant, c'est un solvant très inflammable qui peut provoquer des vertiges, des irritations cutanées et peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires (INRS, 2023). La fiche toxicologique de l'hexane se trouve en Annexe II. L'utilisation de ce solvant implique donc un traitement supplémentaire des produits en sortie extracteur.

Durant leur passage dans l'extracteur, les cakes sont arrosés à contre-courant avec de l'hexane provenant du bas de l'équipement. Il est chauffé à 55°C pour permettre une meilleure extraction de l'huile. L'hexane vient se charger progressivement en huile, donnant ainsi le



miscella<sup>5</sup>. Ce dernier se compose à 25% d'huile et à 75% d'hexane. Deux produits sortent ainsi de l'extracteur : le cake déshuilé chargé en hexane et le miscella.

D'une part, le cake chargé en hexane subit une opération de désolvantisation afin d'en éliminer le solvant (hexane à 30%). Pour cela, les cakes passent dans le désolvantiseur toasteur (DT). Cet équipement est chauffé grâce à de la vapeur directe, ou indirecte, permettant d'entraîner les vapeurs d'hexane vers un condenseur. Les cakes désolvantisés (tourteaux<sup>6</sup>) repartent ensuite à l'atelier préparation afin d'y être pelletisés et refroidis.

D'autre part, le miscella subit des étapes d'évaporation au travers de quatre colonnes d'évaporation. Les vapeurs d'eau et d'hexane récupérées sous forme gazeuse sont ensuite condensées dans différents condenseurs puis renvoyé à différents endroits du circuit. L'huile brute récupérée en sortie d'évaporation est envoyée vers le stockage.

### 1.3.4.3 Le raffinage de l'huile brute

Le but du raffinage est de rendre consommable l'huile brute en éliminant les acides gras libres, les cires, les solides, les produits d'oxydation, les arômes désagréables, les colorants, les produits toxiques (tels que pesticides, glycosides) mais également les phospholipides ainsi que les métaux (tels que fer, cuivre) présents à l'état de traces et généralement liés à des composés organiques (Jamil et al., 1995). Pour cela, l'huile doit subir plusieurs opérations qui sont décrites ci-dessous (Figure 5).

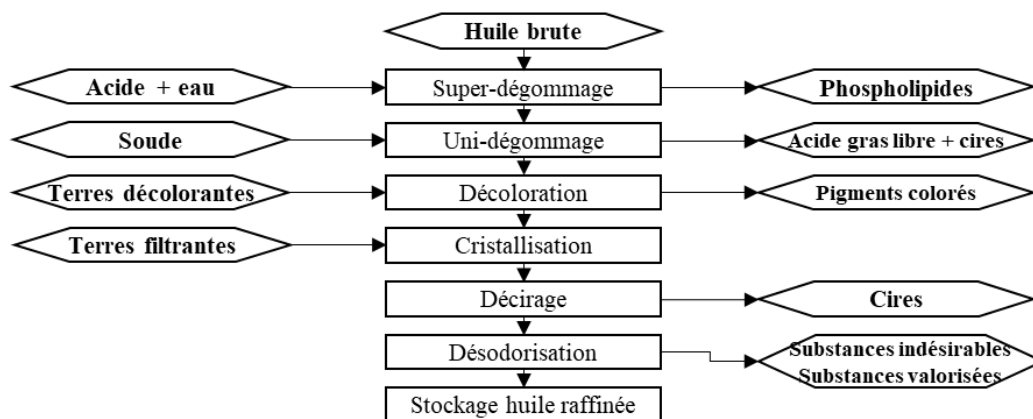


Figure 5 : Etapes de raffinage de l'huile.

#### Le super-dégommage (SDE) et l'uni-dégommage

Le super-dégommage permet de préparer l'huile brute au raffinage en éliminant les phospholipides. Pour cela, ces derniers présents dans l'huile sont d'abord hydratés grâce à de

<sup>5</sup> Mélange d'huile et d'hexane.

<sup>6</sup> Cake déshuilé et désolvantisé composant les pellets destinés à l'alimentation animale.

l'acide. Par la suite, de l'eau est ajouté afin de capter les molécules formées et de les alourdir. Enfin, l'huile passe dans une première centrifugeuse, où les phospholipides et les solides (phase lourde) vont se séparer de l'huile (phase légère). Cette phase lourde est réincorporée dans le tourteau afin de servir de matière grasse.

L'huile subit ensuite un traitement à la soude caustique (solution d'hydroxyde de sodium), c'est l'étape d'uni-dégommage. Elle sert à capter une partie des cires et une partie des acides gras libres ainsi de neutraliser l'excès d'acide précédemment ajouté. Une partie des cires, les complexes savons et le restant de phospholipides sont enfin séparés grâce à une seconde centrifugeuse.

Le super-dégommage, bien que faisant partie de la raffinerie, est piloté par l'opérateur extraction car il se situe dans le bâtiment extraction (Figure 2).

#### La décoloration

L'huile en sortie de SDE est mélangée avec de la terre décolorante. Cette terre poreuse et acide, va venir capter les métaux et fixer les pigments colorés contenus dans l'huile. Les agglomérats formés par la terre sont ensuite séparés par filtration. Les terres récupérées par filtration sont alors réincorporées dans le tourteau (matière grasse).

#### La cristallisation et le décirage

Le reste des cires contenues dans l'huile, n'ayant pas été éliminé à l'étape de SDE, est cristallisé afin de pouvoir être séparé par filtration. La cristallisation consiste à injecter des terres dites filtrantes, afin d'agglomérer les cires contenues dans l'huile. Une diminution de la température de 60°C à 14°C au travers cinq cristalliseurs, permet d'augmenter le volume des agglomérats pour qu'ils puissent être séparés par filtration.

#### La désodorisation

L'huile nécessite une dernière opération avant d'être consommable : la désodorisation. Cette étape critique dans le process (CCP), permet de dénaturer l'huile pour enlever les substances indésirables (pesticide, molécules odorantes...) et des substances valorisées autrement que dans l'huile (les tocophérols et les acides gras). L'huile est donc chauffée à 250°C sous vide absolue, et est agité grâce à une injection direct de vapeur afin de permettre l'évaporation et l'entraînement des substances cités précédemment avant d'être stocké dans des bacs d'huile raffinée. L'huile raffinée est ensuite expédiée dans différentes usines du groupe pour y être conditionnée.



## 2 Sujet du stage : le workload reduction

### 2.1 Le workload reduction, qu'est-ce que c'est ?

Le smart-manufacturing ou « fabrication intelligente » consiste à lier la production avec les technologies (Bitard, 2022). Comme énoncé précédemment, d'ici 2025 à 2026, un projet à 110 millions d'euros verra le jour sur le site de Saint Nazaire, permettant de donner le titre d'usine pilote au niveau mondial à l'usine. Ce projet de développement de l'usine est accompagné par le smart-manufacturing qui comprend le workload reduction.

Le workload reduction a pour objectif de remplacer les tâches à non-valeur ajoutée (gaspillage) par des tâches à forte valeur ajoutée. La valeur ajoutée correspond au temps ou aux activités pendant lequel le produit ou service subit une transformation qui le rapproche de son état final désiré par le client. La majorité des activités à valeur ajoutée du processus de fabrication de l'huile ou des pellets, sont automatisées mécaniquement. L'Homme intervient principalement sur des actions correctives, activités à non-valeur ajoutée telles que du nettoyage.

Il existe deux types de non-valeur ajoutée. D'abord, les activités à non-valeur ajoutée nécessaire à l'entreprise (NVAE), correspondent aux activités pour lesquelles aucun gain n'est perçu par le client mais qui est nécessaire au bon fonctionnement de l'entreprise. Par exemple, les actions de maintenance préventive, le nettoyage d'équipement ou de tuyauterie lors de bourrage, ou encore les analyses de produits (graine, huile, pellet) afin d'ajuster les paramètres de production, sont des NVAE. D'autre part, les non-valeurs ajoutées non nécessaire à l'entreprise (ou dites « générées ») correspondent à toutes les activités restantes. Par exemple, l'animation et la participation à la réunion quotidienne ou hebdomadaire des opérateurs de production et chef de quart, ou encore les rondes physiques de surveillances sont des non-valeurs ajoutées générées (Cubik, 2023).

L'étape d'identification et de caractérisation des différentes activités à non-valeur ajoutée est donc nécessaire afin d'atteindre cet objectif.

Cette partie du smart-manufacturing a déjà commencé à Amsterdam. Ainsi, nous prendrons en exemple la démarche qui a été abordée. Pour ce projet, il en est de faciliter et d'améliorer les conditions de travail du personnel de production en travaillant sur les non-valeurs ajoutées regroupées en trois formes de gaspillages : muda, mura et muri (Hohmann, 2012). Selon Agnès Dies et Thierry Vérilhac dans leur livre sur la démarche lean (2017), les

muda correspondent à sept types de gaspillages différents : la surproduction, les stocks inutiles, les temps d'attente, la production de pièces / produits non-conformes, les mouvements humains inutiles, les transports et les gaspillages dans le processus d'industrialisation et de fabrication. Le mura et le muri, quant-à-eux, correspondent respectivement à la variabilité d'une part, et à la surcharge ou au déraisonnable d'autre part (Hohmann, 2012).

## **2.2 Méthode utilisée : la méthodologie DMAIC**

### **2.2.1 La méthodologie DMAIC**

Afin de répondre à la problématique de mon sujet, la méthode DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler) est utilisée. C'est une méthode de résolution de problèmes développé dans les années 1980 par Motorola. Elle s'appuie sur le fait que tous les problèmes ont des causes ; si on connaît les causes, on devrait pouvoir les éliminer. Les décisions d'amélioration sont prises après une identification sans ambiguïté des causes ; et la recherche des causes se fait à partir de l'analyse de données mesurables, quantifiables, pertinentes et fiables (Nowalski, 2019). Cette méthode du six sigmas se compose de cinq étapes, ayant chacune des objectifs bien précis :

- 1) Définir : comprendre et définir le problème, le périmètre d'action pour cadrer le sujet ainsi que les indicateurs que l'on veut voir progresser ;
- 2) Mesurer : collecter des données, définir le type de données à collecter et la méthode de collecte ;
- 3) Analyser : comprendre les problèmes, d'où ils viennent et pourquoi ils posent soucis. Identifier les causes à l'origine de la sous-performance ;
- 4) Innover : définir des solutions d'amélioration pour résoudre les problèmes analysés et mettre en place les solutions pertinentes ;
- 5) Contrôler : surveiller (à plus ou moins long terme) les solutions mises en place, contrôler le respect des standards et des nouvelles procédures. Suivre l'évolution des indicateurs.

Cette méthode est notamment utilisée pour mener des projets au sein du groupe Cargill. Le workload reduction est un tout nouveau projet pour le site de Saint Nazaire. Aucune base de données existait à ce sujet.

## 2.2.2 Organisation du projet

En termes d'organisation et de délai, j'ai ainsi pu diviser le projet en cinq parties, correspondant aux étapes de la démarche DMAIC (Figure 6) :

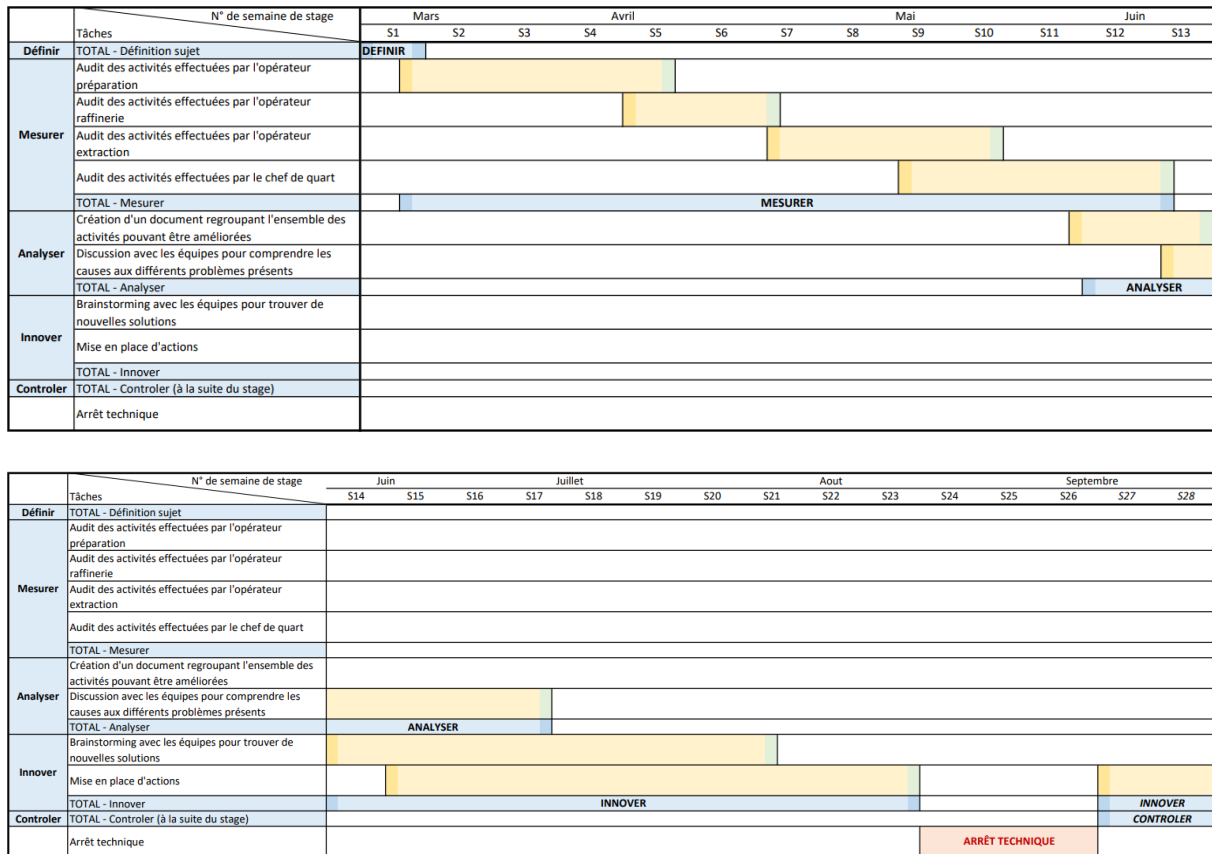


Figure 6 : Diagramme de Gant pour l'avancement du projet selon la démarche DMAIC.

Les étapes « Définir » et « Mesurer » ont eu lieu durant la première moitié de mon stage (S1 à S13 sur la Figure 6). Durant ces étapes, j'ai pu appréhender et comprendre le processus de fabrication des huiles brutes et raffinées ainsi que des pellets à destination de l'alimentation animale. D'autre part, les étapes « Analyser » et « Innover » se chevauchent légèrement car ce sont des étapes complémentaires. Sans comprendre les problèmes existants, l'innovation ne peut pas avoir lieu. Enfin, l'étape « Contrôler » se déroule au terme de mon stage (fin du stage en S26), afin de contrôler les actions mises en place.

Mes trois dernières semaines de stage, de S23 à S26 (Figure 6), sont rythmées par l'arrêt technique de l'usine, me permettant de comprendre le fonctionnement d'un grand nombre d'équipements.

### 2.2.3 Equipes de travail

Mon travail a principalement lieu au sein des ateliers de production où j'ai rencontré les équipes en charge de la production. Elles se composent chacune d'un chef de quart et de minimum trois opérateurs, un par atelier (préparation, raffinerie et extraction). J'ai réalisé un SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) sur les équipes de production afin d'identifier et anticiper les barrières possibles :

*Tableau 1 : SWOT sur les équipes de production concernant mon travail*

	<b>POSITIF</b>	<b>NEGATIF</b>
<b>INTERNE</b>	<b>Forces - Strengths</b>	<b>Faiblesses - Weaknesses</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipes ayant une connaissance de l'usine approfondie</li> <li>- Equipes volontaires et pédagogiques</li> <li>Bonne communication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réticence des opérateurs au changement</li> </ul>
<b>EXTERNE</b>	<b>Opportunités - Opportunities</b>	<b>Menaces - Threats</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution de la charge de travail des opérateurs</li> <li>- Automatisation de tâche possible</li> <li>- Diminution des risques pour la santé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non-compréhension du projet par les opérateurs</li> <li>- Perte de confiance des opérateurs</li> <li>- Mauvais investissement des équipes dans le projet</li> </ul>

Selon le SWOT (Tableau 1), plusieurs menaces peuvent interférer au bon déroulement du projet. Une non-compréhension du projet de la mise en place du projet par les opérateurs est la plus menaçante. En effet, une bonne communication primaire au début du projet doit être effectuée afin d'expliquer les différents objectifs de ce dernier, ainsi que les bénéfices que les opérateurs pourront en tirer.

Mon projet est suivi par mon maître de stage, responsable de production ainsi que par l'ingénieur amélioration continue. Ce dernier m'aide particulièrement dans les méthodes et démarche à adopter. De plus, pour comprendre au mieux chaque étape du processus, et ainsi pouvoir échanger correctement avec les équipes, j'ai passé quelques jours avec les équipes du laboratoire, de la logistique, ainsi qu'avec l'opératrice en charge des utilités.

Ce projet est réalisé également en collaboration avec l'équipe de smart-manufacturing présente sur différents sites en Europe (Espagne, Allemagne, Royaume-Uni). Cette équipe est composée d'un responsable smart manufacturing, de deux experts procédés smart manufacturing et d'une stagiaire en gestion informatique. Des réunions ponctuelles ont lieu avec cette équipe afin de partager les avancées du projet et d'échanger sur les différents sujets et solutions à mettre en place.

## 2.2.4 Les outils du Lean management

Afin d'appliquer et de suivre la méthode DMAIC, plusieurs outils du Lean management ont permis de mener à bien ce projet. Les différents principes du Lean management sont représentés dans la maison Lean ci-après (Figure 7).

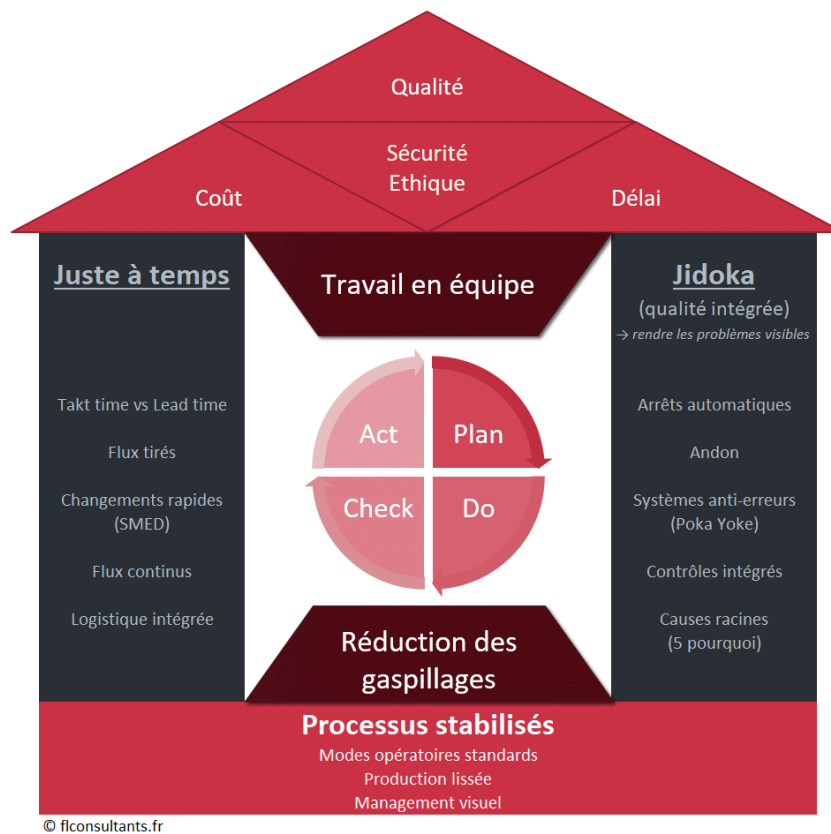


Figure 7 : Maison Lean (Leveugle, 2022a).

Le projet de workload reduction se focalise sur la base de la maison Lean : la stabilité par le management visuel notamment, ainsi que sur la qualité intégrée (Jidoka) en comprenant l'ensemble des erreurs et problèmes que peuvent rencontrer le personnel de production. Ainsi, par le biais de différents outils (gemba walk ou pendulage, QQQCCP, cinq pourquoi, diagramme d'Ishikawa ou 5M, PDCA, diagrammes spaghetti), de la communication et de temps passé avec les équipes, le projet de workload reduction a vu le jour. L'ensemble de ces outils seront présentés ultérieurement.

## 3 Mise en place de la méthode DMAIC - déroulement de l'étude

### 3.1 Définir – Cadre du projet

Le projet de workload reduction est réalisé dans un périmètre bien défini. En effet, il concerne les trois postes opérateurs (préparation, raffinerie et extraction) ainsi que le poste de chef de quart. L'organisation des équipes se fait en quatre cycles différents (C1 à C4 sur Tableau 2, les cases blanches représentant les jours de repos) répartis sur cinq semaines (une semaine par équipe) comme suit :

Tableau 2 : Planning des équipes de production en fonction des semaines.

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
<b>Lundi</b>	Matin			Nuit	C3
<b>Mardi</b>	Matin			Nuit	
<b>Mercredi</b>	Après-midi	Matin			C4
<b>Jeudi</b>	Après-midi	Matin			
<b>Vendredi</b>	Après-midi	Nuit	C3	Matin	
<b>Samedi</b>		Nuit		Après-midi	C4
<b>Dimanche</b>		Nuit	Après-midi	Matin	

Cette organisation, détaillée dans le Tableau 2, permet de rencontrer et d'échanger avec quatre équipes différentes par semaine. Autrement dit, il s'agit de discuter avec 16 personnes différentes par semaine. De cette manière, mon travail avec les équipes est varié et peut être représentatif de l'ensemble des tâches que le personnel de production effectue.

Dans un premier temps, il faut donc appréhender le processus de fabrication, séparé en deux ateliers (la trituration et le raffinage). Le fait de connaître le processus de fabrication est non négligeable pour le bon déroulement du projet afin de « parler le même langage ». En effet, la communication ne se fait pas essentiellement avec les équipes de production. Elle se fait également avec les différents membres de l'usine (ingénieurs, responsable de services, membres des services maintenance, utilités, projet, logistique, qualité), l'équipe de smart-manufacturing, et des fournisseurs extérieurs à l'usine.

Dans un second temps, une fois le processus compris et maîtrisé, une discussion avec les équipes peut débiter concernant les problèmes qu'ils peuvent rencontrer. En effet, les managers sont conscients qu'il existe de nombreuses tâches à non-valeur ajoutée, effectuées par le personnel de production, mais aucune d'entre elles ne sont quantifiées ou répertoriées. L'objectif est donc de répertorier l'ensemble des activités à non-valeur ajoutée et de les

quantifier (durée, fréquence, pénibilité, risque pour la santé). L'ensemble de ces informations forment ainsi une nouvelle base de données. Ainsi, le personnel de production pourra tirer des bénéfices de ce projet comme des améliorations des postes de travail, une diminution de la durée ou de la fréquence de certaines tâches pénibles, ou encore une diminution du risque qu'une activité peut engendrer pour la santé.

## 3.2 Mesurer - Récolte des informations

Cette étape a duré au total douze semaines. Trois semaines par poste de travail (opérateur préparation, opérateur raffinerie, opérateur extraction et chef de quart) ont été nécessaires pour balayer l'ensemble des opérations effectuées.

### 3.2.1 Données à collecter

Cette partie du smart-manufacturing a déjà débuté à Amsterdam. De ce fait, un modèle créé par les équipes d'Amsterdam pour la récolte des informations, m'a permis de débiter ma mission en m'indiquant quelles données sont pertinentes à relever. Les informations à relever sont les suivantes (nous prendrons l'exemple d'un prélèvement de terres filtrantes sur les filtres de décoloration et de décirage pour illustrer les différentes **informations à relever**) :

- Le **secteur** dans lequel l'activité est effectuée : préparation, extraction, raffinage, utilités ou dans tous les secteurs (**raffinage**) ;
- L'**étape du processus** de fabrication (**analyse**) ;
- Le **nom** de l'activité. Il doit être court et précis (**analyse terres filtrantes**) ;
- Le **détail** de l'activité. Il doit préciser l'action qui est réalisée (**prélèvement des terres filtrantes sur filtres décoloration (803, 808, 807) et décirage (805, 806, 819, 820)**) ;
- La **fréquence**. Les différentes fréquences sont regroupées dans un tableau permettant de faire la conversion entre la fréquence notée et le nombre de fois que l'action est réalisée par semaine (Time / week). Ce nombre correspond ainsi à un « frequency score » (score de fréquence). (**1 fois / semaine → 1 → 6**). Le tableau de conversion se présente comme suit :

Tableau 3 : Table des fréquences permettant la conversion en "Time/week" et "Frequence score".

Frequency of activity		For table	Time/week	Freq score
Everyday	All shifts x 6	6 times/shift	126	22,5
Everyday	All shifts x 6	Everytime	126	22,5
Everyday	All shifts x 5	5 times/shift	105	20
Everyday	All shifts x 4	4 times/shift	84	17,5
Everyday	All shifts x 3	3 times/shift	63	15
Everyday	All shifts x 2	2 times/shift	42	12,5
Everyday	5 times a day	5 times/day	35	11
Everyday	4 times a day	4 times/day	28	10,5
Everyday	All shifts x1	1 time/shift	21	10
Everyday	10 h per day	2 times/day	14	9,5
Every week	12 times (2x6) per week	12 times/week	12	9
2 shifts during the week	10 times	10 times/week	10	8,7
Everyday	1 time a day	1 time/day	7	8
Every week	30 h	Every 30h	5,6	7,5
Every week	1.5 a day	1.5/day	4,67	7,5
Every week	3 times	3 times/week	3	7
Every week	2 times	2 times/week	2	6,5
Every week	1 day per week	1 time/week	1	6
Every week	Every 7 or 10 days	Every 7 or 10 days	1	6
Every 2 weeks	Biweekly	1 time/2 weeks	0,5	5
Every month	Once a month	1 time/month	0,25	4
Every 6 weeks	6 weeks	Every 6 weeks	0,17	3,5
Every 2 months	1 in 2 month	1 time/2 months	0,13	3
every 3 months	1 in 3 months	1 time/3 months	0,08	2
Every 6 months	1 in 6 months	1 time/6 months	0,04	1
Once a year	Once a year	1 time/year	0,02	0,5

- La **durée** en minute, convertie en heure (35 minutes → 0.58 heures) ;
- L'existence d'un mode opératoire - **SOP** (Standard operating procedure) ou non (**non**) ;
- Le **type d'activité** : activité régulière, corrective ou action de première maintenance (**activité régulière**) ;
- Les **scores de pénibilité** de chaque opérateur allant de 1 à 10, 1 pour activité à faible pénibilité et 10 pour activité à forte pénibilité (**Moyenne sur 13 notes : 4,15. Ecart-type : 2,48**) ;
- Les **commentaires additionnels** décrivant l'activité réalisée, les moyens nécessaires à la réalisation (**Utilisation d'une louche à manche court. Lors de l'ouverture des filtres de décoloration, des terres peuvent se disperser dans l'air. L'intérieur des filtres est à température élevée**) ;
- Le **risque pour la santé** amenant à un indice de risque (**risque de brulure et respiration de terre filtrante → 2**) ;
- Les **propositions d'améliorations** données par le personnel de production lors de la récolte des informations (**aucune proposition d'amélioration**).

Le tableau (simplifié) se présente ainsi (Tableau 4) :



Tableau 4 : Modèle simplifié des informations collectées lors de l'étape de récolte d'informations.

Interview on high level activities																					
Legend																					
Comments on equipments						10 - très pénible						Burden score									
Improvement proposal						1 - pas pénible du tout						Quart X									
IMPORTANT - ask								Frequency		Duration		3,67		4,661616		3,738095		3,846154		3,52027	
Source	Date added	ID	Business	Etape du process	Activité	Activité en détail	How often?	How long? (minutes)	SOP ?	Type of activity	Ecart-type	Average Ops burden score	Opé 1	Opé 2	Opé 3	Opé 4					
AL	12-avr	0	Crush	Dans l'ensemble des étapes	Gestion processus	Activités salle de contrôle	Everytime	390	No	Regular activity	1,13	1,87	2	1	1	1					
AL	12-avr	1	Crush	Dans l'ensemble des étapes	Idex	Participation à l'index quotidien	1 time/day	15	No	Regular activity	2,61	2,43	1	1	1	1					
AL	12-avr	2	Crush	Dans l'ensemble des étapes	Ronde physique dans l'atelier	Ronde physique dans tout le bâtiment + prise des échantillons	4 times/shift	15	No	Regular activity	0,53	1,50	1	2	1	1,5					
AL	12-avr	3	Crush	Dans l'ensemble des étapes	Rapport de quart	Détailler au prochain quart tout ce qu'il s'est passé	1 time/shift	10	No	Regular activity	1,42	2,03	1	2	1	1					
AL	12-avr	101	Crush	Stockage des graines	Prise de température dans les silos	Relevé des températures des silos	1 time/shift	4	Yes	Regular activity	2,32	4,10	1	3	3	3					
AL	12-avr	102	Crush	Stockage des graines	Déplacement benne	Changement de la benne métallique située sous le 205	2 times/day	3	No	Regular activity	2,42	5,70	4	4	7	4,5					
AL	12-avr	103	Crush	Stockage des graines	Réglage ouverture trappes	Réglage manuel de l'ouverture des trappes sous les silos au niveau du 584	2 times/week	10	No	Regular activity	2,47	3,13	2	3	1	1					

## 3.2.2 Recueil d'informations

### 3.2.2.1 Pendulage et gemba walk pour la détermination des tâches et de leur durée

Le pendulage et le gemba walk sont particulièrement utilisés pour la récolte des données quantitative (durée, fréquence) et qualitative (commentaires rendant compte des irritants). Tout d'abord, le pendulage consiste à mesurer toutes les actions de l'opérateur. Selon un article de Frédéric Leveugle sur le chronométrage et pendulage (2022b), « le pendulage permet de conserver une trace chiffrée des événements prévus et non prévus (activités régulières, correctives, non fréquentielles...) ». Cette méthode présente cependant des inconvénients si elle est mal introduite ou réalisée auprès des opérateurs. La personne observée peut rejeter l'idée d'être suivi si le but de cette pratique n'est pas clairement défini. Ensuite, afin de relever des données représentatives des actions observées, le pendulage nécessite de nombreuses prises de temps. Concernant les opérations réalisées peu fréquemment, il peut donc être difficile d'obtenir un temps représentatif de tout le personnel de production. Cependant, les données sont collectées par un seul observateur, diminuant ainsi la variabilité au niveau des observations.

La communication est un élément essentiel dans ma démarche de travail. En effet, afin de pouvoir améliorer les conditions de travail des opérateurs, il me faut d'abord faire un état des lieux pour comprendre au mieux les besoins de chacun. Le pendulage est réalisé en suivant les différents postes d'opérateurs et le poste de chef de quart. Cette méthode est réalisée à l'aide d'un chronomètre (montre) afin de déterminer la durée d'une activité arrondie à la minute.

Toutes les actions n'ont pas pu être relevés via la méthode du pendulage. En effet, certaines activités peu fréquentes m'ont été directement décrites à l'oral et expliquées sur le terrain. De plus, la lecture de nombreuses procédures m'a permis d'en tirer de nouvelles actions que le personnel de production réalise. Enfin, le gemba walk m'a également permis de déterminer l'ensemble des tâches qu'effectue le personnel de production. Selon Christian Hohmann dans son livre sur le lean management (2012), le gemba walk est utile pour apprécier le travail fait et celui qui reste à faire en matière d'amélioration, ainsi qu'identifier les lieux et opérations créatrices de gaspillages.

### 3.2.2.2 Détermination des fréquences de chaque tâche, exemple sur refus 502

Concernant les fréquences des différentes activités, elles sont soit prédéfinies (exemple : quatre rondes / quart pour les rondes de surveillance, un prélèvement par semaine pour le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes) ou déterminées via une interface de collecte de données nommée PI<sup>7</sup>, qui se présente comme ceci (Figure 8) :

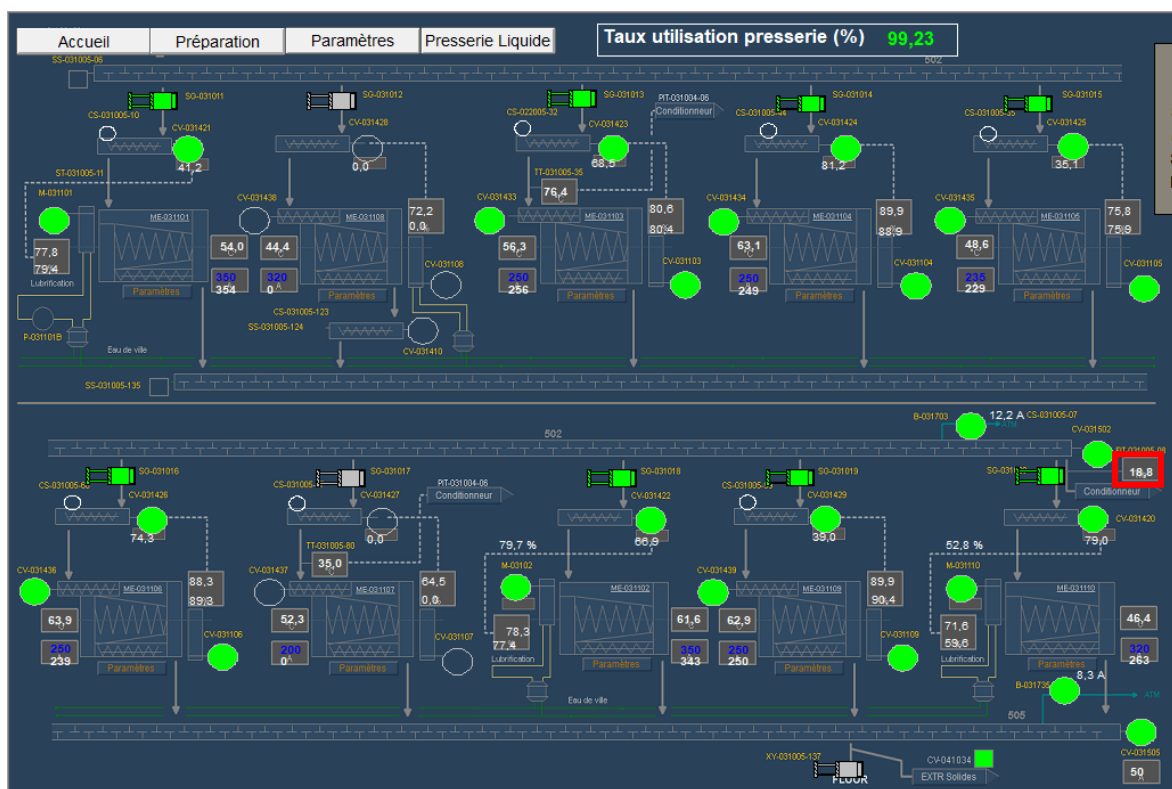


Figure 8 : Interface PI pour le circuit presserie.

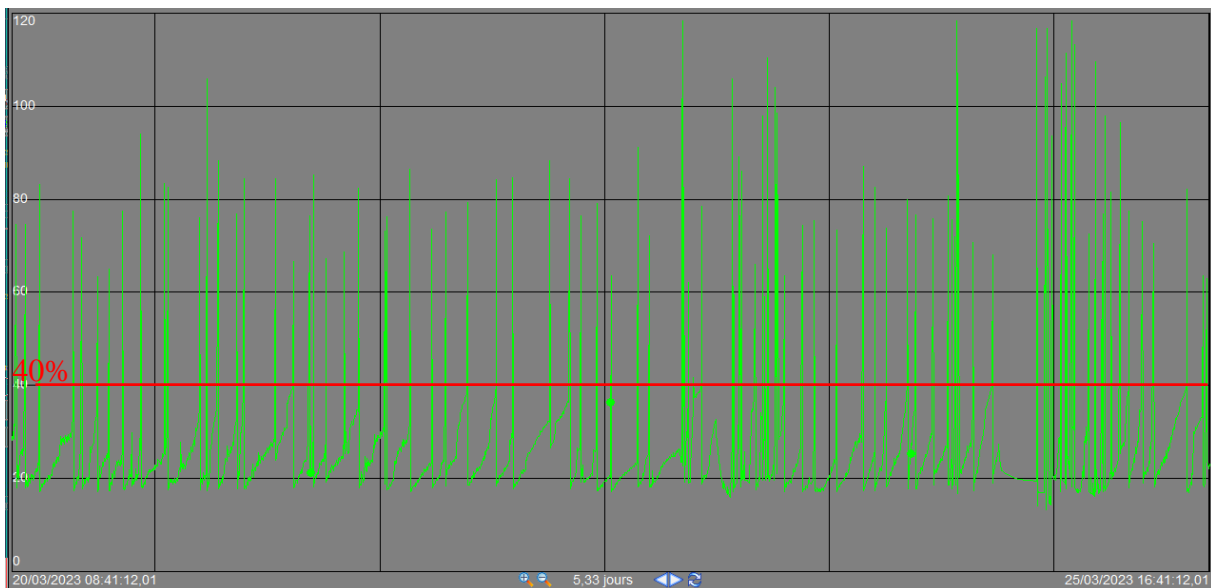
Légende : XX refus 502 (pourcentage de refus de graines que les presses ne peuvent emmagasiner, déterminé par une palette peseuse).

<sup>7</sup> PI system (Process Intelligence System) : Logiciel de récolte et de stockage de données en temps réel permettant de retracer historiquement des valeurs.

En cliquant sur une valeur (intensité, température, pourcentage de refus, pourcentage d'ouverture...), nous pouvons suivre la tendance qu'elle prend au cours du temps. Par exemple, lors de mes premières observations, une alarme (sonore et visuelle) concernant le refus 502 se déclenchait fréquemment avec un temps d'espacement plus ou moins long entre chaque répétition (allant de quelques minutes à plusieurs heures). Cette alarme se déclenche lorsqu'une valeur supérieure à 40% est détectée. Cela peut intervenir dans plusieurs cas :

- Lorsque le volume de graines à l'entrée des presses est bien supérieur à ce qu'elles peuvent emmagasiner. Le surplus de graines retourne donc dans le circuit via une palette peseuse déterminant le pourcentage de refus de graine refus 502 ;
- Lorsque la palette peseuse est encrassée. Lors d'un encrassement, le passage des graines ne se fait plus correctement dans le circuit de recyclage. Cela peut entraîner un bourrage dans le circuit presserie. Il faut alors venir gratter la palette peseuse à l'aide d'une pelle afin de libérer l'encrassement.

La majeure partie des déclenchements d'alarme refus 502 est due à l'encrassement de la palette peseuse. La fréquence de débouillage du refus 502 était élevée mais non déterminable précisément. Cette action d'une durée de deux minutes peut entraîner un arrêt d'usine si elle n'est pas réalisée dans les dix minutes suivant le déclenchement de l'alarme. Ainsi, grâce à PI, nous pouvons suivre l'évolution du pourcentage de refus et ainsi déterminer la fréquence de nettoyage. En traçant la courbe de suivi, nous obtenons le graphique suivant :



*Figure 9 : Evolution du pourcentage de refus 502 (relevé par la palette peseuse) sur la période du 20/03/2023 au 25/03/2023 (5,33 jours).*

En comptant le nombre de fois où le pourcentage passe au-dessus de 40%, j'ai pu ainsi déterminer la fréquence de cette action qui est de six nettoyages par quart environ. Cette méthode de détermination a été utilisée pour la majeure partie des tâches dont la fréquence n'est pas prédéfinie.

### **3.2.2.3 Détermination du type d'activité et si un mode opératoire est présent**

Une fois l'étape de pendulage terminée, nous avons déterminé le type des activités relevées (régulière, corrective, première maintenance PM) et si un mode opératoire existe pour chacun d'entre elles. Les différents types d'activité sont caractérisés comme suit :

- Activité corrective : correction immédiate entreprise pour éliminer une non-conformité ou un défaut détecté. La correction ne résout pas le problème à la racine (AFNOR, 2015). Par exemple, nous pouvons retrouver le grattage de la palette peseuse du refus 502 (expliqué en 3.2.2.2).
- Activité de première maintenance dit « PM » : « intervention simple, nécessaire et réalisée sur des éléments facilement accessibles, pouvant être effectuée par un opérateur non spécialisé » (AFNOR, 2016). Par exemple, nous retrouvons les réparations de fuite simple à l'aide de silicone, ou l'ajout d'huile aux groupes hydrauliques permettant l'ouverture des couvercles des filtres de décoloration.
- Activité régulière : activité de routine autre que les activités correctives ou « PM », participant au bon fonctionnement de l'entreprise. Par exemple, nous retrouvons les analyses d'huile, la participation à la réunion quotidienne ...

Enfin, selon les activités réalisées par le personnel de production, j'ai pu ajouter si un mode opératoire existe ou non. De cette manière, je peux déterminer si des activités qui n'en possède pas, nécessite d'en avoir. En effet, cela permet la standardisation de façon écrite de certaines méthodes de travail.

### **3.2.2.4 Détermination des risques pour la santé**

Chaque activité relevée est plus ou moins dangereuse à réaliser. En effet, le personnel de production est exposé à différents risques selon les activités réalisés. Parmi ces risques nous pouvons retrouver le risque de brûlure, de projection, d'inhalation de terres filtrantes, d'exposition aux poussières et aux produits chimiques, de bruit, de chute, de choc à la tête, de coupure, etc. L'ensemble de ces risques sont répertoriés dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP). Une évaluation des risques pour la santé et la sécurité auxquels peuvent être exposés les salariés est présent dans chaque entreprise dès l'embauche

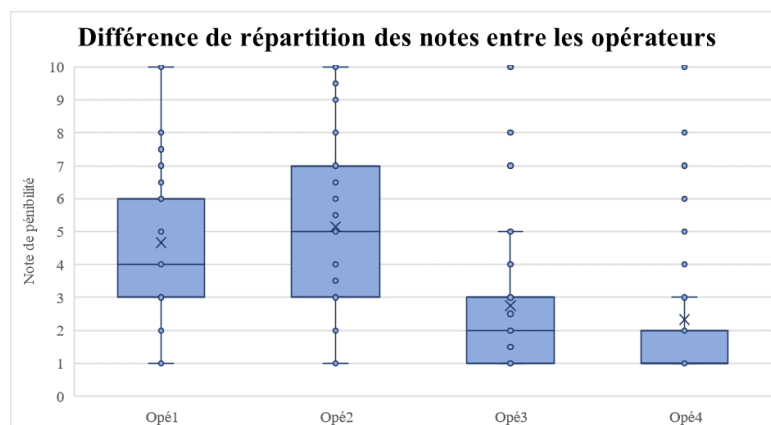
du premier salarié et inscrit dans le DUERP (République française, 2022). Ainsi, pour chaque activité, j'ai pu déterminer un indice de risque. Cet indice de risque est lié au nombre de risque différent lié à une activité. Nous pouvons retrouver quelques exemples dans le Tableau 5 ci-dessous :

*Tableau 5 : Exemple de risque pour la santé et indice de risque pour cinq activités différentes.*

Activité	Risque pour la santé lié à l'activité	Indice de risque
Déplacement pour aller vérifier où la vis balayeuse est rendue dans les silos de graines lors du balayage	Exposition à la poussière	1
Grattage de la palette lors de refus 502	Effort physique	1
Prélèvement des terres filtrantes sur filtres décoloration et décirage pour le bilan de terres.	Risque de brûlure et d'inhalation de terres	2
Contrôle machine tournante	Proximité machines tournantes	1

### 3.2.2.5 Score de pénibilité

Concernant la pénibilité des activités relevées, j'ai questionné, un à un et de manière directe, l'ensemble des opérateurs et des chefs de quarts afin de recueillir leur ressenti sur chaque action qu'ils sont habilités à réaliser. L'échelle de notation est étendue de 1 à 10, 1 pour activité à faible pénibilité et 10 pour activité à forte pénibilité. La notation dépend de l'appréciation personnelle des opérateurs et chef de quart. De ce fait, nous remarquons une différence dans la manière de noter de chacun (Figure 10) :



*Figure 10 : Diagramme en boîte à moustache montrant la différence de répartition des notes de pénibilité d'un opérateur à l'autre, pour le poste d'opérateur raffinerie.*

Selon la Figure 10, la différence de répartition est telle d'un opérateur à l'autre qu'il faut appliquer une correction des facteurs de positionnement et d'échelle. Nous expliquerons la démarche adoptée dans la partie « 3.2.3 Traitement des notes de pénibilité ».

### 3.2.2.6 Totalisation des activités réalisées pour le personnel de production

Au total et tous postes confondus, 204 activités ont été relevées réparties de la manière suivante (Tableau 6) : les postes et le type d'activité qu'elles représentent (régulière, corrective, PM).

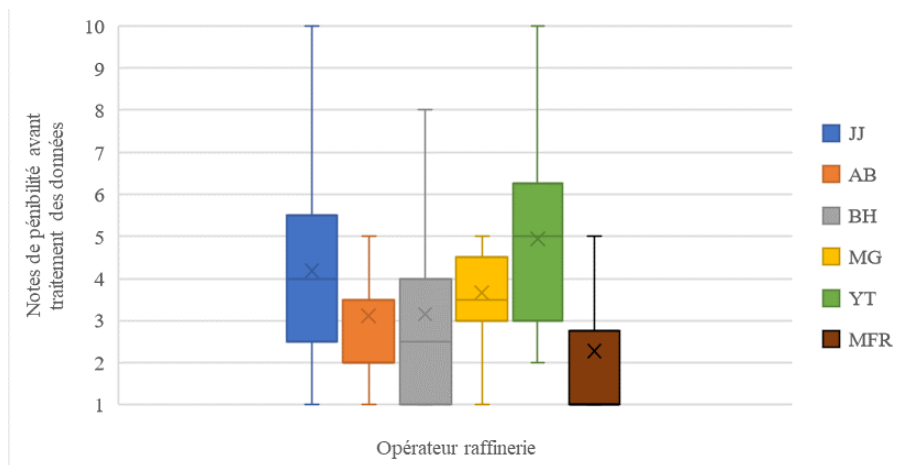
*Tableau 6 : Répartition des différents types d'activités selon les postes occupés par le personnel de production.*

Nombre d'activité	Activité corrective	Activité régulière	PM	Total
<b>Opérateur préparation</b>	28	38	1	67
<b>Opérateur raffinerie</b>	10	33	2	45
<b>Opérateur extraction</b>	6	32	3	41
<b>Chef de quart</b>	11	39	1	51
<b>Total</b>	55	142	7	204

L'opérateur préparation effectue plus d'opérations manuelles que ces collègues. En effet, les opérateurs raffinerie et extraction pilotent des ateliers plus automatisés. Concernant le poste de chef de quart qui joue un rôle de chef d'équipe, il s'agit d'activités de gestion avec des tâches liés aux ressources humaines par exemple. Le week-end, le chef de quart devient le responsable de l'usine et effectue certaines tâches liées à la logistique et aux utilités.

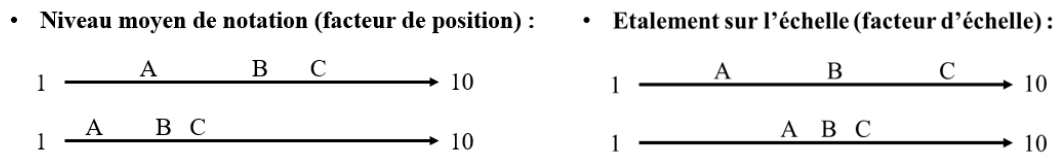
### 3.2.3 Traitement des notes de pénibilité

Comme vu sur la Figure 11, la différence de répartition des notes d'un opérateur à l'autre dépend de son utilisation de l'échelle. En effet, certains opérateurs vont majoritairement donner des scores de pénibilités allant de 1 à 5 (opérateurs dont les initiales sont AB, MG, MFR Figure 11), tandis que d'autres vont utiliser la totalité de l'échelle, c'est-à-dire qu'ils vont noter la pénibilité de chaque activité de 1 à 10 (opérateur dont les initiales sont JJ Figure 11).



*Figure 11 : Répartition des notes de pénibilités des sept opérateurs raffinerie avant correction.*

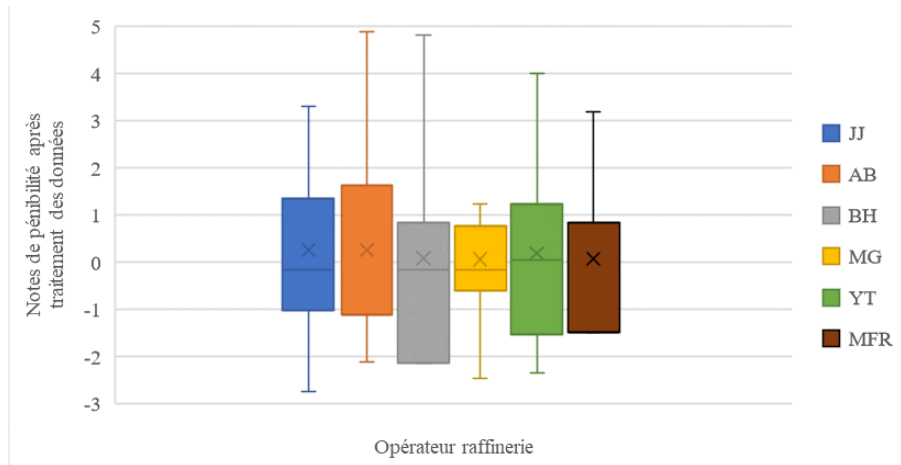
Cette utilisation de l'échelle de notation est donc définie par le niveau moyen de notation, ainsi que par l'étalement sur l'échelle (Figure 12)



*Figure 12 : Différence d'utilisation de l'échelle de notation selon les facteurs de positionnement et d'échelle.*

**Légende :** A, B et C correspondent à des exemples d'activités pour illustrer les deux facteurs.

La différence d'utilisation de l'échelle est telle d'un opérateur à l'autre qu'il faut appliquer une correction des facteurs de position et d'échelle afin d'harmoniser les notes. Pour cela, nous corrigeons en premier lieu le facteur de position en réalisant un centrage de chacun des tableaux « juge », puis nous appliquons un facteur d'échelle, unique à chaque juge, aux notes de pénibilité. Ce traitement de données est appliqué séparément aux différents ateliers (préparation, raffinerie, extraction et chef de quart). Ci-dessous (Figure 13), nous pouvons voir la différence de répartition des notes de pénibilités des sept opérateurs raffinerie après le traitement des données :

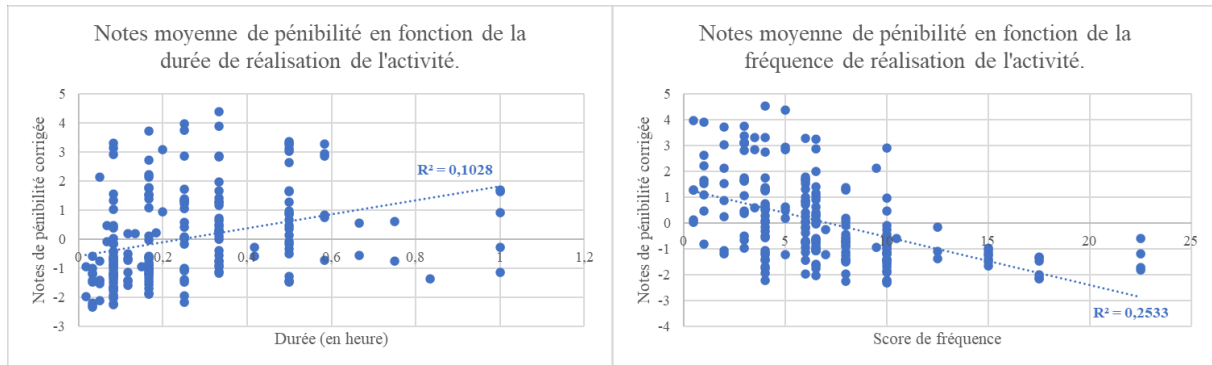


*Figure 13 : Répartition des notes de pénibilité des sept opérateurs raffinerie après l'application des facteurs d'échelle et de positionnement.*

Les notes corrigées (après le traitement des données), peuvent être positives ou négatives. Les notes positives correspondent aux activités les plus pénibles, tandis que celles négatives correspondent aux activités les moins pénibles.

### 3.2.4 Analyse des données

Une fois les données traitées, nous pouvons regarder s'il existe une relation entre la pénibilité d'une activité et sa fréquence et / ou sa durée. Les scores de fréquence ont été utilisés pour la Figure 14. Ils ont été déterminés à partir du Tableau 3.



*Figure 14 : Relation entre les notes de pénibilité de chaque activité et la durée (à droite) et la fréquence (à gauche) de réalisation.*

Nous remarquons que les coefficients de corrélation  $R^2$  pour nos deux graphiques (Figure 14), sont proches de zéro.  $R^2$  correspond à une valeur numérique qui caractérise le lien entre deux variables aléatoires. Si  $R^2$  est proche de zéro, alors le lien n'est pas significatif, tandis que si  $R^2$  est proche de 1, alors le lien entre les deux variables peut être significatif. Nous pouvons donc conclure qu'il n'y a pas de relation entre la durée et la pénibilité, ou entre la fréquence et la pénibilité d'une activité.



### 3.3 Analyser – Déterminer les causes

L'étape d'analyse sert à répondre aux questions « Quand ? », « Où ? », « Pourquoi ? » et « Comment les défauts se sont produits ? ». Avant de pouvoir proposer des solutions aux problèmes que le personnel de production peut rencontrer, il faut comprendre les problèmes, les écarts que la situation présente et les objectifs.

Pour cela, plusieurs outils sont utilisés dont le diagramme d'Ishikawa, les cinq pourquoi ou encore la méthode QQQCCP. Ces méthodes sont présentées ci-dessous avec, pour chacune d'entre-elle, un exemple illustrant la démarche.

#### 3.3.1 Diagramme d'Ishikawa appliqué au balayage des silos de graines à partir de la vis balayeuse.

Le diagramme d'Ishikawa fait partie des premiers diagrammes causes-effet et a été développés par le professeur Kaoru Ishikawa en 1943. Le diagramme d'Ishikawa étudie cinq axes, les 5M pour déterminer les causes qui induisent l'effet étudié :

- La **Matière** : les produits finis, semi-finis, matières premières, consommables, etc.
- Le **Matériel** : les machines, outils, moyens de manutention, moyens informatiques, moyens de mesure, etc.
- Les **Méthodes** : les modes opératoires, instructions, manières de travailler, etc.
- La **Main d'œuvre** : la qualification, les fonctions, le savoir-faire, les habilitations, la responsabilisation des personnes, etc.
- Le **Milieu** : l'environnement, le contexte, etc.

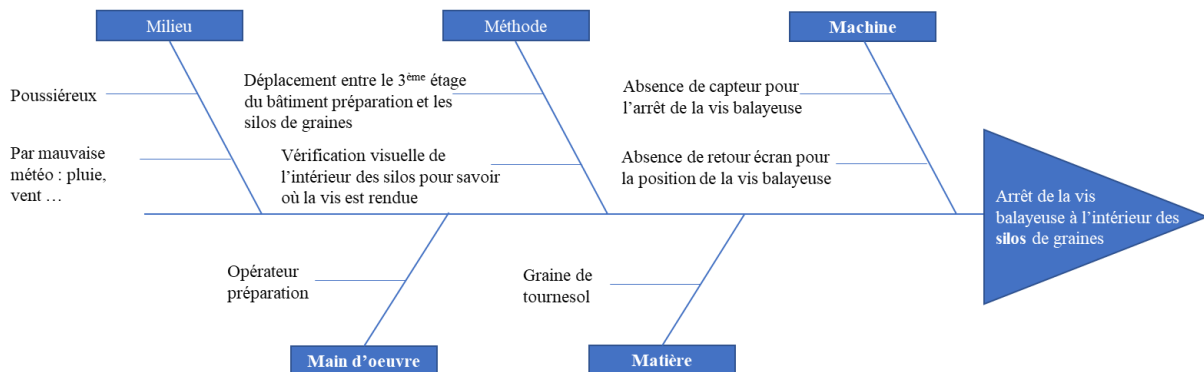
Le diagramme d'Ishikawa a été utilisée pour une activité réalisée à l'atelier préparation : déplacement pour aller vérifier où la vis balayeuse est rendue dans les silos de graines lors du balayage. Cette activité est réalisée une fois par semaine et possède une moyenne de pénibilité après traitement des données de 1,24 avec un écart-type de 2,78. Comme vu précédemment, si la moyenne des notes de pénibilité est supérieure à 0, alors cela veut dire que l'activité est plus pénible que la moyenne des autres activités.

Le balayage des silos de graines est une activité qui se déroule quand ce dernier est presque vide. Une vis balayeuse, placé dans le fond du silo de graine, va venir balayer les derniers tas de graines afin de vider totalement le silo (Figure 15).



*Figure 15 : Exemple de vis balayeuse présente à l'intérieur des silos de graine (morillon Systems, 2023).*

Une fois que la vis a terminé le balayage du silo, l'opérateur doit l'arrêter à côté de la porte du silo, afin que des interventions de maintenance puissent être faites sur cette dernière. Pour arrêter la vis au bon endroit dans le silo, l'opérateur doit se déplacer entre le troisième étage du bâtiment préparation et le stockage des graines (Figure 2), afin de faire une vérification visuelle de l'emplacement de la vis. Ci-dessous, un diagramme d'Ishikawa (Figure 16) regroupant l'ensemble des éléments en relation avec cette activité :

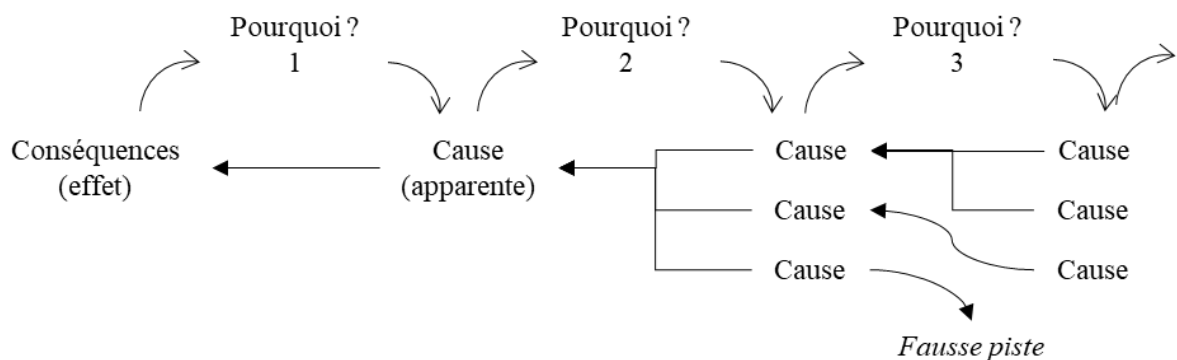


*Figure 16 : Diagramme d'Ishikawa concernant l'environnement de travail lors de l'arrêt de la vis de balayage à l'intérieur des silos de graines, pouvant être la cause d'une forte pénibilité de l'action.*

Nous remarquons que les causes « méthode » et « machine » se complètent, nous donnant ainsi des pistes d'améliorations sur lesquelles travailler. Ces dernières seront présentées plus tard.

### 3.3.2 La méthode des cinq pourquoi appliquée au « test machine tournante »

La méthode des cinq pourquoi est une méthode d'investigation et de raisonnement critique. Elle consiste à poser cinq fois la question « Pourquoi ? », afin de remonter de la conséquence à la cause racine d'un problème. Il s'agit d'explorer l'ensemble des causes-conséquences pour identifier celle dont le traitement « doit tuer le problème à la racine » et empêcher sa réapparition (Figure 17). En pratique, on pose la question « Pourquoi ? » environ trois fois pour trouver la cause racine d'un problème (Hohmann, 2012).

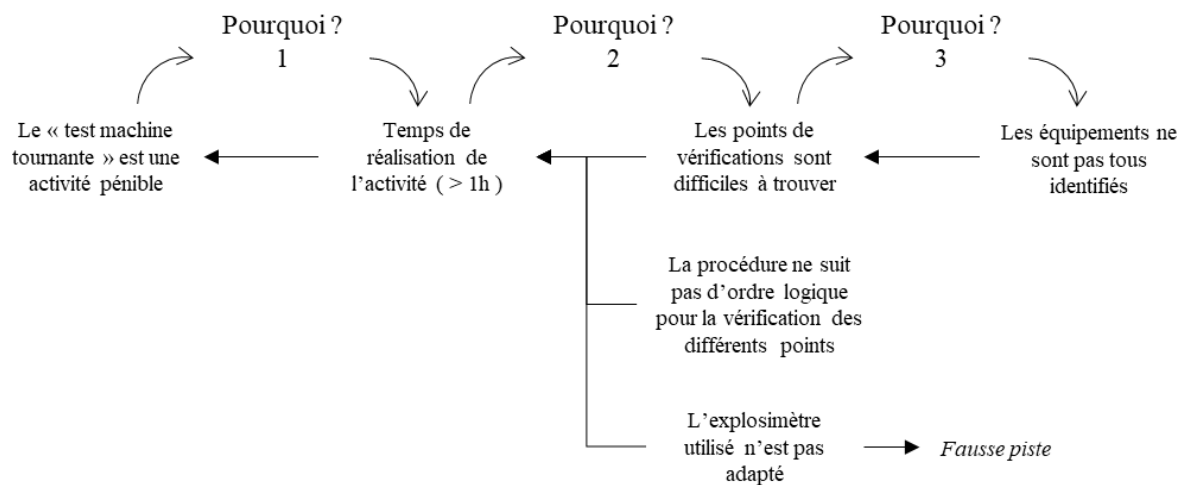


*Figure 17 : Méthode des cinq pourquoi (d'après Hohmann, 2012).*

La méthode des cinq pourquoi a été appliquée à une activité réalisée à l'extraction : tester les machines tournantes. Ce contrôle s'effectue une fois par semaine dans l'atelier extraction, afin de vérifier l'étanchéité du circuit au niveau des pertes d'hexane. Durant le test, 69 points sont répertoriés dans une procédure organisée selon la localisation des équipements. Les différents points sont vérifiés visuellement et 63 d'entre eux sont testés à l'aide d'un explosimètre. Un explosimètre est un détecteur de gaz qui mesure la présence de gaz explosifs ou inflammables en fonction de leur LIE (Limite Inférieure d'Explosivité) (SafetyGas, 2023).

Cette activité a été jugée pénible par les opérateurs. En effet, la moyenne de pénibilité de cette activité après le traitement des données est de 1,77 avec un écart-type de 1,90. Comme vu précédemment, cela veut dire que l'activité est plus pénible que la moyenne des autres activités.

Je me suis donc intéressée aux causes de cette pénibilité afin de pouvoir la diminuer par la suite. Ainsi, nous retrouvons la démarche employée ci-après (Figure 18) :



*Figure 18 : Arbre des causes concernant l'activité "contrôle machine tournante" à l'extraction, selon la méthode des cinq pourquoi.*

Selon la Figure 18, nous remarquons deux causes racines à la question « Pourquoi le test machine tournante est une activité pénible ? » :

- **Les équipements ne sont pas tous identifiés.** En effet, certains points de vérifications ne sont pas identifiés et donc difficiles à trouver pour les opérateurs qui n'ont pas l'habitude de réaliser ce test. Le test est effectué une fois par semaine, par l'équipe réalisant le cycle C2 (Tableau 2) et n'est pas toujours réalisé par la même personne au vu du roulement qui a lieu dans une même équipe. Plusieurs opérateurs sont habilités à conduire plusieurs ateliers différents.
- **La procédure ne suit pas d'ordre logique.** Si l'opérateur en charge de réaliser le test suit point par point la procédure, il reviendra sur ses pas à plusieurs moments pendant la durée du test.

Cette analyse nous a permis de mettre en avant deux pistes d'amélioration sur cette activité. Il s'agirait d'éliminer la possibilité de se tromper d'équipements ou de ne pas les trouver, et gagner du temps dans l'ordre de contrôle de chaque équipement.

### 3.3.3 Méthode QQQCCP appliquée au prélèvement des terres filtrantes

Le QQQCCP est une méthode simple qui permet de rassembler et structurer des données et des faits. La mise en ordre des éléments par la méthode du QQQCCP est un premier pas vers la résolution de problèmes, en structurant les éléments qui caractérisent la situation et aident à la comprendre (Hohmann, 2012). La question du « Combien ? » vient en complément des autres questions.

Si nous reprenons l'exemple du prélèvement des terres filtrantes et décolorantes, nous pouvons ainsi répondre aux différentes questions de la manière suivante :

- De **quoi** s'agit-il ? Il s'agit du prélèvement des terres filtrantes et décolorantes, réalisé sur chaque filtre de décoloration et de décirage. Il existe trois filtres de décoloration verticaux, ainsi que quatre filtres de décirage (deux verticaux semblables aux filtres de décoloration, et deux horizontaux). Chaque filtre, séparés selon deux types, horizontaux et verticaux (Figure 19), présente des plaques sur lesquelles se dépose le gâteau<sup>8</sup>. Ce dernier correspond aux terres filtrantes ou décolorantes qui sont prélevées.



*Figure 19 : Filtre horizontal (à gauche) servant pour l'étape de décirage de l'huile brute ; et filtre vertical (à droite) pour les étapes de décirage et de décoloration de l'huile (Sharp Engineering Works, 2021).*

- **Qui** est concerné par cette action ? Les opérateurs s'occupant de l'atelier raffinerie sont chargés du prélèvement des terres filtrantes et décolorantes.

---

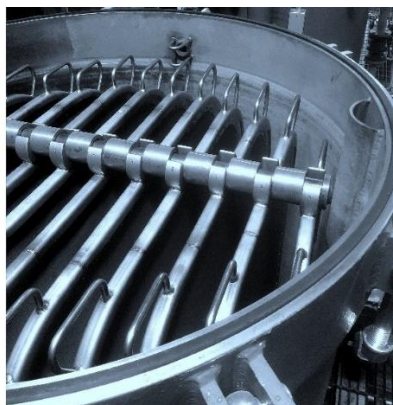
<sup>8</sup> Couche de terres filtrantes ou de terres décolorantes, qui se dépose sur les plaques des filtres lors de la filtration. Le gâteau est une matière qui peut être prélevée à l'aide d'un outil, et qui est ensuite analysée par le laboratoire interne à l'entreprise.

- **Où** cela se produit-il ? Cette action a lieu au troisième étage du bâtiment raffinage (Figure 2), au niveau des différents filtres de décoloration et de décirage.
- **Quand** cela apparaît-il ? Le prélèvement des terres est réalisé une fois par semaine sur chaque filtre. Il peut arriver que cette opération soit plus fréquente (jusqu'à une fois par jour).
- **Comment** procède-t-on ? Le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes est réalisé à l'aide d'une louche de prélèvement de 30 centimètres de longueur (Figure 20), lors de l'ouverture des filtres de décolorations et de décirage.



*Figure 20 : Louche servant pour le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes.*

Lors du prélèvement, l'opérateur doit passer son bras par-dessus les côtés du filtre afin de se rapprocher au plus près des plaques du filtre. La louche vient alors se loger entre les plaques du filtre (Figure 21), où l'opérateur prélève les terres. Un risque de brûlure est présent lors du prélèvement. En effet, lors de l'ouverture du couvercle du filtre pour réaliser le prélèvement, une quantité de vapeur importante s'en dégage car une étape de soufflage vapeur à lieu avant l'ouverture. De plus, dans les filtres de décoloration, la température de filtration de l'huile se fait à 100°C. De ce fait, les filtres dégagent de la chaleur à cause de la température qui s'y trouve à l'intérieur (entre 60 °C et 100°C selon les filtres).



*Figure 21 : Filtre verticaux de décoloration ou de décirage vu du dessus. Des plaques sont disposées à l'intérieur du filtre, permettant la filtration de l'huile en retenant le « gâteau » (Envirogen Groupe, 2023).*

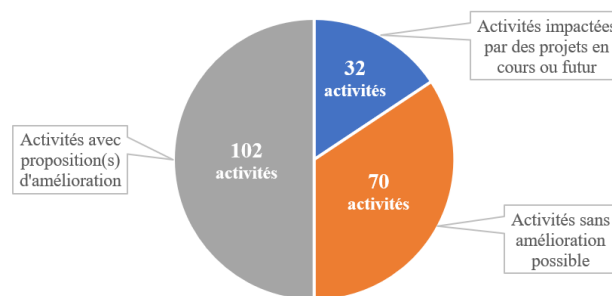
Cette analyse nous a permis de mettre en avant une piste d'amélioration sur cette activité. Il s'agirait de changer le mode de prélèvement des terres afin de diminuer le risque de brûlure.

## 3.4 Innover

### 3.4.1 Recherche de solutions d'améliorations

Lors de l'étape de pendulage, les opérateurs et chefs de quart ont proposé plusieurs idées d'améliorations aux différentes activités réalisées. Ces propositions d'améliorations sont plus ou moins réalisables dans l'entreprise au vu des projets de développement à venir en 2025. Pour rappel, les activités réalisées sont au nombre de 204, tous postes confondus. Les causes majoritaires de pénibilité ou de gaspillage de temps ayant été déterminées en phase « Analyser », j'ai pu regrouper entre elles les activités dont les causes sont communes, afin de déterminer des améliorations communes à mettre en place. Il faut donc balayer l'ensemble des activités afin de savoir quelles innovations pourraient être envisagées.

Pour cela, un « brainstorming » a été réalisé avec les équipes techniques. Le brainstorming est une « technique de recherche d'idées originales dans une réunion, chacun émettant ses suggestions spontanément » (Le Robert, 2023). De ces brainstormings, nous avons pu diviser les activités relevées en partie « Mesurer » en trois :



*Figure 22 : Répartition des activités selon la présence ou non de proposition(s) d'amélioration.*

Selon la Figure 22, nous remarquons que la moitié des activités, tous postes confondus, ne peuvent pas être améliorées (NVAE) ou ont des projets en cours de résolutions. Concernant l'autre moitié, elles possèdent soit des propositions d'amélioration ou soit des groupes de travail sont en cours pour trouver des idées d'améliorations. Plusieurs idées d'améliorations peuvent exister pour une seule activité, comme une idée d'amélioration peut exister pour plusieurs activités. De ce fait, 18 groupes de travail sur 18 problématiques différentes sont toujours en cours pour trouver des solutions d'améliorations concernant 27 activités. D'autre part, 61 idées d'améliorations ont été trouvées, concernant 99 activités différentes. L'ensemble des propositions d'amélioration et des groupes de travail cités précédemment ont été regroupé dans un tableau (Tableau 7).



Tableau 7 : Extrait des actions d'amélioration relevées pouvant être mise en place.

ID Action	NB / action	Action	Difficulté	Détail amélioration	Commentaire	Avancement	En collaboration avec	Moyenne note modifiée	Rang note	Freq score	Rang Freq	Durée	Rang durée	Risk index RI	Rand RI	Rang moyenne rangs	Invest IAM	Rang avec invest
L002	10	GDT - Rangement du matériel	FAIBLE	Ranger et organiser le matériel de manière à ce que tout le monde le trouve		ON HOLD	Maxime	0,70	27	5,25	48	11	42	0,6	43	48	0	25
L003	2	GDT - Cartographie fusible et 24V	FAIBLE	Faire la cartographie de tous les fusible et 24V		ON HOLD	CDQ / Maintenance	-0,69	60	6,00	32	18	30	0,5	45	56	0	32
L004	2	Formation - CASES	FAIBLE	Faire passer le CASES aux opérateurs qui le demande (Manon, Franck et Fabian)		TO DO	Jérémie / Elise	0,53	32	4,50	55	18	30	0,0	48	53	1	38
L005	1	Formation - Permission consignation sécheur	FAIBLE	Formation des opérateurs afin de leur permettre de faire la consignation du sécheur		TO DO	Jérémie / Mike	-1,78	77	8,00	16	5	59	1,0	19	57	0	34
L006	1	Capteur	FAIBLE	Revoir la position du capteur de la baionnette sur 805 et 806		TO DO	Maintenance	-0,58	52	10,00	4	9	51	2,0	1	16	0	6
L007	2	Analyse acidité et savon	FAIBLE	Mettre du nouveau matériel à disposition pour analyse (afin de ne pas mélanger le matériel utilisé pour l'analyse des savons, et ceux utilisés pour l'analyse de l'acidité)		DOING	Labo	-0,59	56	12,50	3	15	33	1,0	19	19	1	14
L008	3	Ouverture de vannes où des manches rouges sont manquant	FAIBLE	Mettre en place des manches rouges sur les vannes où il en manque : Vannes pour faire l'appoint circuit absorption, vanne prise échantillon 819 (ouverture avec un tournevis), vanne pour by-pass 952		TO DO	Maintenance	0,20	36	3,33	67	22	17	1,0	19	37	1	22
L009	3	Mettre en place une boîte à clé en SDC	FAIBLE	Mettre une boîte en SDC qui regroupe plusieurs clés (bac à huile, local production, magasin BSM)	Attendre le 5S ?	TO DO	Jérémie	1,16	21	5,00	50	12	38	1,3	17	26	1	17
L011	1	Formation - standardiser vider poubelle huile	FAIBLE	Informers les opérateurs sur les BP de vidange du bidon "poubelle huile". Standardiser le lieu.		TO DO	Jérémie	-0,58	54	9,50	13	5	59	0,0	48	61	0	36
L012	1	Marquage prise température extracteur	FAIBLE	Refaire les marquages pour savoir l'emplacement précis où doit être fait la prise de température lors du contrôle bac et rampe de l'extracteur	to evaluate the temperature point to be measured and if possible to install sensor . Miscella. Try to map temperature around pipes looking for blockage.	TO DO	Jérémie	-0,97	65	10,00	4	5	59	0,0	48	63	0	37
L013	1	Test machine tournante	FAIBLE	Reorganiser la feuille machine tournante		DONE	/	1,77	10	6,00	32	60	2	1,0	19	1	0	1
L014	1	Test machine tournante	FAIBLE	Mettre des étiquettes sur les différentes portes DT pour savoir à quel deck on est		DOING	Elise	1,77	10	6,00	32	60	2	1,0	19	1	1	3
L015	1	Accès document - Controle scellé de vanne	FAIBLE	Permettre la modification de la feuille des scellés de vannes, pour que les opérateurs puissent la mettre à jour eux-même		DONE	Maxime	1,09	22	6,00	32	30	12	0,0	48	20	0	10

L'avancement de chaque action est indiqué de manière visuelle selon le système du kanban board. Ce système est visuel et permet de rendre compte de l'avancement des actions :

- TO DO – A faire (blanc) : Action qui n'a pas commencé, qui est à réaliser
- DOING – En cours (bleu clair) : Action en cours
- DONE – Fini (bleu foncé) : Action terminé
- ON HOLD – En attente (orange) : Action en suspens, qui ne peut pas être commencée ou continuée.

TO DO
DOING
DONE
ON HOLD



### 3.4.2 Priorisation des actions à mettre en place

Selon le Tableau 7, les propositions d'amélioration sont priorisées selon plusieurs paramètres. Ces derniers sont tous une moyenne des différentes activités qu'elles caractérisent : moyenne des notes de pénibilité ajustées, fréquence, durée, risque pour la santé, investissement pour réaliser l'amélioration.

Les scores d'investissement vont de 0 à 3, caractérisés comme suit :

- 0 : Pas d'investissement (pouvant être réalisé en une journée) ;
- 1 : Faible investissement (achat de consommable ou intervention rapide d'une équipe de maintenance ou programmation) ;
- 2 : Moyen investissement (achat de matériel et intervention rapide d'une équipe de maintenance ;
- 3 : Fort investissement (achat de matériel plus onéreux et/ou programmation avec intervention d'une équipe de maintenance ou d'une entreprise extérieure).

Un rang moyen de ces caractéristiques (colonnes de droite Tableau 7), permet de prioriser l'ensemble des actions à mener.

### 3.4.3 Mise en place d'actions

Dans cette partie, différentes actions vont être présentées afin d'illustrer la démarche employée pour les mettre en œuvre. La démarche employée est propre à chaque action. Cependant, les deux démarches présentées ci-dessous ont été utilisées chacune pour la mise en place de plusieurs actions.

#### 3.4.3.1 Amélioration du balayage des silos de graines

Comme vu précédemment dans la partie 3.3.1 du rapport, le balayage des silos de graines par une vis balayeuse est une activité hebdomadaire durant laquelle, l'opérateur préparation doit se déplacer jusqu'aux silos afin de vérifier la position de la vis balayeuse à l'intérieur de ces derniers. L'opérateur effectue parfois plus de 3 fois le déplacement entre la salle de contrôle située au troisième étage du bâtiment préparation et le pied des silos de graines (Figure 2). Des pistes d'améliorations ont été relevées afin de diminuer ces déplacements.

En effet, il a été jugé par 100% des opérateurs de préparation que la mise en place d'un capteur dans les silos permettant la détection du passage de la vis balayeuse, rendrait moins pénible, et diminuerait le temps que cette action prend. Ce genre de capteur est déjà installée

dans les silos de l'usine de Montoir de Bretagne. J'ai pu prendre en exemple leur installation afin de déterminer s'il est possible d'en installer à Saint Nazaire.

Le capteur mis en place à Montoir de Bretagne est un capteur inductif NI500A de la marque IFM (IFM, 2023). Ce capteur (Figure 23) regroupe les caractéristiques suivantes :

- Pour des applications en zones à risque d'explosion ;
- Portée de 22 mm
- Type de montage : non encastrable.



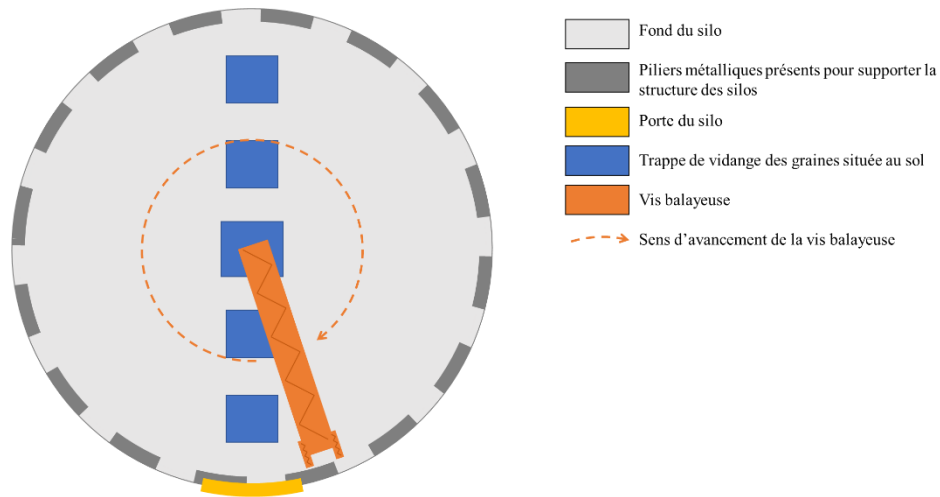
*Figure 23 : Capteur NI500A IFM installé dans les silos de graines de l'usine de Montoir de Bretagne (IFM, 2023).*

Aujourd'hui à Montoir de Bretagne, les capteurs inductifs sont placés au niveau des trappes situées dans le fond des silos (Figure 24).



*Figure 24 : Capteur NI500A installé à l'intérieur des silos de graines de l'usine de Montoir de Bretagne pour l'arrêt de la vis balayeuse.*

Cette mise en place n'est pas adaptée à l'installation que nous avons à Saint Nazaire. En effet, les trappes sont présentes devant la porte du silo. Si nous faisons arrêter la vis balayeuse au niveau des trappes, elle viendra se placer devant la porte alors que nous voulons qu'elle se place sur le côté afin que des interventions de maintenance puissent être effectuées (Figure 25).



*Figure 25 : Schématisation du fond des silos de graines présents à Saint Nazaire.*

De ce fait, nous avons déterminé qu'il faut placer les capteurs inductifs au niveau des piliers métalliques présents pour supporter la structure de silos de graines. Ces piliers ont une épaisseur de 9 cm, ce qui peut convenir pour l'installation du capteur sur le côté des piliers. En effet, comme nous ne pouvons pas l'installer dans le fond des silos au niveau des trappes, il serait judicieux de les installer sur les côtés. Ainsi, le capteur peut détecter les deux petites vis présentes à l'extrémité de la vis balayeuse (Figure 25).

La phase « Innover » pour la mise en place de ces capteurs est toujours en cours. En effet, les contacts avec les fournisseurs ne sont pas encore aboutis et donc l'installation dans les silos n'a pas encore eu lieu. La mise en place de ces capteurs permettra tout de même une diminution des déplacements entre le troisième étage du bâtiment préparation et les silos de stockage des graines (Figure 2).

### **3.4.3.2 Améliorations du « contrôle machine tournante »**

Comme vu précédemment dans la partie 3.3.2 du rapport, le contrôle des machines tournantes est une activité hebdomadaire, réalisée au niveau du bâtiment extraction afin de vérifier l'étanchéité du circuit au niveau des pertes d'hexane. Nous avons vu qu'il existe deux pistes d'améliorations concernant cette activité :

- Eliminer la possibilité de se tromper d'équipements ou de ne pas les trouver,
- Gagner du temps dans l'ordre de contrôle de chaque équipement.

### Éliminer la possibilité de se tromper d'équipements ou de ne pas les trouver.

Afin d'éviter les erreurs ou un temps de recherche trop important, le système poka yoke a été instauré pour ce contrôle machine tournante. Le poka yoke est un mot japonais pour désigner un système anti-erreur (Dies et al., 2017). Ainsi, pour éviter de se tromper d'équipements ou d'avoir le risque de ne pas les trouver, des étiquettes thermorésistantes ont été imprimées et collées sur les équipements qui n'en possédaient pas auparavant.

### Gagner du temps dans l'ordre de contrôle de chaque équipement.

Actuellement, l'opérateur suit une procédure le faisant tester chaque équipement un à un. Cependant, le souci est que l'opérateur revient plusieurs fois sur ces pas, lui faisant perdre du temps. Ainsi, j'ai pu réorganiser cette procédure de manière à ce que l'opérateur ne fasse plus de déplacement inutile.

Des « diagrammes spaghetti » ont donc été utilisés pour réaliser cette action. Un diagramme spaghetti est « la représentation des déplacements des personnels ou le chemin d'objets physiques tels que des pièces, des équipements ou des dossiers dans un environnement de travail » (Hohmann, 2017). Le bâtiment extraction se porte sur quatre étages, ainsi, les déplacements doivent être fluidifiés pour emprunter au minimum les escaliers. Nous allons prendre comme exemple le rez-de-chaussée de l'atelier pour expliquer la démarche employée pour les diagrammes spaghetti :

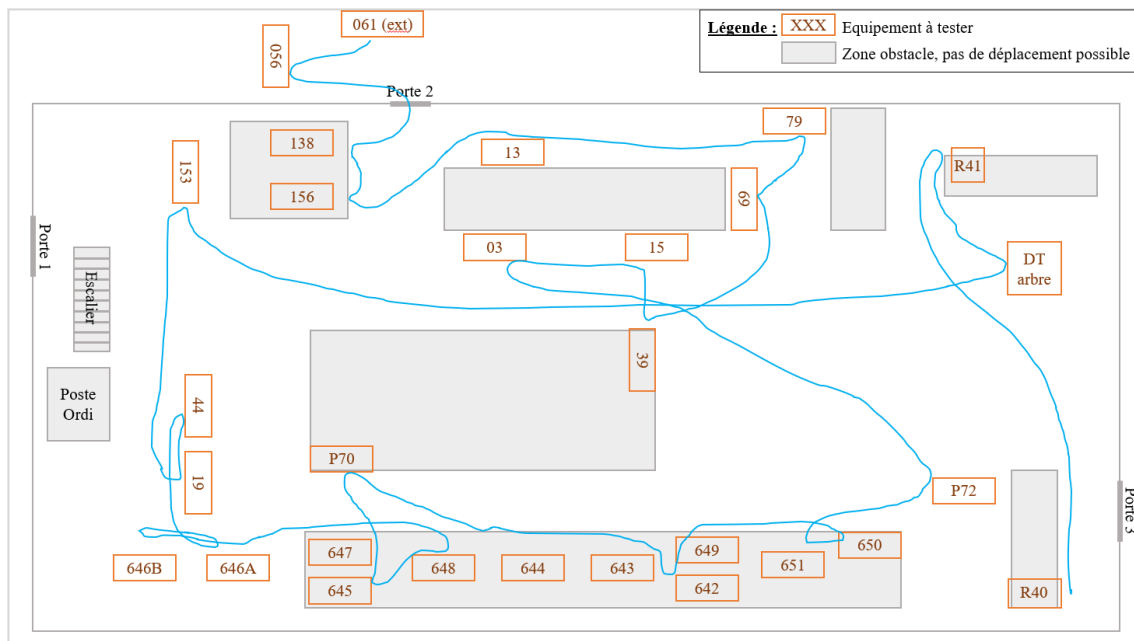


Figure 26 : Plan du rez-de-chaussée du bâtiment extraction avec les déplacements effectués par les opérateurs lors du contrôle des machines tournantes (tracé bleu), avant modification de la procédure.

Selon la Figure 26, nous remarquons plusieurs endroits où les opérateurs reviennent sur leur pas lors du test. De plus, entre les équipements 03, 15 et 39, plusieurs chemins s'entremêlent. Ainsi, en demandant à plusieurs opérateurs le meilleur chemin à adopter et en faisant une analyse par vecteurs, j'ai pu déterminer un ordre d'équipement plus adapté (Figure 27) :

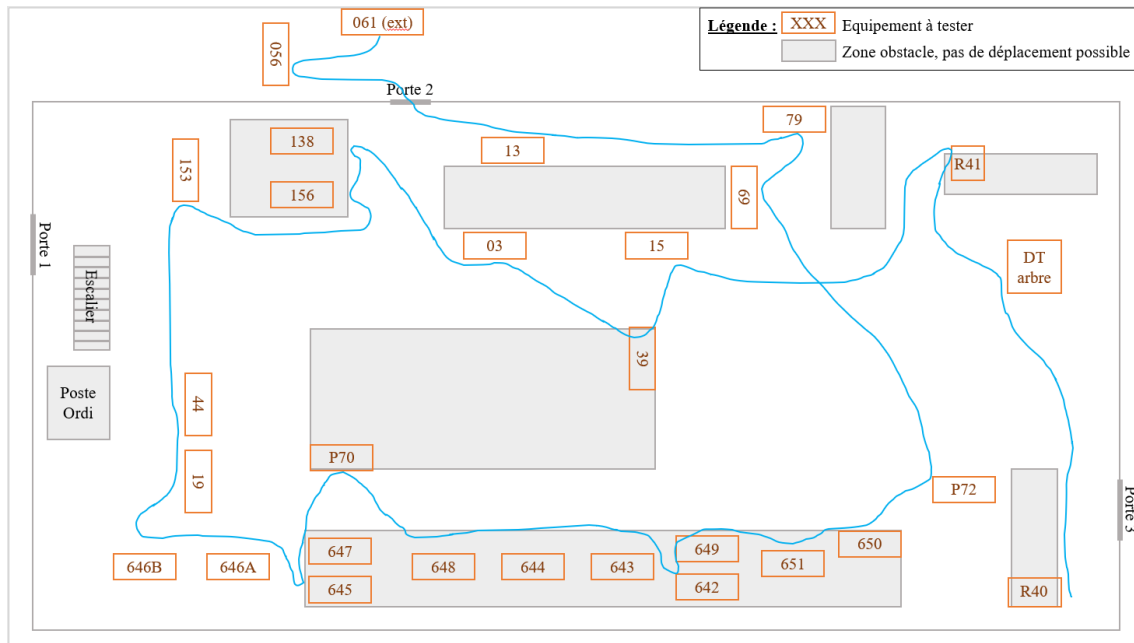


Figure 27 : Plan du rez-de-chaussée du bâtiment extraction avec les déplacements effectués par les opérateurs lors du contrôle des machines tournantes (tracé bleu), après modification de la procédure.

L'analyse par vecteurs selon l'emplacement des équipements s'est faite selon une matrice positionnée sur le schéma des Figure 26 et Figure 27. Cela permet de comparer exactement les déplacements effectués en analysant des points possédant des coordonnées (X ; Y) (Figure 28 et Tableau 8) :

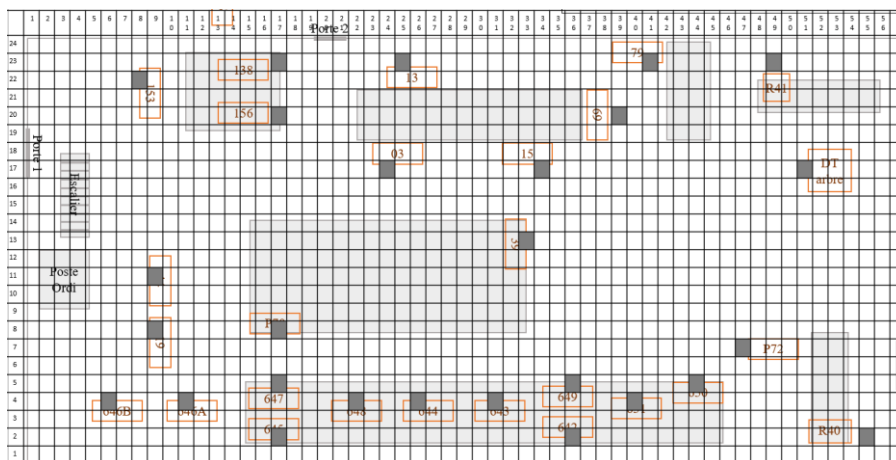


Figure 28 : Plan du rez-de-chaussée extraction comprenant une matrice servant à faire une analyse des déplacements par vecteurs.

Tableau 8 : Coordonnées des points représentant l'emplacement des différents équipements à tester lors du contrôle machine tournantes, au rez-de-chaussée du bâtiment extraction.

	40	41	DT	153	19	44	646	646	648	645	647	70	644	643	642	649	650	651	72	3	15	39	69	79	13	138	156	56
X	55	49	51	8	9	9	11	6	22	17	17	17	26	31	37	37	44	40	47	24	34	33	39	41	25	17	17	14
Y	2	23	17	22	8	11	4	4	4	2	5	8	8	4	2	5	5	4	7	17	17	13	20	23	23	23	20	26

Ainsi, en faisant l'addition des différents vecteurs qui se situent entre chaque équipement en suivant les formules suivantes :

$$v = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad ; \quad \text{Déplacement total} = \sum v$$

Nous obtenons une diminution de 20% des déplacements au rez-de-chaussée, entre avant (Annexe III) et après (Annexe IV) la modification de l'ordre de contrôle des équipements dans la procédure.

### 3.4.3.3 Mise en place d'un nouvel outil de prélèvement pour les terres

Comme vu précédemment dans la partie 3.3.3, le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes est une activité hebdomadaire, voire quotidienne dans certains cas. Nous avons vu qu'il est nécessaire de changer le mode de prélèvement des terres afin de diminuer le risque de brûlure. Avec les équipes de production, nous avons déterminé qu'il fallait changer le design de la louche de prélèvement. Pour cela, l'outil PDCA (planifier, déployer / déléguer, contrôler, analyser / ajuster) est utilisé. L'étape de planification sert à poser des hypothèses qui seront ensuite mises en œuvre dans l'étape déploiement. C'est une étape de test durant laquelle la solution mise en œuvre est observée et mesurée. Le contrôle sert quant à lui à déterminer les éventuels écarts par rapport à l'objectif de départ. L'étape d'ajustement et d'analyse vient alors corriger les éventuels écarts observés à l'étape de contrôle (Hohmann, 2012).

#### P - Planifier :

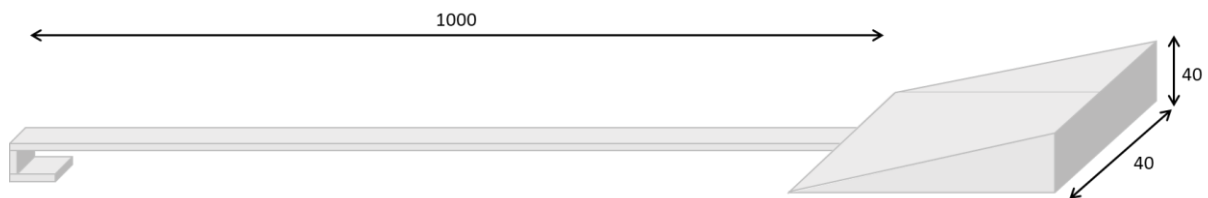
L'objectif est de créer un nouvel outil de prélèvement permettant de diminuer le risque de brûlure lors du prélèvement des terres filtrantes et décolorantes. En collaboration avec les opérateurs raffinerie, nous avons pu déterminer le cahier des charges de cet outil de prélèvement. Cet outil doit être capable de :

- Prélever des terres filtrantes et décolorantes dans un milieu chaud (100°C) ;
- Passer entre les plaques des filtres de décoloration (écart entre chaque plaque de 4,5cm) et entre les plaques des filtres de décirage (écart entre les plaques de 7cm) ;
- Retenir les terres correctement lors du prélèvement ;
- Permettre aux opérateurs de ne pas se pencher au-dessus des filtres lors du prélèvement.

Ainsi nous avons déterminé que l'outil doit :

- Être fabriqué dans du métal, matériau résistant à la température ;
- Mesurer 4 cm de largeur maximum, afin de passer entre les plaques de chaque filtre ;
- Être composé d'un "réceptacle", permettant d'accueillir les terres et de les retenir lors du prélèvement,
- Posséder un long manche d'un mètre environ, permettant aux opérateurs de ne pas se pencher au-dessus des filtres lors du prélèvement et donc de ne pas se brûler.

A partir de l'ensemble de ces caractéristiques, nous avons pu schématiser l'outil :



*Figure 29 : Premier schéma de l'outil de prélèvement, fourni au service maintenance (longueur en millimètres et non à l'échelle).*

#### D - Déployer / Déléguer :

Le schéma de l'outil est ensuite envoyé à l'équipe de maintenance, qui, à partir des ressources à disposition, a fabriqué un premier outil. Les dimensions sur le schéma (Figure 29) n'ont pas toutes été renseignées, laissant un champ libre aux équipes de maintenance. L'outil de prélèvement a directement été donné aux équipes de production, pour qu'ils le testent.



*Figure 30 : Nouvel outil de prélèvement réalisé par l'équipe maintenance.*



### C - Contrôler :

Le contrôle s'est fait en direct en regardant les opérateurs raffinerie utiliser l'outil. J'ai pu ainsi recueillir leur retour directement. La phase de test à durer un mois, le temps que l'ensemble des équipes utilisent l'outil, afin d'avoir un retour représentatif de l'ensemble des équipes. Des pistes d'améliorations à l'outil sont ressorties :

- Sécuriser l'outil pour ne pas endommager l'installation,
- Faciliter le transfert des terres entre l'outil et le pot d'échantillon.

### A - Analyser / Ajuster :

Plusieurs points d'amélioration sont ressortis de cette phase de contrôle. Premièrement d'un point de vue sécurité, si l'opérateur lâche l'outil lors de prélèvement, ce dernier tombe dans le fond des filtres pouvant ainsi endommager l'installation. De ce fait, une croix de sécurité a rapidement été installée à l'extrémité de la louche (Figure 31).



*Figure 31 : Croix de sécurité mis à l'extrémité de l'outil de prélèvement.*

Deuxièmement, lors du prélèvement, les terres doivent être placées dans un pot d'échantillon d'un diamètre de 6 cm, ne pouvant pas accueillir l'outil à l'intérieur. Le transfert des terres entre l'outil de prélèvement et le pot d'échantillon est donc compliqué. Afin de pallier cela, un petit seau pouvant recueillir les terres avant de les transférer dans le pot d'échantillon a été mis en place, facilitant ainsi le transfert.



## 3.5 Contrôler

L'étape de contrôle permet de surveiller les actions mise en place dans la partie « Innover ». Cette étape viendra majoritairement à la suite de mon stage car le projet n'a pas pu être terminé avant mon départ. En effet, 18 groupes de travail restent à être mené afin de trouver des solutions aux problèmes que nous pouvons rencontrer ; 9 actions sont en attentes car un facteur bloque leur avancement ; 40 actions n'ont pas commencé ; 18 actions sont en cours de réalisation et 5 actions ont été réalisés à 100%.

Cependant, concernant les actions terminées ou en cours de réalisation, des contrôles ont été effectués ou planifiés. Quelques exemples sont cités ci-dessous.

### 3.5.1 Mise en place d'un capteur pour l'arrêt de la vis balayeuse : un projet en cours de réalisation

Comme indiqué précédemment dans la partie 3.4.3.1 « Amélioration du balayage des silos de graines », cette action n'a pas pu être réalisée dans la période de stage car les contacts avec les fournisseurs ne sont pas encore aboutis. Cependant, nous pouvons planifier les prochaines étapes à suivre pour la mise en place du capteur.

Tout d'abord, il va falloir demander un devis auprès du fournisseur IFM comprenant les trois capteurs inductifs (un pour chaque silo de graine). Ensuite, un devis pour la mise en place des capteurs et pour la programmation de ces derniers serait effectué auprès du support technique et électronique. Une fois les devis réalisés et validés, une réunion « MOC » (Management of change), sera réalisé afin de déterminer l'ensemble des changements liés à l'installation de ces nouveaux capteurs. Ces changements peuvent être de l'ordre de la sécurité, de la mise en place de procédures et de formations par exemple. Cette réunion permettra la validation du changement.

Enfin, les capteurs pourront être mis en place. Cette opération sera effectuée lorsque les silos de graines seront vides soit lors d'un balayage des silos ou lors de l'arrêt technique de l'usine annuel.

### 3.5.2 Contrôle des améliorations du « contrôle machine tournante »

Afin de donner suite aux améliorations apportées au « contrôle machine tournante » en partie 3.4.3.2, j'ai pu questionner les opérateurs extraction afin d'avoir un retour critique. Les opérateurs m'ont d'abord fait un retour sur la méthode employée qui a été ludique et

impliquante avec la réalisation des diagrammes spaghettis. Ils ont pu me faire un retour quant à l'ordre des équipements sur la nouvelle procédure (IXAnnexe IV).

Concernant le temps que l'activité prend désormais, une ronde a été effectuée par mes soins afin de déterminer le nouveau temps de déplacement. Cette ronde prend en compte deux temps : un temps de prise de mesure à l'explosimètre qui est de 20 minutes, et un temps de déplacement entre chaque prise de mesure qui a donc été modifié. Avant modification de la procédure, le temps de déplacement entre chaque prise de mesure était de 16 à 17 minutes. Après modification de la procédure « contrôle machine tournante » et mise en place des étiquettes thermorésistantes sur chaque équipement, le temps de déplacement entre chaque prise de mesure est de 12 à 13 minutes. Une diminution de 24% du temps de déplacement a été réalisée pour le contrôle des machines tournantes.

### 3.5.3 Contrôle pour donner suite à la mise en place du nouvel outil de prélèvement des terres filtrantes.

Afin de donner suite à la mise en place du nouvel outil de prélèvement des terres filtrantes et décolorantes, j'ai pu questionner l'ensemble des opérateurs raffinerie afin d'avoir un retour critique. Nous avons donc pu comparer l'activité de prélèvement des terres avant et après mise en place du nouvel outil de prélèvement (Tableau 9) :

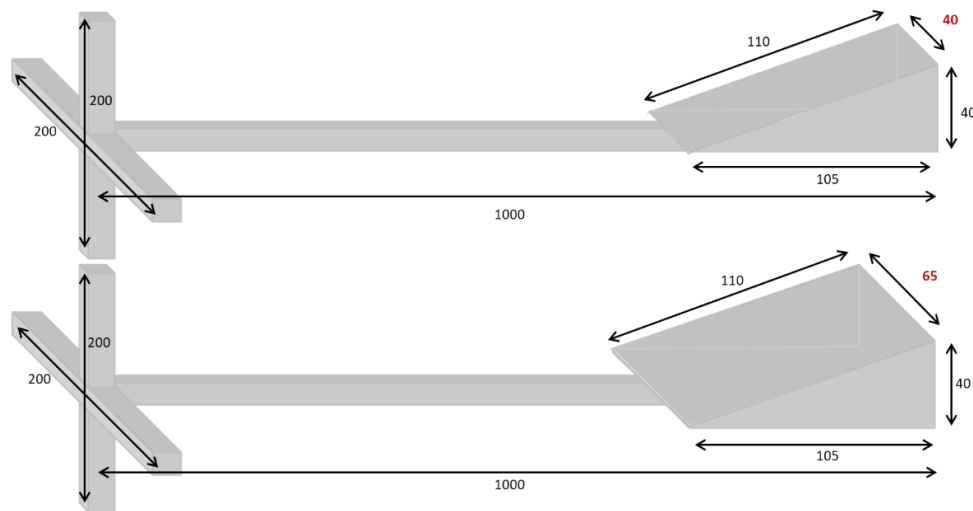
*Tableau 9 : Comparaison de l'activité "prélèvement des terres filtrantes" avant et après mise en place d'un nouvel outil de prélèvement.*

Caractéristiques de l'activité	Avant mise en place du nouvel outil de prélèvement	Après mise en place du nouvel outil de prélèvement
Risque de brûlure	Fort	Faible
Pénibilité de l'action (notes modifiées) Voir données en Annexe V.	Moyenne : 1,42688 Ecart-type : 2,32926 Nombre de juge : 13	Moyenne : -0,29306 Ecart-type : 1,21661 Nombre de juge : 10
Temps de réalisation de l'action	5 min / filtre	5 min / filtre

Nous constatons selon le Tableau 9 que l'amélioration mis en place a eu un effet sur le risque de brûlure en le diminuant. Concernant la pénibilité de l'action, nous remarquons une diminution strictement significative (test de Student de comparaison des moyennes de deux échantillons Annexe VI). Enfin, le temps de réalisation de l'action reste le même.

De ce questionnement, il a également été relevé pour 80% des opérateurs que la louche de prélèvement était trop lourde et donc difficile à manipuler sur la totalité du prélèvement. De plus, un seul outil est utilisé pour les terres décolorantes et pour les terres filtrantes.

De ces remarques, une seconde fabrication de l'outil, cette fois ci en aluminium a donc été lancée. De plus, afin de ne pas mélanger terres filtrantes et terres décolorantes lors des prélèvements, deux outils sont fabriqués, comprenant l'ensemble des caractéristiques indiquées en Figure 32 ci-dessous.



*Figure 32 : Deuxième schéma des outils de prélèvement, envoyé à la maintenance (longueur en millimètres et non à l'échelle).*

Après questionnement auprès des opérateurs, les nouveaux outils de prélèvement en aluminium répondent aux attentes de ces derniers et est définitivement adopté par les équipes de production. Les améliorations ont alors été bénéfiques.

### 3.5.4 Préconisations pour la suite du projet workload reduction

Concernant les actions réalisées à 100%, j'ai pu communiquer avec les opérateurs et chefs de quarts de vive voix ou par courriel afin de leur faire part de l'avancée des différentes actions en cours. De cette manière, des améliorations peuvent remonter et donc continuer d'enrichir le processus d'amélioration continue.

Concernant les actions en cours, qui n'ont pas encore commencé ou qui sont en attentes, les solutions à adopter ainsi que l'ensemble des pistes de recherches déjà obtenues sont répertoriés dans un tableur Excel. Ainsi, l'ensemble des recherches ne sont pas perdues et peuvent être utilisées pour continuer ou commencer une nouvelle action. Le fichier contient différentes informations :

- Explication de l'activité étudiée ;
- Avantages et inconvénients liés à cette activité, regroupant les causes ;
- Actions déjà mises en place pour améliorer l'activité étudiée ;
- Propositions d'amélioration de l'activité avec explications et détails.

Ce document est accessible à toutes personnes pouvant mettre en place ou pouvant réaliser les actions : membres support production, amélioration continue, projet, maintenance.

Toutefois, une opportunité pour rester dans l'entreprise à la suite du stage m'a été proposée. Dans ce cadre, je pourrai continuer mes missions ainsi que la mise en place des actions.

## Conclusion

Pour conclure, le projet Workload reduction, concernant la réduction des gaspillages, a suivi la méthode DMAIC pour sa réalisation. L'étude s'est donc déroulée en cinq phases : la définition du cadre du projet ; l'audit pour la mesure du temps, de la fréquence et de la pénibilité des 204 activités réalisées par le personnel de production ; l'analyse des différentes causes, la recherche et la mise en place d'innovation ; ainsi que le contrôle associé afin d'être certain que l'action mise en place correspond à une majorité.

Lors de la phase d'audit et notamment lors du questionnaire pour connaître la pénibilité de chaque activité, l'échelle de notation utilisée était sans doute trop étendue et pas assez précise. En effet, la note de 1 correspondait à une faible pénibilité et la note de 10 à une forte pénibilité, laissant un champ libre à l'ensemble des opérateurs pour interpréter les notes de 2 à 9. Ainsi, si le travail était à refaire, je choisirais une échelle allant de 1 à 7, en décrivant clairement à chaque opérateur ce que signifie chaque numéro.

Quant à la recherche des causes, différentes méthodes du Lean management ont été utilisées telles que le QOQOCCP, les cinq pourquoi ainsi que le diagramme d'Ishikawa. 18 groupes de travail sont encore en cours pour déterminer les causes et les solutions relatives aux problèmes présents. La recherche d'innovation a permis de recueillir 62 améliorations possibles, dont 5 ont été mises en place et 8 sont des actions en cours de réalisation.

L'une des menaces à ce projet que l'on peut retrouver dans le SWOT (Tableau 1), était la mauvaise implication des opérateurs. Un questionnaire a donc été envoyé aux opérateurs en fin de stage afin d'avoir un retour quant à ma démarche de travail et notamment vis-à-vis de leur implication dans le projet. Les opérateurs ont jugé s'être senti correctement impliqué dans le projet notamment pour la partie audit du projet. Concernant les étapes de brainstorming (recherche des causes) et de mise en place d'action, une minorité a jugé ne pas se sentir assez impliqué et ne pas avoir reçu assez de retour concernant le projet (10% des réponses). L'autre partie (90% des réponses), a senti une réelle implication.

Au vu de la satisfaction de mon travail et de mon implication, l'opportunité de rester au sein de cette entreprise à la suite de mon stage m'a été proposée. Je pourrai ainsi continuer la mise en place d'actions, comme par exemple, terminer la mise en place des capteurs inductifs dans les différents silos de stockage des graines.

## Annexes

Annexe I : Organigramme du site de Saint Nazaire.

Annexe II : Fiche toxicologique de l'hexane.

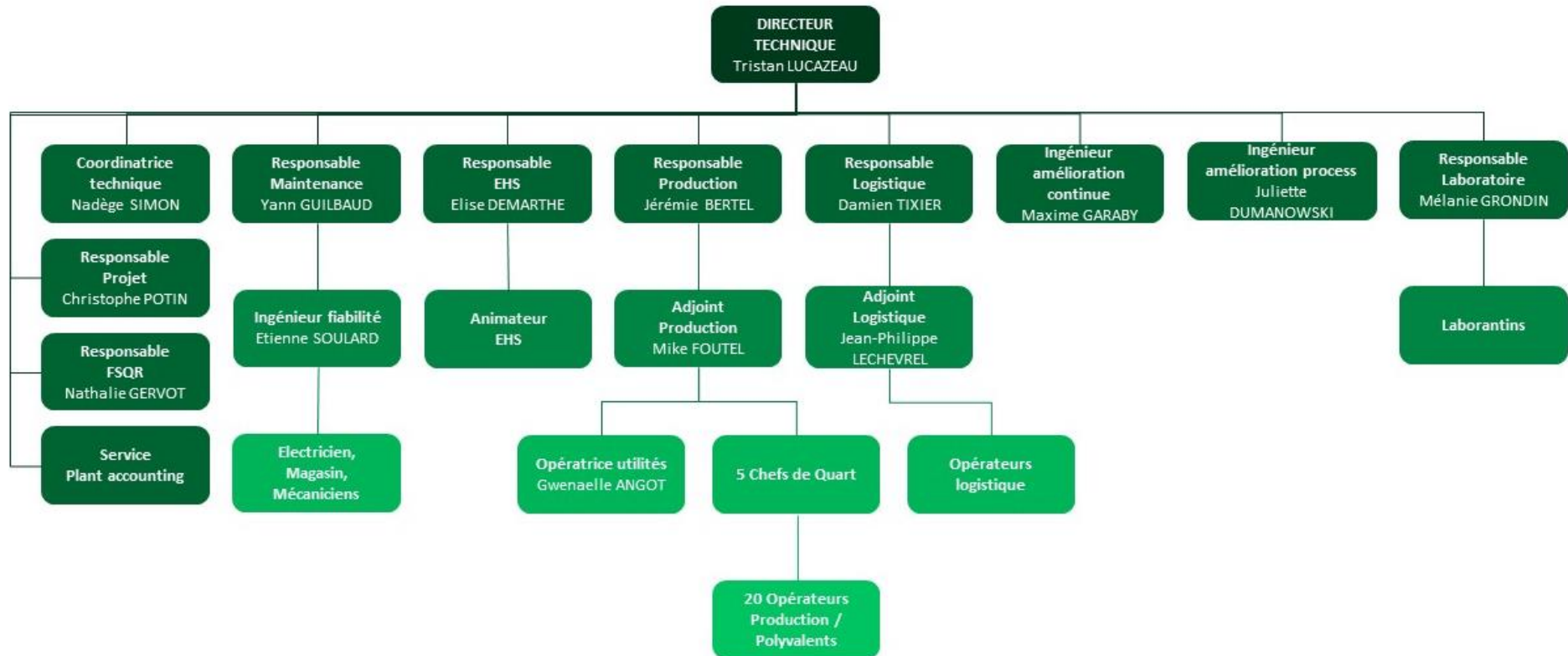
Annexe III : Procédure "Contrôle machine tournante" avant modification de l'ordre de test des équipements.

Annexe IV : Procédure "Contrôle machine tournante" après modification de l'ordre de test des équipements

Annexe V : Notes de pénibilité de chaque opérateur raffinerie pour le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes, avant et après la mise en place du nouvel outil de prélèvement.

Annexe VI : Test de Student pour la comparaison des moyennes des notes de pénibilité avant et après mise en place du nouvel outil pour le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes.

*Annexe I : Organigramme du site de Saint Nazaire.*



## Hexane

### Fiche toxicologique synthétique n° 113 - Edition Octobre 2019

Pour plus d'information se référer à la fiche toxicologique complète.

Formule Chimique	Nom	Numéro CAS	Numéro CE	Numéro index
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	n-Hexane	110-54-3	203-777-6	601-037-00-0
	Hexane			601-007-00-7 (mélange d'isomères contenant moins de 5% de n-hexane)



#### N-HEXANE

##### Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges
- H361F - Susceptible de nuire à la fertilité
- H373 - Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
- H411 - Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.  
203-777-6

### Propriétés physiques

Nom Substance	N° CAS	Etat Physique	Point de fusion	Point d'ébullition	Pression de vapeur	Point d'éclair
n-hexane	110-54-3	Liquide	De -95,35°C à -95°C	De 68,7°C à 69°C	16,2 kPa à 20°C 24,9 kPa à 30°C 54 kPa à 50°C	De -23°C à -21,7°C (coupelle fermée)

À 25 °C et 101 kPa, 1 ppm = 3,52 mg/m<sup>3</sup>.

### Méthodes de détection et de détermination dans l'air

- Prélèvement au travers d'un tube rempli d'un support adsorbant ou par diffusion sur un badge. Désorption par le sulfure de carbone seul ou en mélange. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection FID.
  - Prélèvement sur tube multi-lits, désorption thermique et détection/identification/semi-quantification des composés piégés par spectrométrie de masse.
- D'autres méthodes sont disponibles mais elles sont plus difficiles à mettre en œuvre techniquement.

### Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Une valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire **contraignante** dans l'air des lieux de travail a été établie en France pour le n-hexane

Substance	PAYS	VME (ppm)	VME (mg/m <sup>3</sup> )	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m <sup>3</sup> )
n-hexane	France (VLEP contraignante - 2007)	20	72	-	
hexane, autres isomères	France (VLEP indicative - 1987)	500	1800	-	



n-hexane	Union Européenne (2006)	20	72	-	
n-hexane	Etats-Unis (ACGIH)	50	176	-	
hexane, autres isomères	Etats-Unis (ACGIH)	500	1760	1000	3500
n-hexane	Allemagne ( Valeur MAK )	50	180	-	
hexane, autres isomères sauf n-hexane	Allemagne ( Valeur MAK )	500	1800	-	

## Pathologie - Toxicologie

### Toxicocinétique - Métabolisme

Chez l'animal comme chez l'homme, le n-hexane est absorbé essentiellement par les poumons (jusqu'à 25 %), distribué largement dans l'organisme, métabolisé au niveau du foie et éliminé sous forme inchangée dans l'air expiré, ou sous forme de métabolites dans les urines.

### Toxicité expérimentale

#### Toxicité aiguë

La toxicité aiguë du n-hexane est relativement faible ; c'est un déprimeur du système nerveux central et un irritant respiratoire et cutané. Il est légèrement irritant pour les yeux.

#### Toxicité subchronique, chronique

L'exposition répétée ou à long terme au n-hexane induit une neuropathie périphérique, qui peut progresser vers la paralysie et éventuellement une quadriplégie, une irritation respiratoire, des atteintes cardiaques et pulmonaires.

#### Effets génotoxiques

La majorité des tests in vitro réalisés avec le n-hexane sont négatifs. In vivo, suite à des expositions par inhalation chez le rat, le n-hexane induit des aberrations chromosomiques et des anomalies spermatiques.

#### Effets cancérogènes

Chez le rat et la souris, le n-hexane ne présente pas d'effets cancérogènes lorsqu'il est inhalé ; chez la souris femelle, une augmentation de l'incidence des tumeurs hépatiques est rapportée à la plus forte concentration.

#### Effets sur la reproduction

Le n-hexane est toxique pour les cellules germinales du rat mâle et de la souris femelle, embryotoxique et fœtotoxique mais pas tératogène.

### Toxicité sur l'Homme

L'hexane peut provoquer des signes de dépression du système nerveux central. Il est irritant pour les muqueuses oculaire et respiratoire. En cas d'exposition répétée, les intoxications les plus graves sont le fait du n-hexane. Elles se traduisent principalement par des atteintes du système nerveux, en particulier des polyneuropathies périphériques sensitivo-motrices. Des troubles mentaux organiques sont également décrits. Les effets génotoxiques ne sont pas documentés. Les données sur les effets cancérogènes et sur la reproduction ne permettent pas de conclure.

## Recommandations

Quand cela est techniquement possible, il est recommandé d'utiliser un solvant à faible teneur en n-hexane. Toutefois, des mesures de prévention et de protection s'imposent dans tous les cas, en vue notamment de limiter les risques d'incendie ou d'explosion.

### Au point vue technique

L'intégralité des recommandations techniques figurent dans la fiche complète. On prendra tout particulièrement soin à respecter les points suivants :

- Observer une **hygiène corporelle et vestimentaire** très stricte : Lavage soigneux des mains (savon et eau) après manipulation et changement de vêtements de travail. Ces vêtements de travail sont fournis gratuitement, nettoyés et remplacés si besoin par l'entreprise. Ceux-ci sont rangés séparément des vêtements de ville. En aucun cas les salariés ne doivent quitter l'établissement avec leurs vêtements et leurs chaussures de travail.
- **Éviter tout contact** de produit avec la **peau** et les **yeux**. **Éviter l'inhalation** de vapeurs, aérosols. Effectuer en **système clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration** des poussières et vapeurs à leur source d'émission, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur.
- Le choix des équipements de protection individuelle (EPI) dépend des conditions au poste de travail et de l'évaluation des risques professionnels. Ils ne doivent pas être source d'**électricité statique** (chaussures antistatiques, vêtements de protection et de travail dissipateurs de charges). Une attention particulière sera apportée lors du **retrait des équipements** afin d'éviter toute contamination involontaire. Ces équipements seront éliminés en tant que déchets dangereux.

- Stocker l'hexane dans des locaux **frais et sous ventilation mécanique permanente**. Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, de toute source d'inflammation (étincelles, flammes nues, rayons solaires...).
- Conserver les déchets et les produits souillés dans des récipients spécialement prévus à cet effet, **clos et étanches**. Les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation en vigueur.

**En cas d'urgence**

- En cas de déversement accidentel de liquide, récupérer le produit en l'épongeant avec un **matériau absorbant inerte** (sable, terre). Laver à grande eau la surface ayant été souillée.
- Si le déversement est important, **aérer** la zone et **évacuer** le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs **entraînés et munis d'un équipement de protection approprié**. Supprimer toute source d'inflammation potentielle.
- Des appareils de protection respiratoires isolants autonomes sont à prévoir **à proximité et à l'extérieur** des locaux pour les interventions d'urgence.
- Prévoir l'installation de **fontaines oculaires**.
- Si ces mesures ne peuvent pas être réalisées sans risque de sur-accident ou si elles ne sont pas suffisantes, contacter les équipes de secours interne ou externe au site.


## Conduite médicale à tenir

Des recommandations médicales spécifiques existent concernant certains organes cibles, la fertilité et la femme enceinte ou allaitante et la surveillance biologique de l'exposition (pour plus d'information, voir la fiche toxicologique complète)


## Conduites à tenir en cas d'urgence :

- **En cas de contact cutané**, retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.
- **En cas de projection oculaire**, rincer immédiatement et abondamment les yeux à l'eau courante pendant au moins 15 minutes, paupières bien écartées. En cas de port de lentilles de contact, les retirer avant le rinçage. Si une irritation oculaire apparaît, consulter un ophtalmologiste et le cas échéant lui signaler le port de lentilles.
- **En cas d'inhalation**, appeler rapidement un centre anti poison. Transporter la victime en dehors de la zone polluée en prenant les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. Si nécessaire, retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et commencer une décontamination cutanée et oculaire (laver immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes). En cas de symptômes consulter un médecin.
- **En cas d'ingestion**, appeler immédiatement un SAMU, faire transférer la victime par ambulance médicalisée en milieu hospitalier dans les plus brefs délais. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Même si la victime est consciente, ne jamais faire boire, ne jamais tenter de provoquer des vomissements. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. Si nécessaire, retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et commencer une décontamination cutanée et oculaire (laver immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes).


Annexe III : Procédure "Contrôle machine tournante" avant modification de l'ordre de test des équipements.

 ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité		Réf : xxx	
	Production Trituration			
	Contrôle machine tournante			2 pages
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 04/19		
Auteur : J. Bertel Approbateur : resp. de production		Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique	Version N° 003	


Semaine du : ...../...../..... Au ...../...../.....			
Opérateur : .....			CDQ : .....
<b>4ieme étage</b>			
Machines	Eléments	Point de contrôle	% LIE
CV-041040 (R40)	Tête	Extrémité de l'arbre	.....
CV-041043 (V1 DT)		Extrémité de l'arbre coté entraînement	.....
Présence de farine : oui/ non			
XY-041002-50 (trappe DT)			.....
HE-041919 (primaire)	Trou d'homme	Étanchéité	.....
<b>3ieme étage</b>			
Machines	Eléments	Point de contrôle	% LIE
Porte DT	Pré deck	Étanchéité	.....
<b>2ieme étage</b>			
Machines	Eléments	Point de contrôle	% LIE
CV-0410041 (R41)	Tête	Extrémité de l'arbre	.....
Porte DT	Deck 1	Étanchéité	.....
Alvéolaire	Deck 1	Presse étoupe	.....
CV-041004 (V1 ext)		Extrémité de l'arbre coté entraînement	.....
Présence de farine : oui/ non			
Trémie agitateur		Trappes de visites	.....
A-041012 (AG12)		Presse étoupe	.....
Présence de farine dessus oui/ non			
Vis extracteur	1		.....
	2	"	.....
	3	"	.....
	4	"	.....
	5	"	.....
	6	"	.....
Présence de farine dessus oui/ non			
S-041801		Brides/connexion sur extracteur/vannes	.....
S-041802		Brides/connexion sur extracteur/vannes	.....

 ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité <b>Production Trituration</b>		Réf : xxx
	<b>Contrôle machine tournante</b>		2 pages
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 04/19	
	Auteur : J. Bertel Approbateur : resp. de production		Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique

B-041115 (VE15)		Extrémité de l'arbre	.....
B-041116 (VE16)		Extrémité de l'arbre	.....
Absorption	Tête T-041135	Étanchéité	.....
	Tête T-041155	Étanchéité	.....
T-041091 (oil stripper)	Trou d'homme		.....
<b>1er étage</b>			
Porte DT	Deck 2	Étanchéité	.....
Porte DT	Deck 3	Étanchéité	.....
Scrubber		Trou d'homme	.....
Alvéolaire	Deck 2	Presse étoupe	.....
Alvéolaire	Deck 3	Presse étoupe	.....
HE-041917 (EV1)	Brides		.....
HE-041918 (EV2)	Brides		.....
Arbre extracteur	Côté BSM bld	Presse étoupe	.....
	Côté BSM prep	"	.....
	Côté cour prep	"	.....
	Côté cour bld	"	.....
Porte DT	Deck 4	Étanchéité	.....
	Recovery deck	"	.....
Alvéolaire	Deck 4	Presse étoupe	.....
	Recovery deck	"	.....
<b>RDC</b>			
CV-041040 (R40)	Pied	Extrémité de l'arbre	.....
CV-041041 (R41)	Pied	Extrémité de l'arbre	.....
DT	Arbre principal	Presse étoupe	.....
Présence de farine dessous oui/ non			
HE-041153 (absorption)			.....
Présence d'huile oui/non			


 <b>Cargill</b> ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité		Réf : xxx
	Production Trituration		2 pages
	Contrôle machine tournante		
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 04/19	Version N° 003
Auteur : J. Bertel Approbateur : resp. de production		Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique	

Pompes	P-041019	Accouplement et garniture	.....
	P-041044	"	.....
	P-041646A	"	.....
	P-041646B	"	.....
	P-041648	"	.....
	P-041645	"	.....
	P-041647	"	.....
	P-041070	"	.....
	P-041644	"	.....
	P-041643	"	.....
	P-041642	"	.....
	P-041649	"	.....
	P-041650	"	.....
	P-041651	"	.....
	P-041072	"	.....
	P-041003	"	.....
	P-041015	"	.....
	P-041039	"	.....
	P-041069	"	.....
	P-041079	"	.....
P-041013	"	.....	


 ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité <b>Production Trituration</b>		Réf : xxx
	<b>Contrôle machine tournante</b>		
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 04/19	2 pages
	Auteur : J. Bertel Approbateur : resp. de production	Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique	Version N° 003

Pompes	P-041138	"	.....
	P-041156	"	.....
	P-091056 (SH)	"	.....
	P-041061	"	.....
B-041700 (VE700)		"	.....
<b>Indiquer les zones supérieures à 30 ppm</b>			

Annexe IV : Procédure "Contrôle machine tournante" après modification de l'ordre de test des équipements


 ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité <b>Production Trituration</b>		Réf : xxx
	<b>Contrôle machine tournante</b>		2 pages
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 06/23	
	Auteur : J. Bertel Approbateur : resp. de production		Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique

Semaine du : ...../...../..... Au ...../...../.....			
Opérateur : .....		CDQ : .....	
<b>4ieme étage</b>			
Machines	Eléments	Point de contrôle	% LIE
CV-041040 (R40)	Tête	Extrémité de l'arbre	.....
CV-041043 (V1 DT)		Extrémité de l'arbre coté entraînement	.....
Présence de farine : oui/ non			
XY-041002-50 (trappe DT)			.....
HE-041919 (primaire)	Trou d'homme	Étanchéité	.....
<b>3ieme étage</b>			
Machines	Eléments	Point de contrôle	% LIE
Porte DT	Pré deck	Étanchéité	.....
<b>2ieme étage</b>			
Machines	Eléments	Point de contrôle	% LIE
B-041116 (VE16)		Extrémité de l'arbre	.....
Absorption	Tête T-041135	Étanchéité	.....
	Tête T-041155	Étanchéité	.....
T-041091 (oil stripper)	Trou d'homme		.....
Porte DT	Deck 1	Étanchéité	.....
Alvéolaire	Deck 1	Presse étoupe	.....
CV-0410041 (R41)	Tête	Extrémité de l'arbre	.....
CV-041004 (V1 ext)		Extrémité de l'arbre coté entraînement	.....
Présence de farine : oui/ non			
B-041115 (VE15)		Extrémité de l'arbre	.....
S-041801		Brides/connexion sur extracteur/vannes	.....
S-041802		Brides/connexion sur extracteur/vannes	.....
Porte DT	Deck 2	Étanchéité	.....
Alvéolaire	Deck 2	Presse étoupe	.....


 ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité <b>Production Trituration</b>		Réf : xxx
	<b>Contrôle machine tournante</b>		
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 06/23	2 pages
	Auteur : J. Bertel Approbateur : resp. de production	Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique	Version N° 003

Trémie agitateur		Trappes de visites	.....
A-041012 (AG12)		Presse étoupe	.....
Présence de farine dessus oui/ non			
Vis extracteur	1		.....
	2	"	.....
	3	"	.....
	4	"	.....
	5	"	.....
	6	"	.....
Présence de farine dessous oui/ non			
<b>1er étage</b>			
<b>Machines</b>	<b>Eléments</b>	<b>Point de contrôle</b>	<b>% LIE</b>
Porte DT	Deck 3	Étanchéité	.....
Alvéolaire	Deck 3	Presse étoupe	.....
Scrubber		Trou d'homme	.....
HE-041917 (EV1)	Brides		.....
HE-041918 (EV2)	Brides		.....
Arbre extracteur	Côté BSM bld	Presse étoupe	.....
	Côté BSM prep	"	.....
	Côté cour prep	"	.....
	Côté cour bld	"	.....
Porte DT	Deck 4	Étanchéité	.....
	Recovery deck	"	.....
Alvéolaire	Deck 4	Presse étoupe	.....
	Recovery deck	"	.....



 <b>Cargill</b> ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité <b>Production Trituration</b>		Réf : xxx
	<b>Contrôle machine tournante</b>		2 pages
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 06/23	
	Auteur : J. Bertel Approbateur : resp. de production		Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique

RDC			
Machines	Eléments	Point de contrôle	% LIE
CV-041040 (R40)	Pied	Extrémité de l'arbre	.....
DT	Arbre principal	Presse étoupe	.....
Présence de farine dessous oui/ non			
CV-041041 (R41)	Pied	Extrémité de l'arbre	.....
Pompes	P-041015	Accouplement et garniture	.....
	P-041039	"	.....
	P-041003	"	.....
	P-041138	"	.....
	P-041156	"	.....
HE-041153 (absorption)			.....
Présence d'huile oui/non			
Pompes	P-041044	Accouplement et garniture	.....
	P-041019	"	.....
	P-041646B	"	.....
	P-041646A	"	.....
	P-041647	"	.....
	P-041645	"	.....
	P-041070	"	.....
	P-041648	"	.....

 <b>Cargill</b> ST Nazaire	Gosce-enregistrement Qualité <b>Production Trituration</b>		Réf : xxx	
	<b>Contrôle machine tournante</b>			2 pages
	Date de création : 01/18	Dernière modification : 06/23		
	Auteur : J. Bertel Apprébateur : resp. de production		Vérification : Coordinateur qualité Validation : Directeur technique	Version N° 003

	P-041644	Accouplement et garniture	.....
	P-041643	"	.....
	P-041649	"	.....
	P-041642	"	.....
	P-041651	"	.....
	P-041650	"	.....
	P-041072	"	.....
	P-041069	"	.....
	P-041079	"	.....
	P-041013	"	.....
	P-091056 (SH)	"	.....
	P-041061 (CS)	"	.....
	B-041700 (VE700)	"	.....
<b>Indiquer les zones supérieures à 30 ppm</b>			

*Annexe V : Notes de pénibilité de chaque opérateur raffinerie pour le prélèvement des terres filtrantes et décolorantes, avant et après la mise en place du nouvel outil de prélèvement.*

Initial opérateur	Notes de pénibilité pour le prélèvement des terres avant mise en place du nouvel outil		Notes de pénibilité pour le prélèvement des terres après mise en place du nouvel outil	
	Avant ajustement des notes (/)	Après ajustement des notes (1)	Avant ajustement des notes (/)	Après ajustement des notes (2)
JJ	5	0,71	3	-0,98
AB	2	-1,11	3	-0,13
BH	8	4,63	1	-2,09
NB	1	-0,50	1	-0,50
TM	5	1,55	X	X
MG	4	0,31	5	1,20
YT	7	1,63	X	X
SM	3	0,13	X	X
DV	5	3,09	3	0,84
FB	5	3,46	1	-1,28
MP	3	-0,12	3	-0,12
MF	1	-1,49	1	-1,48
CF	10	6,25	5	1,61
S (Écart-type estimé)	/	2,32926	/	1,21661
$\bar{X}$ (Moyenne estimé)	/	1,42688	/	-0,29306
N (Nombre de notes)	/	13	/	10

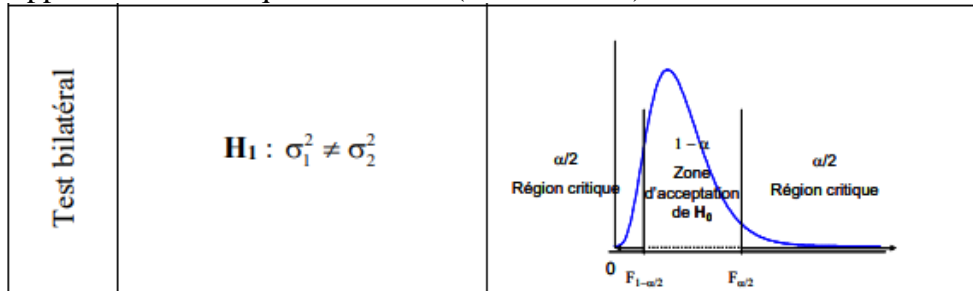
**I - Test de comparaison des variances : cas de 2 échantillons indépendants**

Hypothèse Ho :  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

Statistique de test :  $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$

Sous Ho, cette statistique de test suit une loi de Fisher à 12 et 9 degrés de liberté.

Application numérique et décision (Test bilatéral)



$f = F_{\alpha/2}(12; 9) = 3,87$     et     $\frac{1}{f} = F_{1-\alpha/2}(12; 9) = 0,26$     pour  $\alpha = 5\%$

Statistique de test =  $\frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{2,32926^2}{1,21661^2} = 3,67 \in \left(\frac{1}{f}; f\right)$

Ho est accepté, les variances des notes de pénibilité pour le prélèvement des terres avant et après modification de l'outil de prélèvement sont égales.

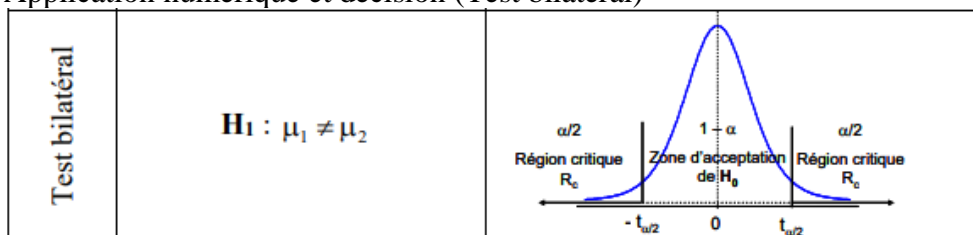
**II - Test de comparaison de moyennes : cas de deux échantillons indépendants,  $\sigma_1^2$  et  $\sigma_2^2$  sont inconnues et égales**

Hypothèse Ho :  $\mu_1 = \mu_2$

Statistique de test :  $T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$     avec     $\hat{\sigma}^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$

Sous Ho, cette statistique de test suit une loi de Student à 21 degrés de liberté

Application numérique et décision (Test bilatéral)



$t_{\alpha/2}(21) = 2,080$     et     $-t_{\alpha/2}(21) = -2,080$     pour  $\alpha = 5\%$

Statistique de test :  $T = 2,116$

Ho est rejetée, les moyennes des notes de pénibilité pour le prélèvement des terres avant et après modification de l'outil de prélèvement ne sont pas égales. On suit ici l'hypothèse alternative :  $H_1 : \mu_1 > \mu_2$ .

## Bibliographie

**AFNOR, Association française de normalisation, 2015.** NF EN ISO 9001 : Quality Management System. Paris : AFNOR.

**AFNOR, Association française de normalisation, 2016.** NF X60-000 : Industrial maintenance – Maintenance function. Paris : AFNOR, 35p.

**Bitard P., 2022.** Note de synthèse : Vers le smart manufacturing - Proposition d'un plan national. [https://www.anrt.asso.fr/sites/default/files/anrt\\_smart\\_manufacturing\\_2022.pdf](https://www.anrt.asso.fr/sites/default/files/anrt_smart_manufacturing_2022.pdf) (Consulté le 26/07/2023)

**Cargill, 2023.** <https://www.cargill.com/> (Consulté le 08/06/2023)

**CNESST, Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, 2023.** Répertoire toxicologique, hexane. [https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no\\_produit=4077](https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4077) (Consulté le 13/07/2023)

**Cubik, 2023.** Les 60 notions clés et définitions du Lean Six Sigma. <https://formation-lean.fr/a-propos/glossaire/> (Consulté le 31/07/2023)

**Dies A., Vérilhac T., 2017.** La démarche lean. La Plaine Saint-Denis : AFNOR, 190 p. (100 questions pour comprendre et agir)

**Envirogen Group, 2023.** Filter leaves and spare parts. <https://www.envirogengroup.com/process-filtration/cake-filtration/filter-leaves/> (Consulté le 07/08/2023).

**Hohmann C., 2012.** Lean management : Outils – Méthodes – retours d'expériences – Questions / réponses. Paris : Eyrolles, 423 p. (Gestion industrielle)

**Hohmann C., 2017.** Le diagramme spaghetti. <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/128-le-diagramme-spaghetti> (Consulté le 17/08/2023)

**IFM, 2023.** NI500A – Détecteur inductif NAMUR. <https://www.ifm.com/ca/fr/product/NI500A> (Consulté le 20/08/2023).

**INRS, Institut national de la recherche scientifique, 2023.** Hexane – fiche toxicologique n°113. [https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX\\_113](https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_113) (Consulté le 13/07/2023).

**Jamil S., Dufour JP., Defense E., 1995.** Procédé de dégommage d'un corps gras et corps gras ainsi obtenu (WO1995000609). OMPI, Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle, Bureau international. <https://patentscope.wipo.int/search/fr/detail.jsf?docId=WO1995000609>

**Le Robert, dico en ligne, 2023.** Définition brainstorming. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/brainstorming> (Consulté le 14/08/2023).

**Leveugle F., 2022a.** Lean manufacturing et Lean management. <https://flconsultants.fr/lean-manufacturing/lean-manufacturing-lean-management/> (Consulté le 19/07/2023)

**Leveugle F., 2022b.** Chronométrage et pendulage. <https://flconsultants.fr/lean-manufacturing/chronometrage-pendulage/> (Consulté le 21/07/2023).

**Morillon Systems, 2023.** Spirogyre. <https://www.morillonsystems.com/spirogyre> (Consulté le 11/08/2023).

**Nowalski D., 2019.** Lean kanban et DMAIC – Pour les services et l'ingénierie. Paris : Maxima, 231 p. (Concrètement que dois-je faire ?)

**République française, 2022.** Qu'est-ce que le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP) ? <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F35360> (Consulté le 10/08/2022).

**SafetyGas, 2023.** Explosimètre - Détecteur de gaz explosifs. <https://www.safetygas.com/detection-gaz/detecteurs-gaz-portables/explosimetres> (Consulté le 08/08/2023).

**Sharp Engineering Works, 2021.** Horizontal pressure leaf filter for crude oil filtration. <https://sharpengineeringworks.wordpress.com/2021/02/13/horizontal-pressure-leaf-filter-for-crude-oil-filtration/> (Consulté le 07/08/2023)

**Wafa J., 2002.** Décoloration des huiles végétales sur des argiles – Etude de la stabilité physico-chimique des huiles décolorées. Sfax, Tunisia : Faculté des sciences de Sfax, 114 p. (Mémoire diplômés d'études approfondies en chimie organique).

Documents internes à l'entreprise.

	Diplôme : Ingénieur Oniris Agroalimentaire / Biotechnologies de la santé Parcours personnalisé de l'approfondissement de 3 <sup>ème</sup> année : Procédés et éco-conception de produits.
Auteur/e : Anaïg LECOMTE	Structure d'accueil : Cargill France
Nombre de pages : 71    Annexes : 6	Adresse : Boulevard Paul Leferme, 44600 Saint Nazaire
Année de soutenance : 2023	
Titre : La réduction des gaspillages et l'amélioration des postes de travail du personnel de production Title : Reduction of waste and improvement of workstations of production staff	
Résumé :  D'ici 2025, un nouvel atelier de décorticage verra le jour sur le site de Cargill Saint Nazaire. Ce projet vient en collaboration avec un développement du smart-manufacturing : la réduction des gaspillages et l'amélioration des postes de travail du personnel de production. La démarche pour déployer ce projet suivra la méthode DMAIC (définir, mesurer, analyser, innover et contrôler). Lors de cette étude, une phase d'audit est d'abord effectuée afin de relever l'ensemble des activités réalisées par le personnel de production. Des données quantitative (durée, fréquence, pénibilité) et qualitative (commentaires rendant compte des irritants) sont relevées durant cet audit. Ensuite, une phase d'analyse des causes à l'aide de différents outils comme le cinq pourquoi, le digramme d'Ishikawa ou encore le QQQCCP, a été réalisée. Pour donner suite à cette étape d'analyse, des brainstormings ont eu lieu afin de discuter d'innovations pouvant être effectuée au sein de l'entreprise, concernant les différents problèmes soulevés en phase d'audit. Enfin, certaines actions ont été mises en place puis contrôlées. Le pilotage de l'ensemble du projet m'a été confié.	
Abstract :  By 2025, a new decortication workshop will be created on the Cargill Saint Nazaire site. This development project comes in collaboration with a development of smart manufacturing: the reduction of waste and the improvement of the workstations of the production staff. The approach to conduct this project will follow the DMAIC method (define, measure, analyze, improve and control). During this study, an audit phase is first carried out to identify all the activities done by the production staff. Quantitative data (duration, frequency, annoying score) and qualitative data (comments reflecting annoying tasks) are identified during this audit. Then, a phase of analysis of causes using different tools such as the five why, the Ishikawa digram or the five W's, was carried out. As a follow-up to this analysis, brainstormings were held to discuss innovations that could be made within the company, concerning the various issues raised during the audit phase. Finally, some actions were implemented and then monitored. The whole project was entrusted to me.	
Mots-clés : Huile de tournesol, réduction de la charge de travail, gaspillage, fabrication intelligente, DMAIC. Key Words : Sunflower oil, workload reduction, waste, smart manufacturing, DMAIC.	