

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université a. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés.

Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des procédés de l'environnement.

Présenté par

RABOUHI Mohamed

Thème

**Optimisation de la consommation d'eau osmosée au niveau de la
raffinerie d'huile de CEVITAL-Bejaia par la méthode DMAIC**

Soutenue le 09/07/2024

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mr HAMMOU Taufik	MAA	Université de Bejaïa	Président
Mr KERKOUR Abdel hakim	Professeur	Université de Bejaïa	Examineur
Mr KETRANE Rachid	MCA	Université de Bejaïa	Encadrant
Mr MESSACI Noureddine	Cadre chez CEVITAL		Invité

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire, soit ma famille, mes amis ou mes collègues d'étude.

*Tout d'abord, je remercie sincèrement **M. KETRANE Rachid**, mon encadrant, pour son accompagnement, ses conseils avisés, et son soutien constant tout au long de cette étude. Sa disponibilité et son expertise ont été précieuses pour mener à bien ce projet.*

*Je tiens également à adresser mes plus vifs remerciements à **M. MESSACI Noureddine**, pour son accueil au sein de la raffinerie de l'huile de CEVITAL, ainsi que pour ses orientations techniques et son encadrement professionnel. Sa collaboration a été essentielle pour la réalisation de cette recherche.*

*Je tiens aussi à remercier **M. MAZZOUZI** le directeur des utilités d'avoir facilité mon stage chez CEVITAL, et d'avoir mis à notre disposition les moyens pour que notre étude soit menée à bien.*

*Je souhaite exprimer ma reconnaissance à **M. KERKOUR**, examinateur de jury, pour avoir accepté de participer à l'évaluation de ce mémoire.*

*Enfin, je remercie chaleureusement **M. HAMMOU**, président du jury, pour l'honneur qu'il me fait en présidant cette soutenance.*

À toutes ces personnes, je dis un grand merci pour leur aide et leur soutien indéfectibles.

Dédicace

Je dédie ce mémoire de fin d'études à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

À mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral et financier, et pour avoir toujours cru en moi. Vous avez été une source inépuisable de motivation et d'inspiration.

À mes sœurs, pour leur encouragement constant et leur patience.

A toute ma famille qui a toujours cru en moi.

À mes amis, pour leur présence, leur compréhension et leurs encouragements.

Merci d'avoir partagé avec moi les moments de doute comme les moments de réussite

Liste des abréviations

QHSE : Qualité, Hygiène, Sécurité, Santé et Environnement.

TPS: Toyota Production System.

MIT: Massachusetts Institute of Technology.

VSM: Value Stream Mapping.

TPM: Total Productive maintenance.

AMDEC : analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leurs criticités.

SMED: Single Minute Exchange of Die.

JMA: Japan Management Association.

PDCA: Plan, Do, Check, Act.

CTQ: Critical –to-Quality.

SIPOC: Suppliers, Input, Process, Output, Customers.

ISO: International Organization for Standardization.

OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series.

ACV : Analyse du cycle de vie.

EICV : Évaluation des impacts du cycle de vie.

IPE : Indicateurs performance environnementale.

IME : Indicateurs de gestion environnementale.

ICE : Indicateurs de condition environnementale.

IPO : Indicateurs de performance opérationnelle.

AIC : Animation à intervalle court.

KPI : Indicateurs Clés de Performance.

SQCDME : Sécurité, Qualité, Coût, Délai, Motivation, Environnement.

VOC : Voix du client.

STEP : Station d'épuration des eaux usées.

DCO : demande chimique en oxygène.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma représentant les étapes du 5S	7
Figure 2 : Exemple d'un arbre complexe causes à effets.	12
Figure 3 : Roue de Deming	13
Figure 4 : Chevauchement des paradigmes Lean et Green.....	16
Figure 5 : Representation de l'approche environnementale du Lean.	18
Figure 6 : Classification de Kano	28
Figure 7 : Boite noire.....	29
Figure 8 : Diagramme de Pareto	33
Figure 9 : Autocontrôle des processus.....	35
Figure 10 : Exemple d'une carte de contrôle	36
Figure 11 : Fonction de perte de Taguchi	36
Figure 12 : Schéma présentatif de la cartographie des foyers de consommation de l'unité des corps gras.	40
Figure 13 : Moyenne de consommation de raffinerie de l'huile en 2018.....	42
Figure 14 : Diagramme de CTQ de la VOC	43
Figure 15 : Cartographie de la consommation d'eau osmosée par la raffinerie de l'huile.	44
Figure 16 : Diagramme de Pareto de foyers de consommation	48
Figure 17 : Exemple de carte de contrôle.	50
Figure 18 : Diagramme de Pareto montrant la différence des volumes de consommation d'eau osmosée par les principaux foyers avant et après mise en place du projet.....	52
Figure 19 : Cartes de contrôle de consommation d'eau osmosée du bac d'eau chaude avant et après la réalisation du projet	54
Figure 20 : Carte de contrôle de consommation d'eau osmosée par le système du vide avant et après la réalisation du projet	55
Figure 21 : Carte de contrôle de consommation d'eau osmosée par l'extension avant et après la réalisation du projet.	56
Figure 22 : Schéma qui montre les gains réalisés par la démarche DMAIC.	60

Liste des tableaux

Tableau II : Tableau récapitulant les différentes étapes du 5S et leurs objectifs.	8
Tableau II : Diagramme du SIPOC	30
Tableau III : Tableau des consommations mensuels durant l'année 2018	41
Tableau IV : Utilisation de la méthode des 5 pourquoi pour trouver les causes racines.	46
Tableau V : Bilan des causes racines et leurs priorités	46
Tableau VI : Principaux foyers de consommation d'eau osmosée détectés par le diagramme de Pareto	48
Tableau VII : Gains journalier en volume d'eau osmosée au niveau des principaux foyers de consommation	52
Tableau VIII : Ensemble de consommation d'eau osmosée par les principaux foyers de consommation.	57
Tableau IX : Gains obtenus en volume et en équivalent KDZ depuis la mise en place du projet fin 2018 entre 2019 à 2023.....	58
Tableau X : Evolution de certains indicateurs avant et après la mise en place de la démarche DMAIC.	59

Sommaire

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	3
I.1. Eau et eau osmosée :	3
I.1.1. Généralités sur l'eau [1] :	3
I.1.2. Classification des eaux :	3
I.1.2.1. Eaux souterraines [2] :	3
I.1.2.2. Eaux de surface [3] :	4
I.1.2.3. Eaux de mers et océans [4] :	4
I.2. Définition de l'eau osmosée [5] :	4
I.1.3. Principe du phénomène de l'osmose inverse [5] :	4
I.2. Lean :	5
I.2.1. Historique [6,7,8] :	5
I.2.2. Définition du Lean [9,10] :	6
I.2.3. Outils du Lean [11] :	6
I.2.3.1. Outils d'analyse et de visualisation des processus :	7
I.2.3.2. Outils d'optimisation des flux et processus :	10
I.2.3.3. Outils de résolution de problèmes :	11
I.2.4. Facteurs de la réussite du Lean :	13
I.2.4.1. Organisation et des comportements individuels adaptés [21] :	13
I.2.4.1.1. Organisation [21] :	13
I.2.4.1.2. Comportements Individuels [21] :	14
I.2.4.2. Pratiques managériales spécifiques [21] :	14
I.2.4.3. Utilisation sélective et systématique de méthodes et d'outils [21] :	14
I.3. Lean Green:	15
I.3.1. Introduction [22]:	15
I.3.2. Historique du Lean green [23] :	16

I.3.3. Définition Lean green [24] :	16
I.3.4. Principes du Lean green [26] :	18
I.3.5. Intégration des Pratiques Vertes [27] :	19
I.3.6. Outils du Lean Green [28] :	20
I.3.6.1. Analyse du cycle de vie (ACV) [29] :	20
I.3.6.1.1. Définition de l'ACV [24] :	20
I.3.6.1.2. Principales étapes de l'ACV [29] :	20
I.3.6.1.3. Applications de l'ACV [29] :	21
I.3.6.2. Éco-conception [29] :	21
I.3.6.2.1. Principes de l'éco-conception [29] :	21
I.3.6.2.2. Étapes de l'éco-conception [29] :	21
I.3.6.3. Green Kaizen [29] :	22
I.3.6.3.1. Principes du Green Kaizen [29] :	22
I.3.6.3.2. Processus du Green Kaizen [29] :	22
I.3.6.3.3. Mise en œuvre du Green Kaizen [29] :	23
I.3.6.4. Indicateurs de performance environnementale (IPE) [29] :	23
I.3.6.4.1. Types d'Indicateurs de performance environnementale [29] :	23
I.3.7. Mise en œuvre du Lean Green [29] :	24
I.3.7.1 Introduction et objectifs [29] :	24
I.3.7.2. Évaluation initiale [29] :	24
I.3.7.3. Formation et sensibilisation [29] :	25
I.3.7.4. Planification des actions [29] :	25
I.3.7.5. Mise en œuvre des projets [29] :	25
I.3.7.6. Suivi et évaluation [29] :	25
I.3.7.7. Amélioration continue [29] :	26
I.3.7.8. Consolidation et pérennisation [29] :	26
I.3.7.9. Communication et partenariats [29] :	26
I.3.7.10. Évaluation finale et retour d'expérience [29] :	26
I.4. DMAIC :	27

I.4.2.1. Définition du DMAIC [30] :	27
I.4.2.2. Mise en œuvre du DMAIC :	27
I.4.2.2.1. ÉTAPE 1 : Définition du problème [31] :	27
I.4.2.2.2. ÉTAPE 2 : Mesure des paramètres [32] :	31
I.4.2.2.3. ÉTAPE 3 : Analyse des paramètres [32] :	32
I.4.2.2.4. ÉTAPE 4 : Amélioration des résultats du processus [31] :	33
I.4.2.2.5. ÉTAPE 5 : Contrôle de l'évolution des résultats [31] :	34
Chapitre II : Mise en œuvre pratique.....	38
II.1. Application de la méthode DMAIC au niveau de CEVITAL	38
II.2. Etapes et outils de la méthode DMAIC	38
II.2.1. Phase définir (Define) :	38
II.2.2. Phase mesurer (Measure) :	44
II.2.3. Phase analyse (Analyze) :	45
II.2.4. Phase innover ou améliorer (Improve) :	49
II.2.5. Phase contrôler ou maîtriser (Control) :	50
Chapitre III : Résultats et discussion	51
III.1. Preuves de résultats :	51
III.2. Diagramme de Pareto :	51
III.3. Carte de contrôle du bac d'eau chaude :	54
III.4. Carte de contrôle du système du vide :	55
III.5. Carte de contrôle de l'extension du vide :	56
III.6. Gains obtenus après la mise en place du projet :	57
III.7. Impact environnemental :	59
Conclusion	62
Perspectives	64
Annexe I	68
Annexes II	71

Résumé

Face aux défis croissants liés au stress hydrique régionale et aux impératifs de durabilité dans l'industrie agroalimentaire, ce manuscrit est un mémoire méthodologique qui analyse la gestion de la consommation d'eau osmosée au sein de la raffinerie d'huile du complexe CEVITAL-Bejaia.

L'objectif initial des équipes de la raffinerie d'huile consistait à réduire le ratio de consommation spécifique (m^3/tonne d'huile produite) de 0,571 à 0,542, en inscrivant la démarche dans une logique d'amélioration continue et de maîtrise des ressources critiques.

La méthodologie DMAIC, combinée aux principes du Lean, a servi de cadre managérial pour structurer l'analyse, mobiliser les équipes opérationnelles et orienter les décisions. L'étude a mis en évidence deux pôles principaux de surconsommation, le Bac d'eau chaude et le Système du vide/Extension, représentant près de 50 % des volumes utilisés.

Les actions engagées relèvent davantage d'une stratégie de gestion durable que de simples corrections techniques: rationalisation des circuits, fiabilisation de la mesure via la pose et la réparation de compteurs, mise en place d'un dispositif de surveillance favorisant la réactivité et la responsabilisation des équipes.

Cette dynamique collaborative et structurée a permis d'atteindre des performances bien supérieures aux objectifs, le ratio de consommation a été réduit à 0,34 m^3/tonne , soit un gain de 39 %. Les retombées environnementales et énergétiques sont tout aussi significatives, avec une baisse de 20% de la consommation électrique, 15 % de vapeur, une amélioration du rendement d'huile de 15 %, et une réduction de 50 % de la DCO des rejets.

Au-delà des résultats quantitatifs, ce travail démontre que l'intégration de méthodes de management comme DMAIC, associées à une vision écologique, constitue un levier puissant pour renforcer la résilience industrielle, améliorer l'efficacité opérationnelle et réduire l'empreinte environnementale.

Mots-clés : Management environnemental, DMAIC, Lean Green, Durabilité, Optimisation des ressources, Eau osmosée, Performance industrielle, CEVITAL.

Abstract

Faced with the growing challenges related to regional water stress and the imperatives of sustainability in the food industry, this manuscript is a methodological memoir that analyzes the management of osmosis water consumption within the oil refinery of the CEVITAL-Bejaia complex.

The initial objective of the oil refinery teams was to reduce the specific consumption ratio (m^3/ton of oil produced) from 0.571 to 0.542, by integrating the approach into a logic of continuous improvement and critical resource management. The DMAIC methodology, combined with Lean principles, served as a managerial framework to structure the analysis, mobilize operational teams, and guide decisions. The study highlighted two main areas of overconsumption: the hot water tank and the vacuum/extension system, accounting for nearly 50% of the volumes used.

The actions undertaken are more part of a sustainable management strategy than simple technical corrections: streamlining circuits, ensuring reliable measurement thru the installation and repair of meters, establishing a monitoring system that promotes responsiveness and team accountability.

This collaborative and structured dynamic has allowed for performances well above the objectives, the consumption ratio has been reduced to $0.34 \text{ m}^3/\text{ton}$, representing a gain of 39%. The environmental and energy benefits are equally significant, with a 20% reduction in electricity consumption, 15% in steam, a 15% improvement in oil yield, and a 50% reduction in the COD of discharges.

Beyond the quantitative results, this work demonstrates that the integration of management methods like DMAIC, combined with an ecological vision, is a powerful lever to strengthen industrial resilience, improve operational efficiency, and reduce environmental footprint.

Keywords : Environmental management, DMAIC, Lean Green, Sustainability, Resource optimization, Osmosis water, Industrial performance, CEVITAL.

Introduction

Introduction

Dans un contexte mondial marqué par une prise de conscience croissante des enjeux environnementaux et parmi ces enjeux le stress hydrique qui représente un vrai défi pour l'homme. Nul n'ignore que l'eau a toujours joué un rôle crucial dans l'histoire de l'humanité. L'eau est également à l'origine de conflits dans diverses régions du globe. Le conflit actuel entre l'Égypte, l'Éthiopie et le Soudan concerne le partage des eaux du Nil (fleuve international traversant huit pays). En outre, il est indéniable que l'eau revêt une importance capitale tant sur le plan économique, social, culturel que stratégique pour promouvoir un développement durable. Au début du 21ème siècle, l'eau est perçue comme un élément essentiel pour le développement économique et social et seuls les pays qui pourront préserver leur ressource en eau pourront s'inscrire dans la logique du développement durable.

En Algérie, pays considéré comme un pays en voie de développement, il est indéniable que la question de l'accès durable aux ressources en eau a été mise en avant par les autorités publiques. Cependant, il n'est pas possible de dire qu'il existe (ou qu'il y a eu) un débat approfondi sur la gestion de l'eau. Dans ces conditions, l'Algérie est confrontée à des sécheresses récurrentes depuis les années 1970, ce qui entraîne une dégradation progressive des ressources en eau. En effet, les problèmes de désertification, de salinisation des sols et de pollution des eaux superficielles se sont aggravés dans le pays, ce qui a des conséquences préoccupantes sur de nombreuses activités socio-économiques.

Ce croisement entre le Lean et l'environnement (écologie) a donné naissance au terme *Lean Green*. Toyota a été l'un des précurseurs en mettant en avant deux piliers de son système d'amélioration continu et le respect des collaborateurs. Ils représentent deux composantes importantes et incontournables dans la réduction de l'empreinte écologique des entreprises.

Le déploiement de la démarche Lean est un levier reconnu d'obtention des meilleures performances de manière pérenne et ce depuis des dizaines d'années.

Et l'une des plus grandes industries algériennes, CEVITAL, où son complexe agro-alimentaire se situe à Bejaia, fait face à la sécheresse qui touche la wilaya depuis des années déjà. Pour cela CEVITAL se donne comme objectif de trouver des solutions et adapter son mode de production afin que son activité ne soit pas touchée. Cela consiste à réduire sa consommation d'eau sans pour autant impacter ses performances industrielles.

Et parmi les solutions proposées, c'est l'application de la méthode *Lean* initialement développée à des fins économiques. Son principe est fondé sur l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et de la rentabilité, mais aussi la minimisation de l'empreinte écologique des entreprises, en se concentrant sur l'élimination des activités non créatrices de valeur, la chasse au gaspillage, l'optimisation des ressources en matière première, la réduction de la consommation de l'énergie liée principalement à la production d'eau osmosée et de vapeur d'eau et enfin la diminution des intrants.

Ce présent mémoire est une étude méthodologique réalisée entièrement au niveau du complexe agro-alimentaire CEVITAL de Bejaia.

Le manuscrit est subdivisé en trois chapitres. Dans le premier chapitre seront exposées brièvement des notions sur l'eau et de l'eau osmosée ainsi que la méthodologie Lean, sa philosophie, ces outils et la démarche de sa mise en place ainsi que les facteurs de réussite. Il sera aussi question du DMAIC qui est l'un des outils les plus importants du Lean. Le Lean Green sera aussi abordé afin de saisir l'utilité de l'application de la philosophie Lean pour l'écologie.

Dans le second chapitre sera exposé le déroulement détaillé du DMAIC et son application dans le cas de la raffinerie d'huile de CEVITAL.

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation des résultats saillants de cette étude méthodologique tout en montrant les résultats et les bénéfices réalisés après sa mise en place au sein de la raffinerie de l'huile de CEVITAL.

Enfin une conclusion et des perspectives d'études seront présentées pour clôturer ce manuscrit.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Eau et eau osmosée :

I.1.1. Généralités sur l'eau [1] :

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité et de toute espèce animale ou végétale sur terre et pour l'environnement d'une façon générale. Aucune substance liquide ne peut remplacer l'eau. En effet, elle a plusieurs particularités qui la rendent unique parmi les autres substances minérales. Dans sa phase liquide, elle a l'atout d'être un support des formes de vie. C'est le dissolvant des composants qui transporte les molécules clés et active les réactions chimiques. On parle aussi de l'eau en tant que molécule polaires disposant de terminaison positive

(Hydrogène) et une autre négative (Oxygène). Ses atomes d'hydrogènes ont la capacité de tendre des liaisons avec d'autres molécules. Aucun autre liquide ne peut former un réseau aussi souple et résistant et agir comme solvant à autant de substances acides ou basiques.

I.1.2. Classification des eaux :

La classification des eaux se fait selon leurs provenances et elles se classent de la façon suivante :

I.1.2.1. Eaux souterraines [2] :

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en, nappes phréatiques ou alluviales peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus et les nappes captives plus profondes que le premier et séparées de la surface par une couche imperméable.

L'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures. La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en général aux normes de potabilité, pourtant elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants.

I.1.2.2. Eaux de surface [3] :

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages, ...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

I.1.2.3. Eaux de mers et océans [4] :

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau. Elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète. Le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles).

Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité. Elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile. Notamment leur coût très élevé pour leur traitement.

Les eaux destinées aux industries subissent un traitement au préalable, et dans le cas de CEVITAL elle utilise de l'eau osmosée.

I.2. Définition de l'eau osmosée [5] :

L'eau osmosée est obtenue par le procédé de l'osmose inverse. C'est une séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression. Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et retiennent les particules, les sels dissous et les molécules organiques.

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression.

La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5 g/l.

I.1.3. Principe du phénomène de l'osmose inverse [5] :

Pour bien comprendre le phénomène de l'osmose inverse, il faut appréhender le phénomène de l'osmose. Le phénomène de l'osmose s'applique sur un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes. Un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée sera effectué, et une pression naîtra, elle se nomme la pression osmotique.

Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression supérieure à la pression osmotique sur la solution concentrée. La quantité d'eau transférée par osmose va diminuer, il arrivera un moment où le transfert va s'inverser. Et de là, le phénomène de l'osmose inverse est née.

Dance qui suit, sera développé le Lean car sa mise en place est un préalable à toute démarche à l'utilisation du DMAIC, le Lean développe et utilise les outils dont a besoin le DMAIC pour parvenir à des résultats durables dans le temps.

Dans la mise en place de la méthodologie DMAIC pour la résolution des problèmes complexes qui persistent ou qui deviennent une urgence pour la pérennité et la continuité de l'activité de l'entreprise les deux méthodologies deviennent complémentaires comme dans notre cas du stress hydrique ou le manque d'eau se profile à l'horizon. La chasse aux gaspillages et la réduction de la variabilité sont les grands chantiers à ouvrir.

I.2. Lean :

I.2.1. Historique [6,7,8] :

Le Lean a ses origines au Japon, chez Toyota, dans les années 1950. Kiichiro Toyoda et Taiichi Ohno, inspirés par les méthodes de production de Henry Ford, développent le Toyota Production System (TPS). Ils cherchent à éliminer tout gaspillage et à optimiser la production, la qualité et la fiabilité.

Les principes clés du TPS sont la production en flux tiré, l'amélioration continue et l'implication des employés via des cercles de qualité. Le système prouve son efficacité chez Toyota et se diffuse progressivement dans les entreprises japonaises.

Dans les années 1970, le TPS franchit les frontières et arrive aux États-Unis. En 1990, le livre "The Machine That Changed the World" de chercheurs du MIT popularise le terme "Lean Manufacturing" pour désigner ces méthodes japonaises.

Dans les années 2000, le Lean s'étend au-delà de l'industrie automobile et gagne les services. Malgré son succès, son déploiement n'est pas toujours optimal, se focalisant parfois trop sur les outils au détriment de l'esprit Lean.

Aujourd'hui, le Lean a largement dépassé le cadre de la production pour s'appliquer à tous types d'organisations. Ses bénéfices en termes de création de valeur et d'implication des équipes sont reconnus.

I.2.2. Définition du Lean [9,10] :

Le modèle Lean, qui est ancré dans la philosophie de l'élimination complète de tous les Mudras (gaspillages), imprègne tous les aspects de l'organisation dans la poursuite des méthodes les plus efficaces. Le Lean est un système complexe, qui englobe toute l'entreprise, n'exclut aucune fonction de l'organisation et place les hommes au cœur du changement.

On peut résumer ou encadrer la ligne directrice du Lean en cinq éléments qui sont les suivants :

- Définir la valeur.
- Identifier la chaîne de valeur.
- Obtenir un flux.
- Tirer la production.
- Viser la perfection en réalisant des améliorations immédiates et en continu.

Les principes du Lean sont recensés en dix éléments par Bösenberg et Metzen :

- Le groupe, l'équipe.
- La responsabilité personnelle.
- Le feed-back.
- L'éprit client.
- La priorité à la valeur ajoutée.
- La standardisation.
- L'amélioration continue.
- La suppression immédiate de la cause des défauts.
- Prévoir, planifier.
- Des petits gestes maîtrisés.

Quant aux pratiques Lean, les plus connues sont la production juste à temps, le Kanban, la qualité totale, l'amélioration continue ou le kaizen.

I.2.3. Outils du Lean [11] :

Les outils du Lean permettent cependant de faciliter son implémentation afin que celle-ci s'effectue de manière fluide et efficace, ces outils qui permettent généralement de faciliter la mise en place de ce système complexe, ainsi une description de chaque outil, permettant d'en

apprendre davantage sur le rôle qu'ils jouent dans le cadre d'une installation efficace de la gestion Lean.

I.2.3.1. Outils d'analyse et de visualisation des processus :

- **Méthode des 5 S [12]** : Cette méthode a été proposée par Takashi OSADA en 1991. C'est une technique de management japonaise visant à l'amélioration continue des tâches effectuées dans les entreprises. Le 5S (figure 1) est un sigle de cinq mots japonais : Seiri (débaras), Seiton (Rangement), Seiso (Nettoyage), Seiketsu (Ordre), Shitsuke (Rigueur).

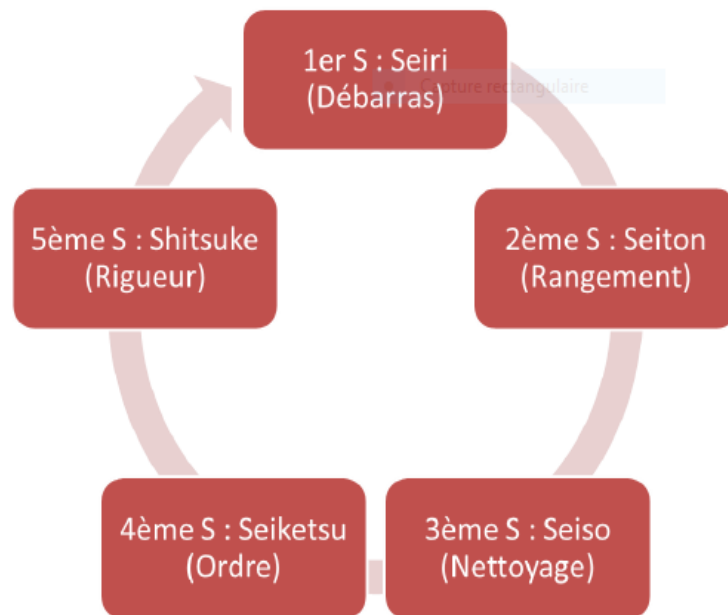


Figure 1 : Schéma représentant les étapes du 5S [12].

Le 5S permet la réorganisation du poste de travail en tenant compte de l'ergonomie, de la qualité et la sécurité de vie au travail. Chaque opérateur va s'approprier son poste de travail en s'imposant un entretien rigoureux et un rangement optimal.

Le 5S (Tableau I) est une méthode simple à comprendre et intuitive. Elle s'applique à tous et dans tous les environnements, aussi bien dans l'atelier, dans les postes de travail, dans les bureaux, les magasins de stockage, dans un entrepôt mais aussi chez soi.

Tableau I : Tableau récapitulant les différentes étapes du 5S et leurs objectifs [12].

Etapes	Objectifs
1S : SEIRI (Trier et débarrasser)	- Garder le strict nécessaire : Supprimer tout ce qui ne sert pas à l'exécution du travail. - Trier les objets en fonction de leurs fréquences d'utilisation. - Diminuer les temps de recherche.
2S : SEITON (Ranger)	- Ranger les objets utiles et nécessaires. - Placer ces objets au plus proche du poste de travail et selon la fréquence d'utilisation. - Retrouver les objets rapidement. - Conserver les objets en bon état.
3S : SEISO (Nettoyer)	- Nettoyer en profondeur tout l'environnement de travail ainsi que le poste de travail. - Responsabiliser les opérateurs en leur attribuant des zones de nettoyage pour leur faire respecter le nettoyage. - Rendre intolérable la saleté et le désordre
4S : SEIKETSU (Standardiser)	- Définir chaque zone visuellement par un marquage au sol, affichage, étiquettes. - Formaliser les pratiques et les faire respecter.
5S : SHITSUKE (Suivre et faire évoluer)	- Maintenir les efforts faits et les faire évoluer Suivre et faire évoluer. - Évaluer les résultats obtenus. - Pratiquer la démarche d'amélioration continue.

- **Value Stream Mapping (VSM) [13]** : La Value Stream Mapping, ou cartographie des chaînes de valeur en français, est un outil Lean qui permet d'analyser toutes les étapes de

réalisation d'un produit ou service jusqu'à sa disponibilité pour le client final. Le résultat est une représentation visuelle qui vise à identifier les améliorations possibles de l'ensemble de la chaîne de valeur, dont notamment la réduction du délai entre la première et la dernière étape, appelé Lead Time. Le VSM décrit à la fois les étapes à valeur ajoutée et celles sans valeur ajoutée, qui amènent un produit d'un état initial à un état final. Voici les principes du VSM :

- C'est une représentation visuelle sous forme de flowchart qui illustre toutes les étapes critiques d'un processus spécifique.
- Elle quantifie facilement le temps et le volume à chaque étape.
- Elle montre le flux des matériaux et des informations au fur et à mesure de leur progression dans le processus.
- L'objectif est d'identifier et d'éliminer les gaspillages (muda) dans la chaîne de valeur pour augmenter l'efficacité.
- Il existe deux types de cartes VSM : l'état actuel (situation présente) et l'état futur (situation cible après amélioration).
- Un ensemble de symboles standardisés est utilisé pour représenter les différents flux et activités.

➤ **Total Productive maintenance (TPM) [14,15]** : La Total Productive Maintenance, ou Maintenance Productive Totale en français, est née au Japon en 1971. C'est une évolution des méthodes de maintenance visant à améliorer le rendement des machines par une démarche proactive. L'objectif de la TPM est de maintenir les machines en bon état, c'est-à-dire de réparer, de nettoyer, de graisser et d'accepter d'y consacrer le temps nécessaire. La TPM vise à produire plus et mieux sans investissement productif supplémentaire.

Elle permet de s'attaquer aux gaspillages et de maximiser le temps productif, de réduire le temps non productif dû aux arrêts et pannes, de maintenir les cadences optimales et de réduire la non-qualité.

Il y a des consignes à suivre pour pratiquer la TPM. Elles se présentent comme suit :

- Sauvegarder et analyser tous les aléas de production.

- S'appuyer sur l'AMDEC (analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leurs criticités), pour évaluer et calculer les défaillances possibles d'un équipement à partir d'une analyse fonctionnelle en s'efforçant d'en déterminer les causes et les effets.
- Mettre au point un plan de maintenance préventive et définir qui intervient et quand sensibiliser les opérateurs à la maintenance et aux 5 S (propreté d'équipements) et les former à effectuer des tâches d'auto-maintenance.

I.2.3.2. Outils d'optimisation des flux et processus :

- **Single Minute Exchange of Die (SMED) [16,17]** : Ou en français « changement d'outils en moins de dix minutes » est une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié. Cette méthode vient d'un constat fait par Shingo (Japan Management Association ou JMA) et Ohno (Toyota), qu'il fallait diminuer drastiquement les temps de changements pour accélérer les flux. Ceci permettrait d'avoir une bonne maîtrise des changements, les lots pouvant donc être de plus petite taille et correspondre au principe de « Just-In-Time ».

Selon Hohmann : « parmi les événements qui pénalisent le plus la performance productive des machines se trouvent la durée et la fréquence des changements de séries ». C'est à dire que les changements des séries doivent se faire en suivant des méthodes et dans le cas contraire il y a un risque de perdre un temps précieux.

Pour que les opérateurs exécutent la démarche SMED, ils doivent subir une formation préalable et appliquer les étapes suivantes :

- **Identifier** : observation du processus et identification des opérations.
- **Extraire** : transfert d'opérations internes (est une opération faite pendant l'arrêt de la machine) en opérations externes (est une opération réalisée pendant que la machine fonctionne) sans coûts supplémentaires.
- **Convertir** : conversion d'opérations internes en opérations externes.
- **Réduire** : Réduction de la durée des opérations internes restantes.

La méthode SMED présente des avantages dans le développement de la sécurité des personnes, la qualité des produits et la formation du personnel.

On déduit que l'implication, la formation du personnel et les méthodes standardisées, garantissent la réussite et la pérennité d'un chantier SMED.

➤ **Kanban [18]** : Le Kanban un terme japonais qui signifie enseigne, panneau ou étiquette, il permet de piloter la fabrication en fonction des consommations réelles clients, et s'inscrit ainsi dans la maîtrise de la production en flux tirés. Le kanban permet également de matérialiser une alerte, car visuellement on peut connaître les stocks (matières premières, unités fabriquées) et ainsi de piloter les lignes de fabrication. Alors, si un stock atteint sa limite basse, on va se rendre compte de cette limite atteinte et ainsi de déclencher le réapprovisionnement de ce stock. Son objectif est de relier la consommation réelle du client à la production et des stocks, ainsi une coordination de tiré les flux en temps réel s'installent. Pour appliquer ce système avec la meilleure des efficacités faut respecter certaines règles de bases :

- L'entité en aval prélève le nombre de pièces indiqués sur le kanban à l'entité en amont.
- L'entité en amont produit la quantité strictement nécessaire et suivant la séquence indiquée par le kanban.
- Aucune pièce ne peut être produite ou déplacée sans Kanban.

Ainsi, une boucle de Kanban est constituée entre un client et son fournisseur.

I.2.3.3. Outils de résolution de problèmes :

➤ **Les 5 Pourquoi [19]** : Démocratisée par l'ingénieur industriel japonais Taiichi OHNO, c'est une méthode qui consiste à poser cinq fois la question pourquoi pour identifier les causes racines d'un problème ou d'un dysfonctionnement plutôt que sur la recherche d'un fautif. Le premier pourquoi va répondre aux causes premières (symptomatiques) et le dernier pourquoi va donner la cause racine. Elle est présentée généralement par un arbre des causes qui se construit d'une façon logique et chronologique autour des incidents produits, et cela va permettre de mettre en action un plan de résolution des problèmes ainsi une prévention et une généralisation va se mettre en place pour toutes les situations similaires dans l'organisme.

Beaucoup considère à tort que chaque pourquoi amène une réponse unique mais dans la réalité les relations cause à effets sont complexes, voici la figure (2) qui illustre ce cas :

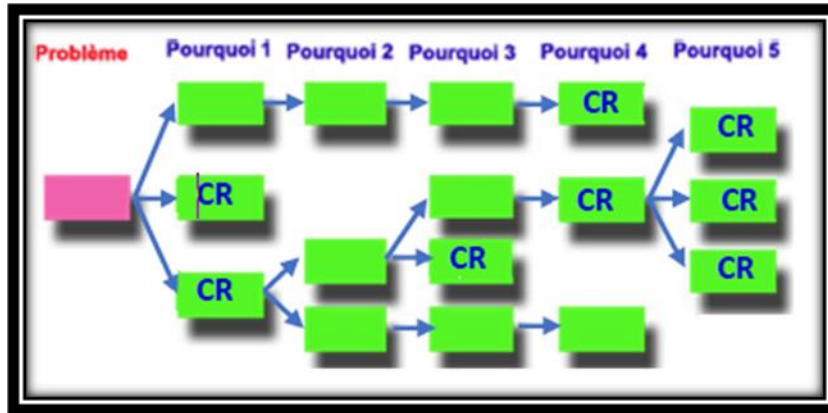


Figure 2 : Exemple d'un arbre complexe causes à effets [19].

- **Roue de Deming (PDCA) [20] :** C'est une méthode qui présente quatre phases à enchaîner successivement il s'agit de répéter (Plan, Do, Check, Act) tant que le niveau attendu n'est pas atteint. Elle a été inventée par le statisticien américain Walter A Shewhart. Les trois étapes (concevoir une hypothèse, mener une expérience et tester l'hypothèse) constituent un processus dynamique dans l'acquisition des connaissances scientifiques. Pour Shewhart, ces trois étapes servent aussi de base dans les processus d'amélioration continue des industries. En 1950, William Edwards Deming, statisticien américain, a popularisé le principe de Shewhart, en présentant le cycle de Shewhart, désigné plus tard sous le nom de roue de Deming, à l'organisation patronale japonaise. La roue de Deming (figure3), appelée aussi PDCA est une théorie organisationnelle utilisée dans de nombreux domaines tel que la science et le management.

La PDCA est un cycle composé de quatre étapes :

- Plan (planifier) : préparation des réalisations en identifiant les problèmes, en définissant les causes racines et en établissant un planning.
- Do (faire) : réalisation des actions planifiées en respectant les dispositions définies à la première étape.
- Check (vérifier) : dans cette étape, il s'agit d'étudier les résultats en utilisant les indicateurs de performance. Il faut s'assurer que les objectifs définis lors du « Plan » sont atteints.

- Act (agir) : cette dernière étape consiste à ancrer, c'est-à-dire standardiser ce qui est mis en place. Et étudier une nouvelle amélioration, et réagir en cas d'échec en déployant un nouveau PDCA.

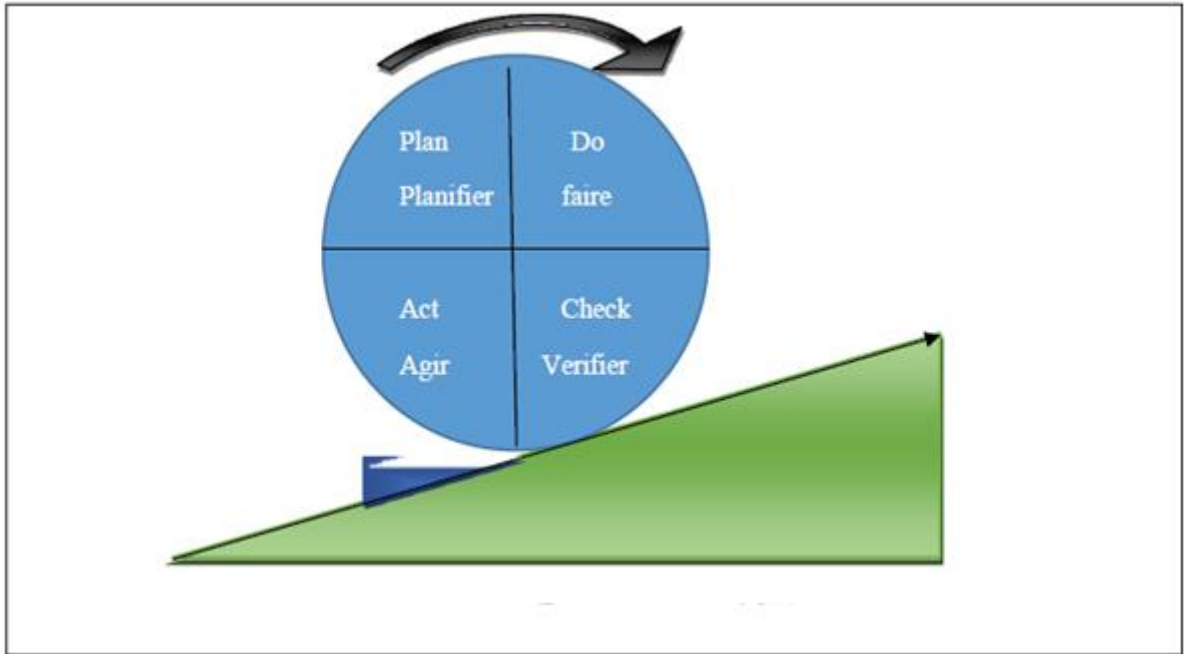


Figure 3 : Roue de Deming [20].

I.2.4. Facteurs de la réussite du Lean :

I.2.4.1. Organisation et des comportements individuels adaptés [21] :

La réussite de la mise en œuvre du Lean repose sur l'organisation et les comportements individuels. Afin de concevoir une organisation qui respecte la philosophie Lean, il est primordial de prendre en compte les éléments suivants :

I.2.4.1.1. Organisation [21] :

- **Culture de l'Amélioration Continue** : L'organisation doit prioriser l'amélioration continue et inciter tous ses membres à y participer activement.
- **Leadership Engagé** : Les dirigeants doivent comprendre et adopter la philosophie Lean, montrer l'exemple et être prêts à soutenir les initiatives d'amélioration continue de leur équipe.

- **Structure Organique** : Une structure organisationnelle plus horizontale facilite la communication ouverte, favorise une meilleure coopération entre les différents niveaux de l'organisation et encourage la participation de chacun.

I.2.4.1.2. Comportements Individuels [21] :

- **Rôle Actif** : Il est essentiel pour les individus de prendre l'initiative afin de repérer les opportunités d'amélioration et de prendre des mesures pour les mettre en pratique.
- **Collaboration** : Le succès du Lean repose sur la capacité des individus à collaborer en équipe. Cela exige que chacun comprenne son rôle et valorise les contributions des autres.
- **Esprit Critique** : Les individus doivent être formés à observer, questionner et analyser de manière critique les processus de travail, ce qui est essentiel pour identifier les gaspillages.
- **Développement Professionnel** : Il est crucial de continuer à apprendre et de se développer professionnellement afin de préserver la motivation et l'engagement des individus.

I.2.4.2. Pratiques managériales spécifiques [21] :

Il est crucial de mettre en place certaines pratiques managériales spécifiques afin de soutenir de manière efficace la mise en œuvre du Lean Management. Voici certaines des méthodes les plus essentielles : Le leadership, définition de la vision et des objectifs, le soutien et l'encouragement, une communication transparente, le développement des compétences, la responsabilisation, la gestion visuelle, la résolution proactive des problèmes, la reconnaissance et la récompense. En appliquant ces méthodes de gestion, les entreprises peuvent instaurer un cadre favorable à la réussite de leur transformation Lean, en mobilisant et en motivant leurs équipes pour atteindre l'excellence opérationnelle.

I.2.4.3. Utilisation sélective et systématique de méthodes et d'outils [21] :

La mise en place de la réussite du Lean nécessite une utilisation sélective et systématique des méthodes et des outils, et pour que cette approche soit appliquée, voici la manière à respecter : Évaluation des besoins et des buts, choix des approches et des instruments Formation et préparation Mise en œuvre graduelle Incorporation dans la culture de l'entreprise Observation et évaluation Partage des méthodes les plus efficaces et Adaptation aux exigences évolutives. Les organisations peuvent optimiser l'impact de leurs efforts d'amélioration continue en adoptant une approche sélective et systématique des méthodes et des outils Lean, tout en assurant une

utilisation efficace des ressources disponibles. Cela offre également la possibilité de poser des fondations solides pour une transformation Lean durable et fructueuse.

I.3. Lean Green:

I.3.1. Introduction [22]:

La prise de conscience des enjeux environnementaux a commencé à se développer à partir des années 1980, avec une inquiétude grandissante quant aux conséquences des activités industrielles sur l'environnement. Le rapport Brundtland de 1987 a rendu le concept de développement durable plus populaire, définissant le développement durable comme « un développement qui répond aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins ». Sachant que le Lean met l'accent sur l'efficacité des opérations et la diminution des pertes, en faisant disparaître les activités non productives, il aide à diminuer la consommation de ressources naturelles, les émissions de CO₂ et la génération de déchets. En encourageant une utilisation adéquate des ressources, en diminuant les délais et en cherchant constamment à améliorer, nous conduit à établir une relation entre le Lean et le développement durable (environnement) qu'on le voit bien dans la figure (4), et de cette rencontre entre les deux, le concept du Lean Green a vu le jour. L'objectif est d'appliquer le Lean pour promouvoir l'environnement.

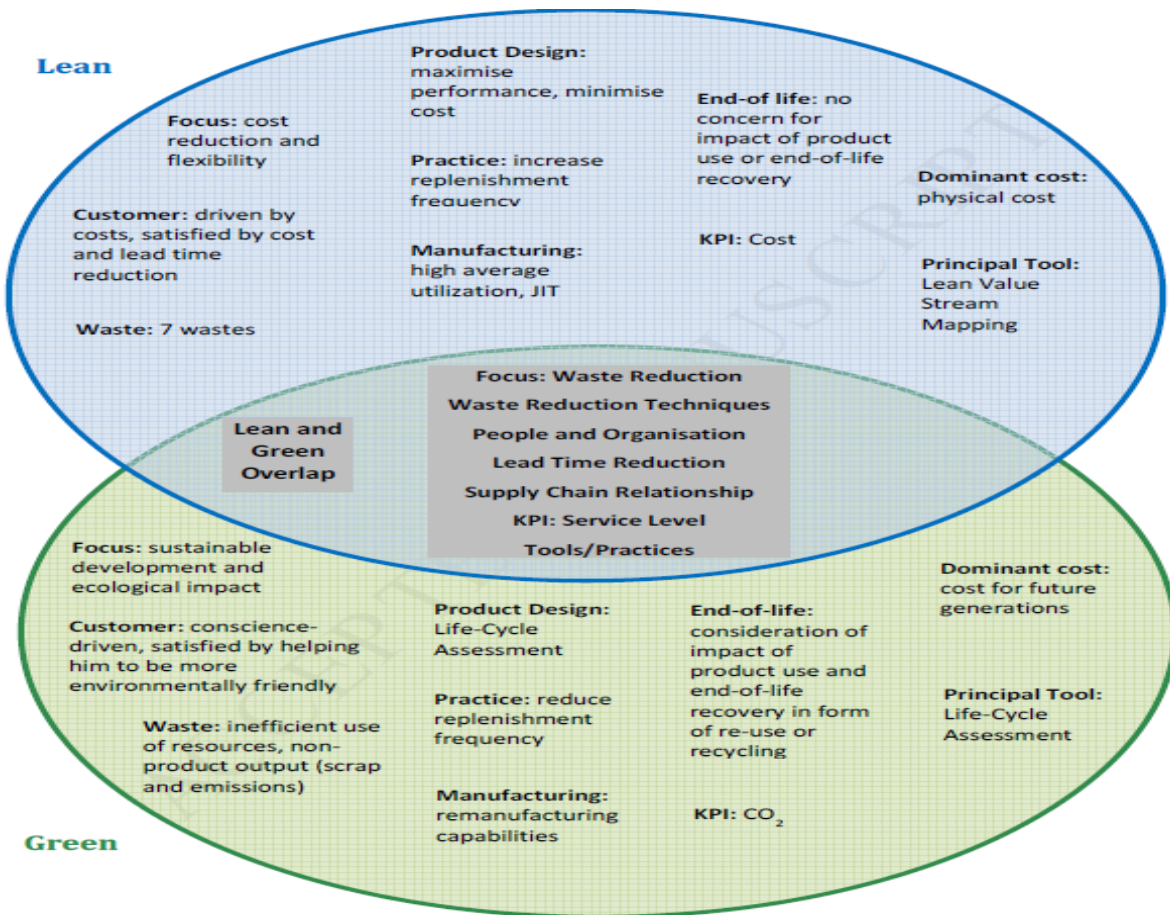


Figure 4 : Chevauchement des paradigmes Lean et Green [23].

Et dans ce chapitre on va expliquer le Lean Green et comment le mettre en œuvre.

I.3.2. Historique du Lean green [23] :

Dans les années 1990 et 2000, le concept de Lean Green a commencé à se concrétiser en fusionnant les principes Lean avec les objectifs environnementaux. En réponse à la demande de diminuer l'empreinte écologique des activités économiques. Le programme Lean & Green a été mis en place aux Pays-Bas en 2008, dans le but de diminuer de 20 % les émissions de CO₂ du transport et de la logistique au cours d'une période maximale de cinq ans. Plusieurs éléments ont été à l'origine de cette intégration : la prise de conscience des conséquences environnementales des gaspillages, les contraintes réglementaires et sociales, ainsi que l'avantage économique.

I.3.3. Définition Lean green [24] :

Lean Green désigne une approche qui combine deux concepts essentiels le Lean et le développement durable illustré dans la figure 4. La philosophie de gestion Lean Green combine

les principes du Lean, en mettant l'accent sur l'amélioration de l'efficacité et la diminution des déchets, tout en accordant une attention particulière à la durabilité et à la diminution de l'impact sur l'environnement.

Il vise non seulement à éliminer les déchets qui ne sont pas bénéfiques pour le produit ou le service, mais également à prendre en compte l'impact environnemental de ces déchets. Ceci implique de prendre en compte non seulement les déchets physiques, mais également les pertes d'énergie, l'utilisation excessive des ressources et les émissions qui contribuent au changement climatique.

L'idée derrière le Lean Green est que les entreprises peuvent être à la fois plus efficaces et plus écologiques, elles peuvent diminuer leur empreinte écologique tout en améliorant leurs performances en cherchant des solutions pour réduire les déchets et améliorer l'efficacité.

Dans cette optique la durabilité et l'efficacité ne sont pas indissociables, mais peuvent se renforcer mutuellement. De nombreuses organisations et entreprises à travers le monde ont adoptées la démarche Lean Green afin d'atteindre une efficacité accrue tout en minimisant les dommages à l'environnement. Les entreprises qui adoptent cette méthode optent pour des matériaux et des ressources plus durables afin de diminuer les déchets et les inefficiences dans leurs méthodes de production, les émissions et les impacts environnementaux tout au long de leur cycle de vie (figure5).

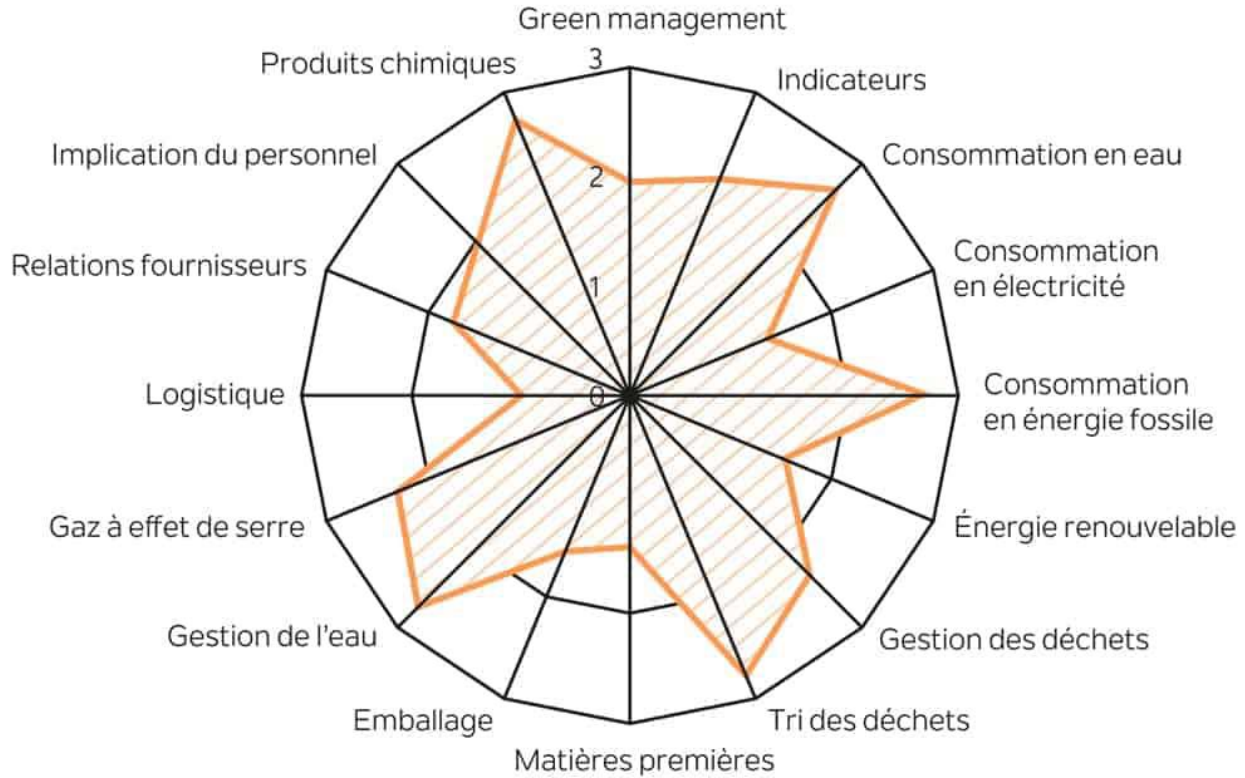


Figure 5 : Représentation de l'approche environnementale du Lean [25].

I.3.4. Principes du Lean green [26] :

Les principes du Lean Green combinent les fondamentaux du Lean avec les objectifs de la production durable, qui sont les suivants :

- **Identifier la valeur :** Dans le contexte du Lean Green, cela signifie de comprendre ce qui est important du point de vue environnemental.
- **Élimination des déchets :** Il englobe non seulement les déchets matériels, mais également les déchets énergétiques et les émissions qui contribuent au changement climatique.
- **Flux de valeur :** Réduire au maximum l'empreinte écologique du processus de l'achat des matières premières jusqu'à la livraison du produit ou du service final.
- **Répondre à la demande du client :** Au lieu de planifier la production, il faut produire à la demande afin de réduire au minimum les stocks en cherchant à minimiser l'empreinte écologique de ces derniers.
- **Amélioration continue :** Il s'agit d'un principe essentiel du Lean et il s'applique aussi au Lean Green. L'objectif est de rechercher constamment des solutions pour améliorer les

processus, non seulement afin d'accroître leur efficacité, mais également afin de diminuer leur impact sur l'environnement.

- **Respect des personnes et de la planète :** Il s'agit d'une application du principe Lean du respect des individus. Il souligne également que les entreprises ont également la responsabilité de préserver l'environnement.
- **Partenariats durables avec les fournisseurs :** Selon le Lean Green, il est recommandé de collaborer avec des fournisseurs qui partagent les mêmes principes de durabilité et de préservation de la nature.

On déduit que le Lean Green est une philosophie qui cherche à aligner les entreprises sur leurs clients, leurs employés et la planète.

I.3.5. Intégration des Pratiques Vertes [27] :

Cela nécessite de mettre en place des politiques, des procédures et des technologies visant à diminuer l'impact sur l'environnement tout en préservant la rentabilité économique et en satisfaisant les besoins sociaux. Et voici les automatismes les plus importants qu'il faut suivre pour une industrie :

- **La réduction des déchets :** La diminution des déchets joue un rôle crucial dans les pratiques écologiques et le développement durable. Son objectif est de réduire au maximum la quantité de déchets produites par les personnes, les entreprises et les collectivités, tout en favorisant la réutilisation, le recyclage et la valorisation des matériaux. Voici quelques approches essentielles pour diminuer les déchets : Prévention, réutilisation, recyclage, compostage, éducation et sensibilisation.
- **L'efficacité énergétique :** C'est de réduire la consommation d'énergie tout en garantissant le même niveau de service ou de confort. Il constitue un élément fondamental des pratiques écologiques car il permet de diminuer la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre et les dépenses tout en préservant les ressources naturelles.
- **La gestion des ressources :** La gestion des ressources joue un rôle essentiel dans le développement durable et les pratiques vertes. Son objectif est d'utiliser de manière efficace et responsable les ressources naturelles afin de réduire l'impact sur l'environnement tout en répondant aux besoins du client ou de l'industrie.

- **Le cycle de vie des produits** : L'analyse du cycle de vie des produits (ou ACV) est une approche qui permet d'évaluer les conséquences environnementales d'un produit ou d'un service à travers ses différentes étapes, depuis sa conception jusqu'à sa fin de vie. Le but est de saisir et de réduire au minimum les conséquences néfastes sur l'environnement. Voici les étapes clés du processus de production des produits : Extraction des matières premières, conception, production et fabrication, transport et distribution, utilisation, fin de vie et gestion des déchets.

I.3.6. Outils du Lean Green [28] :

Les outils du Lean Green sont ceux du Lean orientés vers la durabilité environnementale, voici certains de ces outils les plus utilisés dans les industries :

I.3.6.1. Analyse du cycle de vie (ACV) [29] :

I.3.6.1.1. Définition de l'ACV [24] :

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une approche employée afin d'évaluer les conséquences environnementales liées à toutes les étapes de la vie d'un produit, d'un processus ou d'un service. Cette évaluation englobe l'ensemble du cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la gestion à la fin de vie, en passant par la production.

I.3.6.1.2. Principales étapes de l'ACV [29] :

- **Définition de l'objectif et du champ d'application** : Il s'agit de définir avec précision les objectifs de l'ACV, la portée de l'étude, les limites du système et les hypothèses sous-jacentes sont indispensables pour cette première étape. Cela comprend la sélection de l'unité fonctionnelle, qui représente une évaluation de la performance du système.
- **Inventaire du cycle de vie (ICV)** : Cette étape consiste à mesurer toutes les entrées et sorties du système. Ceci englobe les ressources énergétiques, les matières premières, les émissions dans l'air, l'eau et le sol, ainsi que les déchets produits tout au long de la durée de vie du produit.
- **Évaluation des impacts du cycle de vie (EICV)** : Cette phase implique d'évaluer les éventuelles conséquences environnementales en se basant sur les résultats de l'inventaire. Les conséquences peuvent englober diverses catégories comme le changement climatique, l'acidification, la diminution de la couche d'ozone, l'eutrophisation et la diminution des ressources existantes.

- **Interprétation des résultats :** Enfin, il s'agit d'interpréter les résultats de l'ICV et de l'EICV afin de repérer les points clés, de formuler des recommandations et de prendre des décisions intelligentes. Cela englobe également une évaluation de la sensibilité et une évaluation des incertitudes.

I.3.6.1.3. Applications de l'ACV [29] :

L'utilisation de l'ACV se fait dans différents domaines, tels que l'amélioration de la performance environnementale des produits, l'information des décideurs sur les meilleures options en matière de gestion des ressources et de réduction des impacts environnementaux, la transparence des informations sur les impacts environnementaux des produits aux consommateurs et l'évaluation et la comparaison des impacts environnementaux de produits alternatifs.

I.3.6.2. Éco-conception [29] :

L'éco-conception est une méthode de création de produits et de services qui vise à réduire au maximum les conséquences environnementales tout au long de leur existence. Dès les premières étapes de la conception, elle prend en compte des aspects environnementaux pour diminuer l'impact écologique des produits, améliorer leur efficacité et promouvoir la durabilité.

I.3.6.2.1. Principes de l'éco-conception [29] :

Pour bien appliquer l'éco-conception il faut suivre les principes suivants : Minimisation des ressources, choix des matériaux, durabilité, efficacité énergétique, réduction des déchets, réduction des émissions et modularité et réparabilité.

I.3.6.2.2. Étapes de l'éco-conception [29] :

Après avoir bien saisi les principes de l'éco-conception, il faut déployer les étapes suivantes :

- Analyse initiale.
- Définition des objectifs.
- Recherche et développement.
- Conception.
- Prototypage et tests.
- Mise en œuvre et production.
- Suivi et amélioration continue.

I.3.6.3. Green Kaizen [29] :

Le Green Kaizen est une méthode de gestion qui associe les principes du Kaizen, une approche de l'amélioration continue, à des objectifs écologiques. L'objectif de cette approche est de diminuer l'empreinte écologique des activités industrielles et commerciales tout en améliorant l'efficacité et en diminuant les dépenses.

I.3.6.3.1. Principes du Green Kaizen [29] :

- **Amélioration continue** : Le Green Kaizen repose sur des améliorations progressives et constantes plutôt que sur des changements radicaux.
- **Implication de tous les employés** : Encourager tous les membres de l'organisation, à participer activement à la détection des opportunités d'amélioration environnementale.
- **Petits changements, grands impacts** : Se concentrer sur de petits ajustements et améliorations qui, cumulés, peuvent conduire à des réductions significatives des impacts environnementaux.
- **Réduction des déchets et des inefficacités** : Identifier et éliminer les déchets sous toutes leurs formes, y compris les matériaux, l'énergie et le temps.
- **Éducation et sensibilisation** : Former les employés sur les pratiques durables et les inciter à penser de manière écologique dans leurs tâches quotidiennes.

I.3.6.3.2. Processus du Green Kaizen [29] :

- **Identification des opportunités** : Identifier les zones où il est possible de réaliser des améliorations environnementales. On peut accomplir cela en effectuant des audits environnementaux, en observant quotidiennement l'environnement ou en écoutant les suggestions des employés.
- **Analyse des causes** : Pour comprendre les causes profondes des problèmes identifiés, il est possible d'utiliser des outils tels que les diagrammes de causes et d'effets (diagramme d'Ishikawa).
- **Développement de solutions** : Proposer des réponses aux problèmes repérés en mettant l'accent sur des modifications simples et pratiques.
- **Mise en œuvre des améliorations** : Mise en œuvre des solutions élaborées et surveillance des résultats afin de garantir leur efficacité.

- **Évaluation et ajustement** : Réaliser une évaluation des améliorations réalisées et adapter les processus en fonction des résultats obtenus.
- **Normalisation** : Encourager l'intégration des améliorations efficaces dans les procédures habituelles de l'entreprise afin de garantir leur pérennité à long terme.

I.3.6.3.3. Mise en œuvre du Green Kaizen [29] :

- **Engagement de la direction** : La direction doit s'engager à soutenir et à promouvoir les initiatives Green Kaizen.
- **Formation et sensibilisation** : Former les employés aux principes du Green Kaizen et aux pratiques durables.
- **Création de comités Green Kaizen** : Former des équipes dédiées à l'identification et à la mise en œuvre des améliorations environnementales.
- **Suivi et rapport** : Mettre en place des systèmes de suivi pour mesurer les progrès et rapporter les résultats des initiatives Green Kaizen.

I.3.6.4. Indicateurs de performance environnementale (IPE) [29] :

Les IPE sont des instruments de mesure qui permettent d'évaluer et de suivre l'impact environnemental des activités, des produits ou des services d'une entreprise. Ces indicateurs permettent aux entreprises de saisir leurs résultats environnementaux, de repérer les secteurs qui nécessitent des améliorations, et de faire part de leurs avancées aux parties prenantes.

I.3.6.4.1. Types d'Indicateurs de performance environnementale [29] :

- **Indicateurs de gestion environnementale (IME)** : Les IME sont des instruments indispensables pour évaluer et surveiller les résultats environnementaux d'une entreprise, d'une organisation ou d'une activité. Ils offrent des informations chiffrées et objectives qui permettent de saisir les conséquences environnementales, tel que le nombre de formations environnementales suivies par les employés, la mise à jour des politiques environnementales et les certificats obtenus (comme ISO 14001), aussi de repérer les secteurs nécessitant des améliorations et de mesurer les avancées accomplies par rapport aux objectifs environnementaux établis.

- **Indicateurs de condition environnementale (ICE) :** Les ICE sont des indicateurs qui évaluent l'état de l'environnement naturel en se basant sur les conséquences des activités humaines. Ils offrent des renseignements concernant la qualité et la santé des écosystèmes par exemple la qualité de l'air et de l'eau, niveau de biodiversité sur le site et l'indice de pollution locale. Cela permet de repérer les tendances et les changements environnementales.
- **Indicateurs de performance opérationnelle (IPO) :** Les IPO sont des indicateurs précis employés afin d'évaluer l'efficacité et l'efficience des processus et des opérations au sein d'une entreprise. Ces indicateurs donnent des renseignements sur l'utilisation des ressources et sur les résultats des activités quotidiennes, tel que la quantité de déchets générés, la consommation d'énergie, volume d'eau utilisé et les émissions de gaz à effet de serre. Ce qui permet de repérer les domaines qui nécessitent des améliorations et de garantir un suivi constant des avancées.

I.3.7. Mise en œuvre du Lean Green [29] :

Pour que le Lean Green soit bien performant dans une industrie ou une organisation, il faut suivre les étapes suivantes :

I.3.7.1 Introduction et objectifs [29] :

Tout d'abord il est nécessaire d'exposer les idées du Lean Green, et expliquer les avantages pour le secteur concerné, ainsi définir des objectifs précis de la mise en place du Lean Green (réduction des dépenses, réduction de l'impact environnemental et augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources).

I.3.7.2. Évaluation initiale [29] :

Cette étape est essentielle pour mettre en œuvre toute stratégie de gestion, y compris la gestion de l'environnement. Son utilisation permet de saisir l'état actuel de l'organisation ou du projet en relation avec les objectifs établis. Elle se divise en deux étapes qui sont les suivantes :

- **Analyse des processus existants :** Cartographier les processus actuels pour identifier les gaspillages (muda) et les inefficacités et évaluer l'impact environnemental des différentes étapes de la production.

- **Mesurer les performances** : Collecter des données sur la consommation d'énergie, l'utilisation des ressources, les émissions de gaz à effet de serre, etc.

I.3.7.3. Formation et sensibilisation [29] :

Il s'agit de former les employés aux principes et outils du Lean Green, ainsi les sensibiliser aux enjeux environnementaux et aux pratiques durables. Cela permettra de promouvoir une culture d'amélioration continue et de respect de l'environnement.

I.3.7.4. Planification des actions [29] :

L'objectif est de créer des plans précis afin de mettre en place les améliorations et d'atteindre les objectifs fixés. Cette étape assure que les actions sont correctement organisées, responsables et en accord avec les objectifs de l'entreprise. Pour que cette planification soit efficace faut suivre les étapes suivantes :

- Définition des Objectifs et des Cibles.
- Identification des Actions Prioritaires.
- Élaboration du Plan d'Action.
- Assignation des Responsabilités.
- Évaluation des Risques et des Opportunités.
- Développement des Indicateurs de Suivi.
- Communication et Engagement des Parties Prenantes.

I.3.7.5. Mise en œuvre des projets [29] :

Pour une mise en œuvre efficace faut sélectionner quelques processus pour des projets pilotes, appliquer les outils Lean (VSM, 5S, Kaizen) pour éliminer les gaspillages et améliorer l'efficacité, intégrer des pratiques écologiques (réduction des déchets, optimisation de l'utilisation des ressources) et étendre les succès des projets pilotes à d'autres processus de l'organisation.

I.3.7.6. Suivi et évaluation [29] :

Faut assurer un contrôle continu en surveillant les indicateurs de performances et de l'impact environnementale, et réaliser des audits réguliers pour assurer le maintien des améliorations. Il est également nécessaire de préparer des rapports réguliers pour communiquer les progrès à

l'ensemble de l'organisation et recueillir les feedbacks des employés pour des améliorations continues.

I.3.7.7. Amélioration continue [29] :

On peut l'assurer en utilisant les outils du Lean, tel que la méthode PDCA (Plan-Do-Check-Act) pour chaque projet afin de garantir une amélioration continue, et encourager l'innovation de l'adoption de nouvelles technologies vertes.

I.3.7.8. Consolidation et pérennisation [29] :

Ici l'objectif est d'intégrer les pratiques Lean Green dans les politiques et procédures de l'organisation, et travailler vers des certifications environnementales (ISO 14001) et Lean (Lean Six Sigma).

I.3.7.9. Communication et partenariats [29] :

Une communication Interne consiste à Informer régulièrement les employés sur les avancées et les succès du programme Lean Green. Et pour les partenariats il faut une collaboration avec les acteurs externes comme les fournisseurs pour étendre les pratiques durables à l'ensemble de la chaîne de valeur.

I.3.7.10. Évaluation finale et retour d'expérience [29] :

Dans cette étape, il faut mettre en place une évaluation des résultats globaux par rapport aux objectifs initiaux, documenter les leçons apprises et les meilleures pratiques et enfin définir les étapes à venir pour continuer à progresser dans l'optimisation Lean Green.

I.4. DMAIC :

I.4.2.1. Définition du DMAIC [30] :

La méthode DMAIC est un acronyme qui signifie Define (définir), Measure (mesurer), Analyze (analyser), Improve (améliorer), Control (contrôler). Cette méthode est une composante centrale de l'approche Six Sigma, une méthode structurée de management développée par Motorola.

Les différentes étapes de la méthode DMAIC se définissent comme suit :

- **Define (définir) :** Dans cette étape, on pose le problème, puis on identifie sur quels produits se trouvent les défauts. Par la suite, il s'agit de sélectionner avec précision les défauts mesurables, en limitant le champ de travail et en fixant les objectifs.
- **Measure (mesurer) :** Il s'agit dans cette deuxième étape de collecter les informations disponibles à propos de la situation courante, ces données collectées seront rassemblées et catégorisées.
- **Analyze (analyser) :** À la suite de l'étape de mesure, il s'agit d'étudier l'ampleur des défauts, rechercher les causes probables de ces derniers, émettre des hypothèses et faire des analyses quantitatives des données grâce à des outils mathématiques et statistiques.
- **Improve (améliorer) :** La phase de l'amélioration consiste à rechercher, proposer et faire appliquer des solutions adaptées pour chaque situation. Il s'agit de trouver une ou plusieurs solutions appropriées pour chacune des causes des défauts.
- **Control (contrôler) :** Une fois que l'entreprise a mis en place les solutions dégagées, il ne reste qu'à suivre l'évolution de la nouvelle situation, analyser les résultats et mesurer l'efficacité des solutions appliquées.

Cette méthode est très utile pour améliorer les processus de production et la qualité des produits et services. Elle repose à la fois sur l'écoute des clients et sur des données mesurables et fiables.

I.4.2.2. Mise en œuvre du DMAIC :

I.4.2.2.1. ÉTAPE 1 : Définition du problème [31] :

L'étape de la définition du problème est cruciale car elle consiste à déterminer le projet sur lequel l'équipe de travail va se concentrer. La définition du problème à résoudre est relative aux besoins exprimés par les parties prenantes (direction, employés, clients, collectivités locales, partenaires, fournisseurs, ...). Le choix de la problématique est fait selon les gains financiers que l'application de la méthode DMAIC va générer suite à l'amélioration d'un processus donné.

Une fois que le problème a été sélectionné, une charte de travail doit être mise en œuvre. Pour la rédaction de cette charte l'entreprise doit définir l'objectif recherché, le périmètre du projet, l'équipe de travail et le planning et la durée de l'exécution de la méthode DMAIC.

Certains outils pour bien amener cette étape :

- **Diagramme CTQ (Critical –to-Quality) [31]** : Ce diagramme a pour but de formuler les besoins des parties prenantes sous forme d'exigences capables d'être mesurées par l'entreprise, ces exigences sont d'ordre de qualité, de coût, de délai, d'hygiène, de sécurité, de santé et d'environnement. Ces exigences qui sont ensuite traduites en caractéristiques critiques de la qualité, il permet de déterminer les objectifs à atteindre, ces objectifs sont placés comme cibles ou comme normes.
- **Modèle de Kano [26]** : Ce diagramme (figure 6) classe les différentes caractéristiques d'un produit ou d'un service selon les différentes perceptions du client ou de toute autre partie prenante. Cette classification est distinguée de six catégories de caractéristiques.

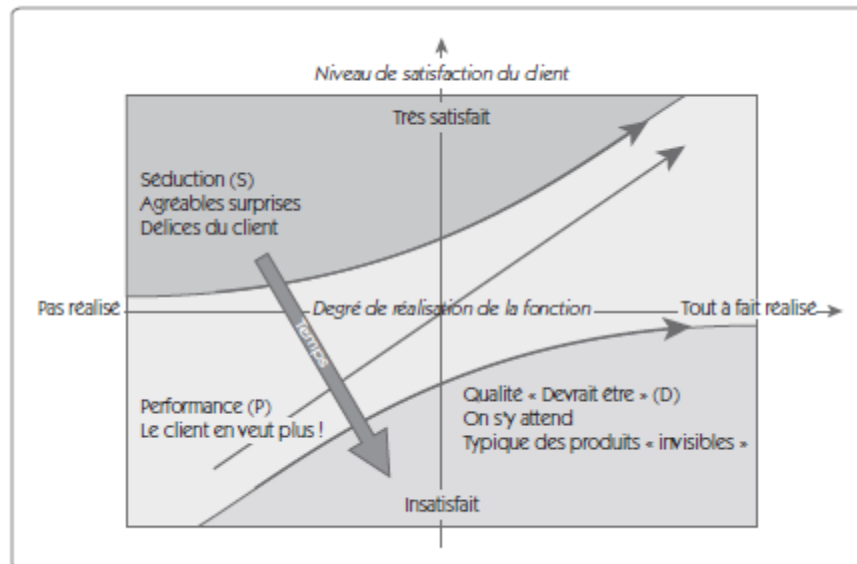


Figure 6 : Classification de Kano [31].

Les six catégories de caractéristiques :

- **Indifférent** : La caractéristique n'intéresse aucunement le client.
- **Devrait être** : La présence de la performance indiffère la partie prenante, cependant son absence provoque une insatisfaction.
- **Performance** : La satisfaction du client est proportionnelle à la performance de la caractéristique, son absence crée une insatisfaction en revanche sa présence crée une satisfaction.
- **Séduction** : L'absence de performance crée une indifférence, par contre sa présence déclenche un coût de cœur qui est la source de l'acte de la consommation.
- **Questionnable** : Les réponses au questionnaire sont démunies de sens.
- **Opposable** : Les réponses vont à l'encontre des attentes de l'enquête.

- **Boite noire [31]** : La boîte noire (figure 7) représente une cartographie basique d'un ou de plusieurs processus. C'est une méthode efficace pour illustrer d'une manière simple et claire les variables d'entrée, les variables de sorties ainsi que les facteurs qui perturbent l'efficacité du processus.

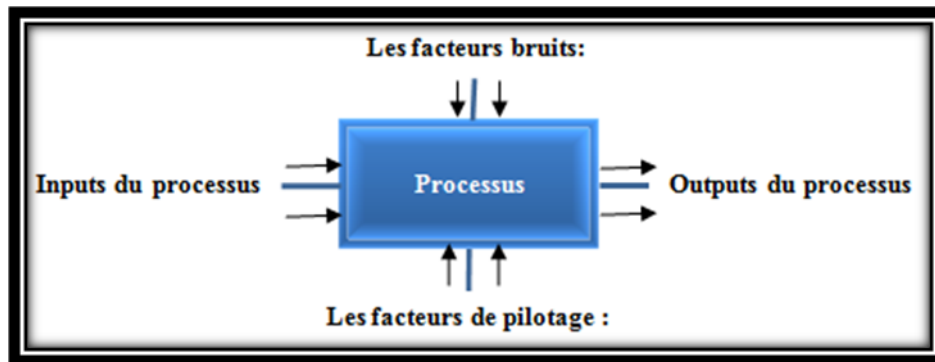


Figure 7 : Boite noire [31].

Les facteurs de pilotage sont les paramètres que l'entreprise régit, elle a un contrôle sur eux et peut les réguler et modeler selon ses besoins. En revanche les facteurs bruits sont des éléments externes que l'entreprise ou que le processus subit ; le rôle de l'entité consiste alors à les identifier et minimiser leur impact au maximum sur la performance des processus.

- **Diagramme SIPOC [31]** : Le diagramme de SIPOC (tableau II) (Suppliers, Input, Process, Output, Customers) ou en français (fournisseur, entrée, processus, résultat et client) permet d'illustrer clairement les flux de matières et d'informations circulant dans un processus donné. Cette traçabilité permet d'identifier les aléas ainsi que leurs causes et les acteurs concernés.

Tableau II : Diagramme du SIPOC [31].

Suppliers	Input	Process	Output	Customer
Les fournisseurs du processus en matière d'informations et de matières	Les matières et informations d'entrée	Les opérations du processus	Les résultats du processus (matières, et informations).	Les parties intéressées par les outputs du processus

- **Modèle QQQCP [31]** : Ce modèle permet à un groupe de travail de poser les bonnes questions visant à identifier, comprendre et cerner tous les paramètres qui influent négativement sur la performance d'un processus. Ce modèle s'élabore en sept étapes :
- **Quoi ?** : Cette étape permet de cerner le problème en définissant l'objet de l'aléa, le type d'opération ainsi que la nature du problème.
 - **Qui ?** : Il s'agit d'identifier les acteurs concernés selon leur niveau hiérarchique, leur appartenance à une fonction, leur qualification, leur rôle et responsabilité, etc.
 - **Où ?** : Dans cette étape, il est important d'identifier le lieu où ce problème se produit.
 - **Quand ?** : Après la détermination du lieu, il faut savoir la fréquence et la durée d'apparition du problème ;
 - **Comment ?** : Cette étape permet de comprendre comment est-ce que l'équipe de travail doit procéder afin d'éliminer ce problème en définissant le matériel, les matières et méthodes adéquates.

- **Combien ?** : Il s'agit de mentionner le nombre de fois où ce problème a lieu d'être dans un espace de temps donné ;
- **Pourquoi ?** : Cette dernière étape permet de comprendre les raisons poussant à ce que ce problème se passe comme il se passe.

I.4.2.2.2. ÉTAPE 2 : Mesure des paramètres [32] :

L'étape de mesure consiste à évaluer réellement la performance des processus concernés par l'étude dans leur état actuel. L'évaluation de leur performance se fait par rapport aux objectifs, critères et exigences des parties prenantes (clients, employés, direction, collectivités locales, associations, partenaires, etc.).

Pour bien mener cette étape il faut respecter la méthodologie suivante :

- **Diagramme des relations [32]** : Le diagramme des relations a pour principal de répondre à la question "pourquoi ?". Après la formulation du problème dans l'étape "définir", il s'agit maintenant d'identifier les causes qui génèrent le problème en question. Grâce à la constitution d'une équipe de travail et des "post-it" les participants opèrent un tri pour éliminer les causes de moindre importance de façon à ne conserver que les causes principales qui sont les plus influentes sur la variabilité et la perte de performance du processus.
Une relation entre les différents niveaux de causes est ensuite établie après l'identification de l'ensemble des causes.
- **Diagramme de causes-à-effets [32]** : Le diagramme de causes-à-effets, appelé aussi diagramme d'Ishikawa ou diagramme des 5 M vise à montrer le problème (effet) d'un côté, et ses causes potentielles qui sont des facteurs susceptibles de l'influer de l'autre côté. Ces causes de dysfonctionnement ou d'un problème sont regroupés en cinq grandes familles, appelés les 5M afin de les représenter d'une façon claire et structurée :
- **Main-d'œuvre** : Analyse des acteurs (employés) concernés par le processus principal ou secondaire de toute catégorie et de niveau hiérarchique différents.
- **Matériel** : Analyse des équipements, des machines, des locaux, etc.
- **Matière** : Analyse de tout ce qui est consommable comme la matière première ou toute autre matière à transformer par le processus.

- **Méthode** : Analyse du management, de la gestion et de la façon de faire qu'elle puisse être orale ou écrite comme les procédures et les instructions de travail.

- **Milieu** : Analyse des environnements physique et humain, des conditions de travail, des aspects relationnels entre les employés comme la résistance au stress, le style de leadership, le dénouement des crises et conflits, etc.

- **Maitrise statistique des processus [32]** : La technique du MSP connue aussi comme le SPC (Statistical Process Control) a comme rôle d'appliquer un contrôle en cours ainsi qu'à la source. Sachant que le taux de satisfaction varie d'une partie prenante à une autre à un degré de différence minime ou important, la MSP opère donc à maîtriser la variation de la dispersion autour de la cible à atteindre. L'application de la MSP peut se faire sur n'importe quel phénomène exigeant la nécessité de respect des tolérances et des objectifs assignés par l'entreprise.

I.4.2.2.3. ÉTAPE 3 : Analyse des paramètres [32] :

Les deux précédentes étapes permettent de faire une cartographie du processus concerné en permettant d'identifier les entrées (inputs généralement formulés par les exigences des parties prenantes) potentiels et les résultats (outputs généralement le degré de satisfaction des parties prenantes) qui influent sur la variabilité. Les entrées et les sorties permettent de constituer une base de données mesurable qui permet d'analyser d'une façon détaillée le processus principal et les processus annexes ou secondaires.

L'étape "analyser" permet d'analyser avant tout, les sorties de la boîte noire, puis les entrées afin de sélectionner ceux qui génèrent de la variabilité, ensuite la relation existante entre elles.

Pour bien réaliser cette analyse il faut suivre les étapes suivantes :

- **Diagramme de Pareto [32]** : Le diagramme de Pareto est un histogramme qui classe les causes des problèmes selon l'importance de leur fréquence, son but est de mettre en vitrine les principales causes influant sur un processus donné. Ce diagramme s'appuie sur la loi des 80/20 qui suppose que 20% des causes sont à l'origine de 80% des problèmes. Le diagramme de Pareto (figure 8) classe l'importance des causes selon leur pourcentage et leur fréquence ; la fréquence cumulée de l'ensemble des causes atteint un total de 100%.

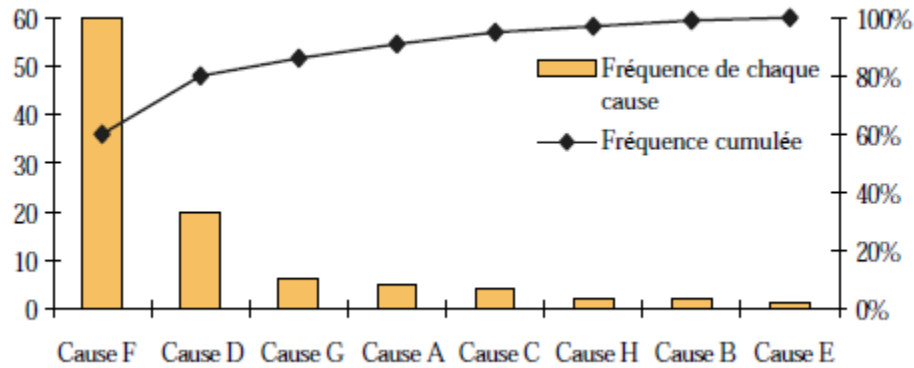


Figure 8 : Diagramme de Pareto [32].

- **Plans d'expériences [32]** : La méthode des plans d'expériences est une méthode mathématique statistique qui permet de décrire et de prévoir l'évolution d'un processus ou d'un phénomène à travers quelques expériences à exécuter. Cette méthode permet d'obtenir un maximum d'informations à travers l'élaboration d'un modèle mathématique tout en réduisant le nombre d'opérations à réaliser.

I.4.2.2.4. ÉTAPE 4 : Amélioration des résultats du processus [31] :

Après une analyse des causes de dispersion, cette étape permet d'améliorer le processus grâce à la réduction maximale de la variabilité. L'amélioration des performances d'un processus vise essentiellement à faire centrer toutes les valeurs de la distribution autour de la cible (objectif de l'entreprise), ainsi qu'à réduire l'écart entre la moyenne de distribution et la cible fixée par les normes (ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001) et par la politique de l'entreprise.

Voici la méthode à suivre pour réussir cette quatrième étape :

- **Brainstorming [31]** : Le brainstorming consiste à regrouper un nombre de personnels en groupes de travail afin de proposer des solutions sur un problème donné. Les relations informelles jouent ici un rôle primordial dans la santé de l'esprit d'équipe et du management des conflits.
- **Cercle de qualité [31]** : Un cercle de qualité consiste en la constitution d'un petit groupe de travail chargé sur les lieux même où travaillent les membres de ce groupe.
- **Focus groupes [31]** : C'est des groupes de parties prenantes d'une organisation, notamment les directeurs, les employés, les clients, les fournisseurs, les concurrents et les

représentants locaux. L'objectif est d'impliquer toutes les parties prenantes dans l'élaboration de solutions aux problèmes de l'entreprise, en veillant à ce que les exigences de chacun soient satisfaites tout en ayant une nouvelle approche externe.

- **Vote simple [31]** : Le but de cette méthode est de réunir un groupe de personnes de services différents afin de participer à un vote. Des solutions sont proposées afin de résoudre un problème donné, le but est donc de voter à tour de rôle et de compter le nombre de voix obtenues pour chaque idée. Les idées ayant reçu le maximum de voix sont ensuite analysées en abordant les pour et les contre, un deuxième vote est ensuite mis en place afin de sélectionner les meilleures idées préalablement sélectionnées.
- **Vote pondéré [31]** : Cette méthode est pratiquement la même avec le vote simple, cependant au lieu d'attribuer une voix pour chaque idée proposée, les acteurs sont dans ce cas chargés de voter à tour de rôle en accordant :
 - Trois voix pour une idée importante.
 - Deux voix pour une idée de seconde position.
 - Une voix pour une idée de troisième position.

La somme des points obtenus pour chaque idée détermine alors le projet des actions correctives ou préventives à appliquer.

I.4.2.2.5. ÉTAPE 5 : Contrôle de l'évolution des résultats [31] :

Après la détermination des solutions adéquates à appliquer, la finalité de la méthode DMAIC consiste à contrôler l'application et la bonne mise en œuvre des améliorations qui veut dire détermination des limites de tolérances, contrôle des facteurs générant la variabilité, élimination des facteurs générant la variabilité, formalisation de la documentation et standardisation et pérennisation.

Voici la méthode du contrôle de l'évolution des résultats :

- **Feuille de relevé de données [31]** : Les données sont présentées sous forme de tableaux et sont utilisées pour mesurer la différence entre les objectifs des actions correctives et leur degré de réalisation et d'atteinte des normes. Chaque feuille de relevé est réservée à un certain type d'informations à recueillir ainsi qu'à leurs critères de classement spatiotemporel et de faisabilité ; les échantillons de pointage sont définis et donnent une idée assez globale du niveau de performance de l'entreprise.

- **Contrôle par échantillonnage [31]** : Le critère le plus important est le choix de la quantité à contrôler afin que l'échantillon soit réellement représentatif de l'ensemble de la qualité de la marchandise, du degré de satisfaction des parties prenantes ou encore du réel niveau de performance de l'entreprise.
- **Autocontrôle [31]** : L'autocontrôle (figure 9) consiste en la définition claire de normes de QHSE, matières, intervalles de tolérances et de dimensions que l'entreprise doit mettre en place sous forme de systèmes de mesure. L'approche de processus est une condition primordiale pour l'application de l'autocontrôle.

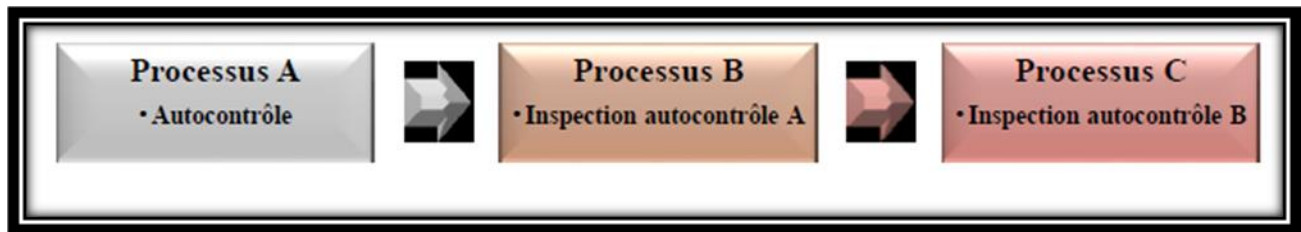


Figure 9 : Autocontrôle des processus [31].

- **Méthode des cinq zéros plus deux [31]** : Est une technique qui permet à l'entreprise d'atteindre une qualité totale, et pour cela, celle-ci doit définir sept objectifs primordiaux pour l'atteinte de l'excellence "worldcalss" qui sont : zéro papier, zéro délai, zéro panne, zéro défaut, zéro stock, zéro accident et zéro contrôle.
- **Cartes de contrôle [31]** : Les cartes de contrôles sont des graphiques linéaires qui évaluent et maintiennent la stabilité d'un processus selon les limites inférieure et supérieure de contrôle. Les feuilles de relevé et le contrôle par échantillonnage représentent une source de données que les cartes de contrôle exploitent pour analyser la performance de l'entreprise ou du processus dans l'espace et dans le temps. La carte de contrôle a besoin de deux types de données :
 - Valeur mesurée : longueur, poids, temps, ...
 - Valeur comptée : nombre de défauts, nombre de défaillances, ...

La carte de contrôle (figure 10) regroupe l'ensemble des valeurs prélevées, illustre l'évolution d'un paramètre dans le temps où d'une unité à une autre. La moyenne représente la valeur que toutes les données doivent atteindre, les bornes inférieures LCI (Limite de Contrôle Inférieur) et

supérieure LCS (Limite de Contrôle Supérieur) représentent les limites (tolérances) que les valeurs ne doivent pas dépasser.

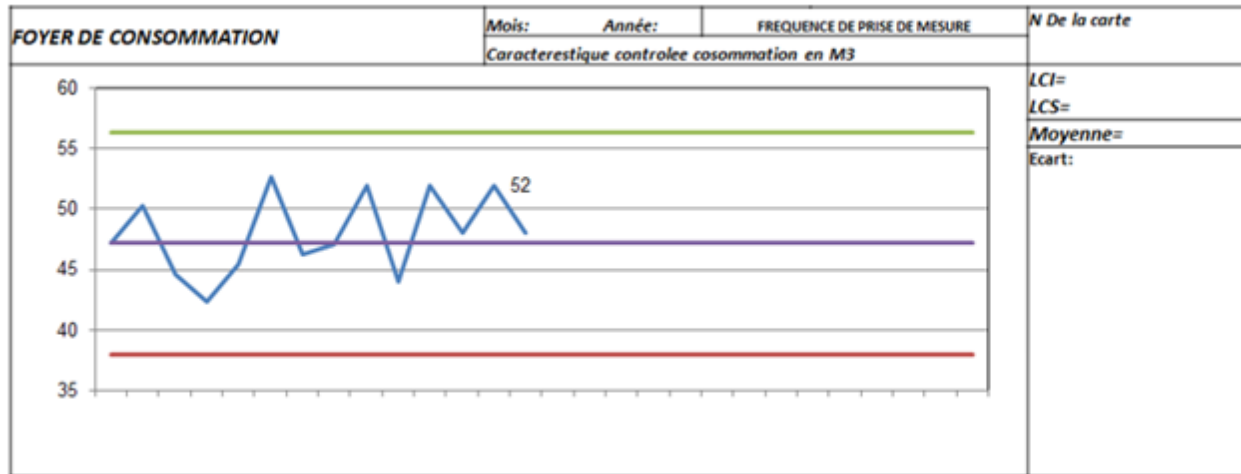


Figure 10 : Exemple d'une carte de contrôle [31].

- **Fonction de perte de Taguchi [26]** : Cette fonction est utilisée aussi bien dans l'étape "mesurer" que dans l'étape "contrôler", elle sert dans cette situation à contrôler l'évolution de la moyenne des valeurs de pointage par rapport à la cible recherchée par l'entreprise comme le montre la figure I.9. Plus l'écart s'agrandit entre la moyenne et la cible, plus le processus tente à se décentraliser de plus en plus par rapport à la cible.

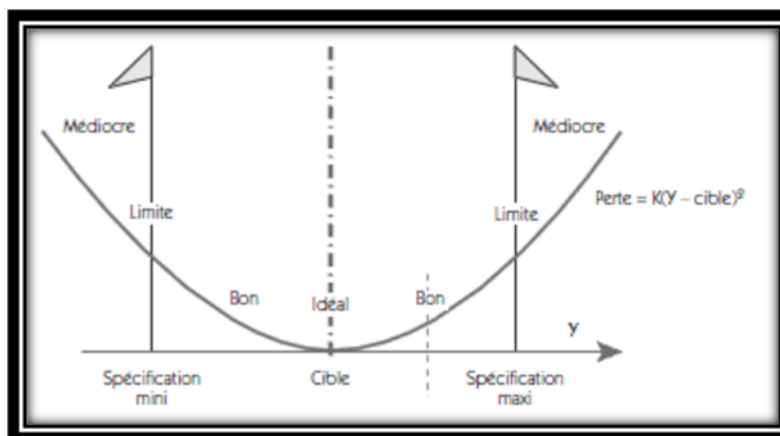


Figure 11 : Fonction de perte de Taguchi [31].

La figure I.9 illustre les bornes spécifiques inférieure et supérieure de la distribution des valeurs selon la loi normale. Le but de l'utilisation de cette méthode est l'évaluation globale des coûts

d'obtention de la qualité mais aussi des coûts liés à la non-qualité ; l'objectif est d'identifier les facteurs influant positivement sur la réduction de la perte financière en développant les facteurs agissants positivement et en éliminant ceux qui engendrent une performance médiocre.

Chapitre II : Mise en œuvre pratique

Chapitre II : Mise en œuvre pratique

Les entreprises ont toujours cherché des façons d'améliorer l'efficacité et l'efficience de leurs procédés et ce en s'intéressant à des approches de gestion de projet. C'est cet intérêt qui a fait émerger le DMAIC qui est axé sur des données et une méthodologie pour éliminer les gaspillages et les défauts durant les différents processus. Le DMAIC se base sur les boîtes à outils et les statistiques pour améliorer les performances. Comme toutes les méthodes de résolution de problèmes, la méthode DMAIC est soumise au compromis. Elle s'applique à une large gamme de problèmes et aide à structurer des systèmes de problèmes plus complexes et aussi à découvrir les véritables causes racines avec une approche appropriée basée sur la base de données.

II.1. Application de la méthode DMAIC au niveau de CEVITAL

Les différentes activités industrielles de CEVITAL sont amenées à réduire leurs consommations d'eau, car elles se trouvent dans une zone de stress hydrique. Alors le recours au DMAIC et aux outils statistiques s'avèrent une excellente opportunité afin de pérenniser leurs activités.

Le champ d'application du DMAIC se portera sur la raffinerie de l'huile qui est une des plus grandes consommatrices d'eau osmosée dans le complexe agroalimentaire de CEVITAL et ce par la nature même de ses activités.

II.2. Etapes et outils de la méthode DMAIC

Dans ce qui suit seront présentés les différentes étapes et outils utilisés dans la méthode DMAIC. Cette méthode se déroule dans une chronologie bien définie et chaque étape possède ses propres outils.

II.2.1. Phase définir (Define) :

Cette phase consiste à décrire les caractéristiques de la raffinerie de l'huile, Définir le champ d'application et l'objectif du projet.

Objectif visé de l'étude :

L'objectif principal de cette étude est de réduire la consommation d'eau osmosée de la raffinerie de l'huile de CEVITAL.

Dans ce qui suit sont donnés quelques indicateurs, à savoir :

- Année de référence : 2018
- La consommation de la raffinerie de l'huile en eau osmosée est de 293 494 m³ qui représente 44% de l'utilisation de tout le complexe agroalimentaire de CEVITAL.
- A titre indicatif, le prix du mètre cube d'eau osmosée est de 108,15 DZ.

Le critère pertinent est le ratio de consommation d'eau osmosée en m³ par rapport à chaque tonne d'huile produite.

Pour l'année 2018, ce dernier est 0,571 m³ d'eau osmosée/tonne d'huile produite.

L'objectif visé est de ramener ce ratio 0,571 m³ d'eau osmosée/tonne d'huile produite à un ratio de 0,542 m³ d'eau osmosée/tonne d'huile produite, ce qui correspond à une réduction significative de 5%.

Le projet a été lancé au niveau de la raffinerie de l'huile, car c'est la plus grande consommatrice et il sera plus intéressant de réduire la consommation de cette unité.

Tout projet DMAIC nécessite d'avoir plus de détails et un plan de collecte de données pour pouvoir exploiter les données récoltées au début du projet. Voici le détail des consommations.

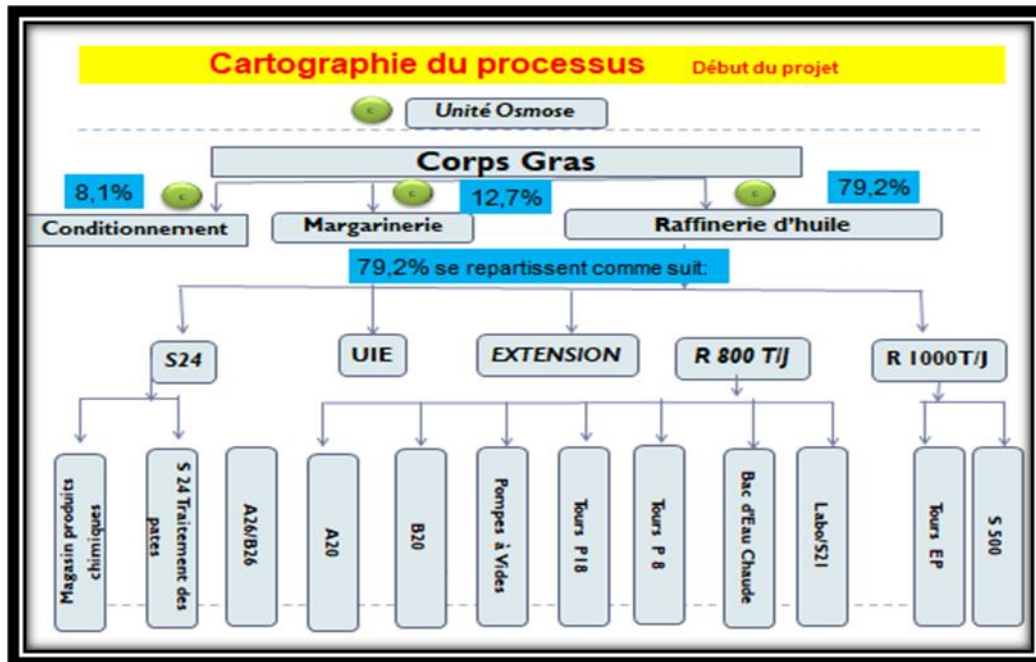


Figure 12 : Schéma présentatif de la cartographie des foyers de consommation de l'unité des corps gras [Document interne de CEVITAL].

Selon la cartographie du processus (figure 12) la distribution d'eau osmosée au sein de l'unité des corps gras se fait de tel sorte :

- 8,1% conditionnement.
- 12,7% margarinerie.
- 79,2% raffinerie de l'huile.

Et le (Tableau III) montre la consommation de l'eau osmosée de la raffinerie de l'huile durant l'année 2018.

Tableau III : Tableau des consommations mensuels durant l'année 2018 [Document interne de CEVITAL].

Année 2018	Consommation d'eau osmosée mensuelle en m ³	Production mensuelle de l'huile en tonne	Ratio de consommation de l'eau osmosée en m ³ / tonne d'huile produite	Moyenne de consommation journalière de l'eau osmosée
Janvier	22 744	49 923	0,46	734
Février	18 686	39 396	0,47	667
Mars	21 283	45 653	0,47	687
Avril	23 040	46 802	0,49	768
Mars	24 287	49 242	0,49	783
Juin	23 707	35 986	0,66	790
Juillet	26 482	41 533	0,637	854
Aout	28 744	43 312	0,664	927
Septembre	29 971	41 676	0,671	932
Octobre	26 933	45 493	0,592	897
Novembre	27 000	45 704	0,591	900
Décembre	20 194	34 472	0,585	651

La consommation d'eau osmosée (Tableau II.1) est illustrée dans le graphe (figure 13) suivant :

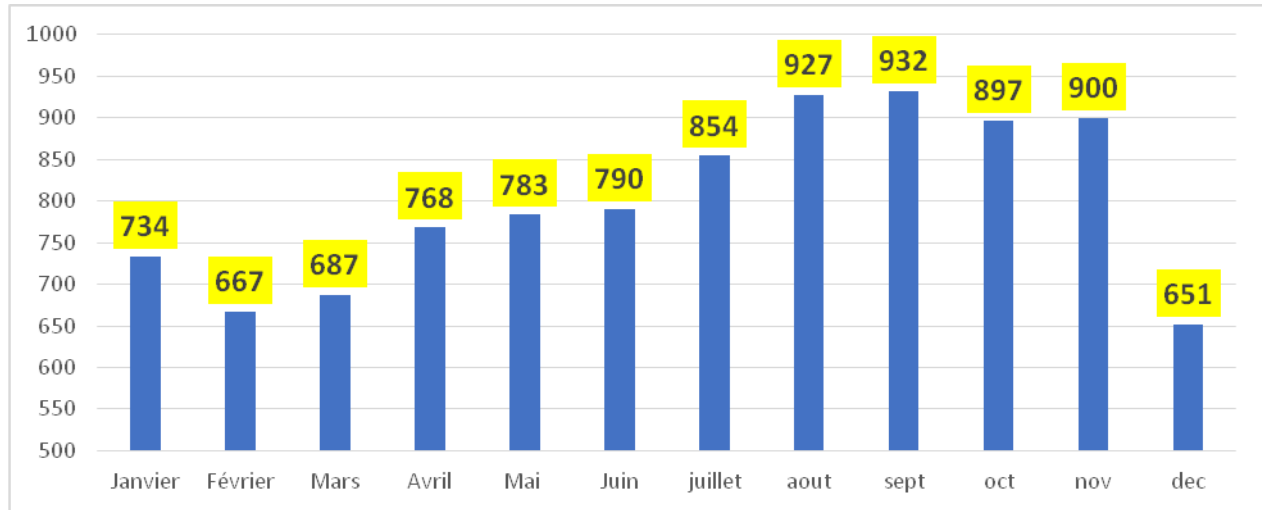


Figure 13 : Moyenne de consommation de raffinerie de l'huile en 2018 [Document interne de CEVITAL].

Le graphique (figure 13) illustre une variabilité excessive des consommations d'eau osmosée, qui fluctuent entre 650 m³ et 932 m³ par jour. Ces données présentent une imprécision notable, ce qui limite l'efficacité de la méthode DMAIC. Il est donc essentiel de remédier à cette problématique pour obtenir des données fiables, permettant de réaliser une analyse pertinente.

Les éléments précédents qui ont été indiqués font partie de la charte du projet qui est considéré comme l'un des outils de la phase définir.

Après avoir déterminé l'objectif du projet, il faut passer à la VOC (voix du client), le client ici c'est la raffinerie de l'huile.

Afin de bien respecter la VOC la meilleure façon c'est d'interroger les parties prenantes qui sont :

- Chef d'unité raffinerie d'huile ;
- Chef d'unité inter estérification ;
- Chef de service S24 et STEP ;
- Trois chefs de Quart ;
- Intérimaire chef de quart ;

- Quatre superviseur 1500T/J ;
- Quatre superviseur 800T/J ;
- Superviseur Section 24 ;
- Préparateur de produits chimiques.

Après avoir interrogé le personnel impliqué, les Verbatim de la VOC sont les suivants :

- Disponibilité de l'eau osmosé dans le bac tampon de 200 m³ à hauteur de 30% ;
- Bon refroidissement de l'huile de sortie et désodorisation avant le stockage ;
- Bonne qualité d'eau osmosée ;
- Vide conforme au niveau des colonnes de désodorisation, des sécheurs et des réacteurs de décolorations ;
- Volume de consommation d'eau osmosée suffisant.

Les Verbatim qui en sortent de la VOC sont présentés par le diagramme de CTQ (figure 14).

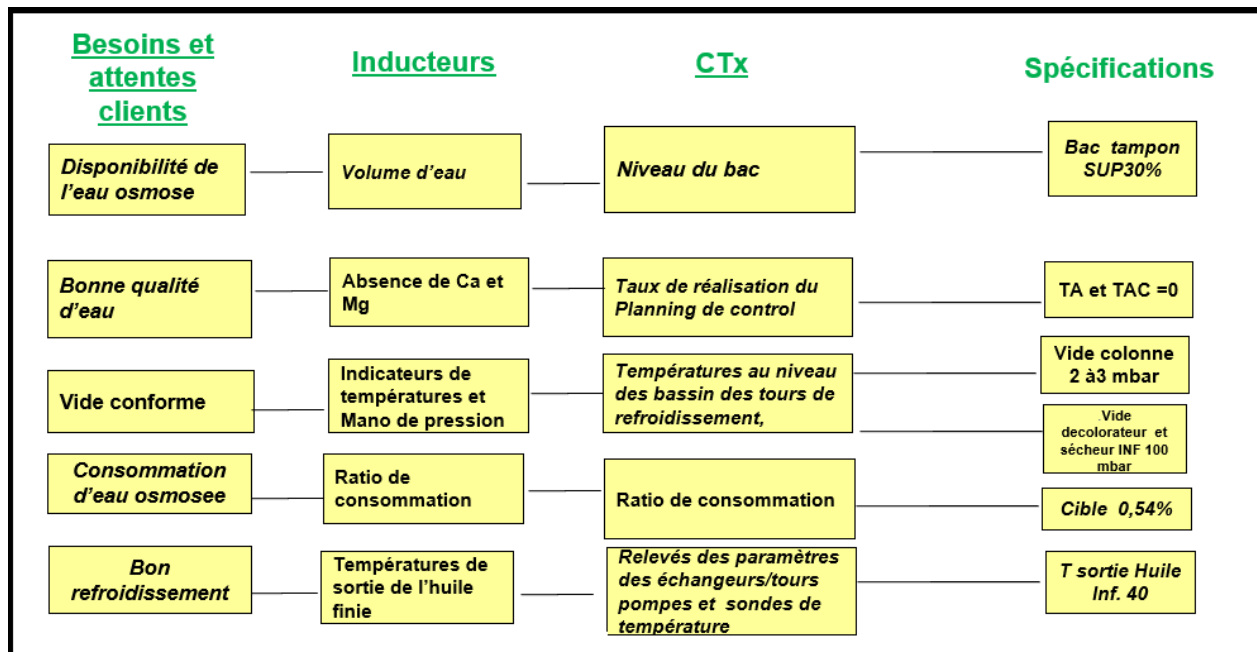


Figure 14 : Diagramme de CTQ de la VOC [Document interne de CEVITAL].

Une fois que la charte de projet a été établie et que la VOC a été déterminée, il est nécessaire de mettre en place une réunion qui réunit toutes les parties prenantes afin de lancer officiellement et

solennellement le projet. Cela permettra de passer à la prochaine étape. Et cette réunion est connue sous le nom de *kick off du projet*.

II.2.2. Phase mesurer (Measure) :

Après avoir bien défini le projet, la démarche qui suit est la phase *mesurer* (Measure) qui consiste à collecter des données du processus, vérifier leurs qualités et déterminer le comportement du processus.

Cette phase se fait avec la mise en place d'un plan de collecte de données comme première étape, pour affiner le tableau de la cartographie des consommations d'eau osmosée avec des données plus précises, et la mise en place de débitmètres en vert sur la nouvelle cartographie des consommations (figure 15) a été déterminant.

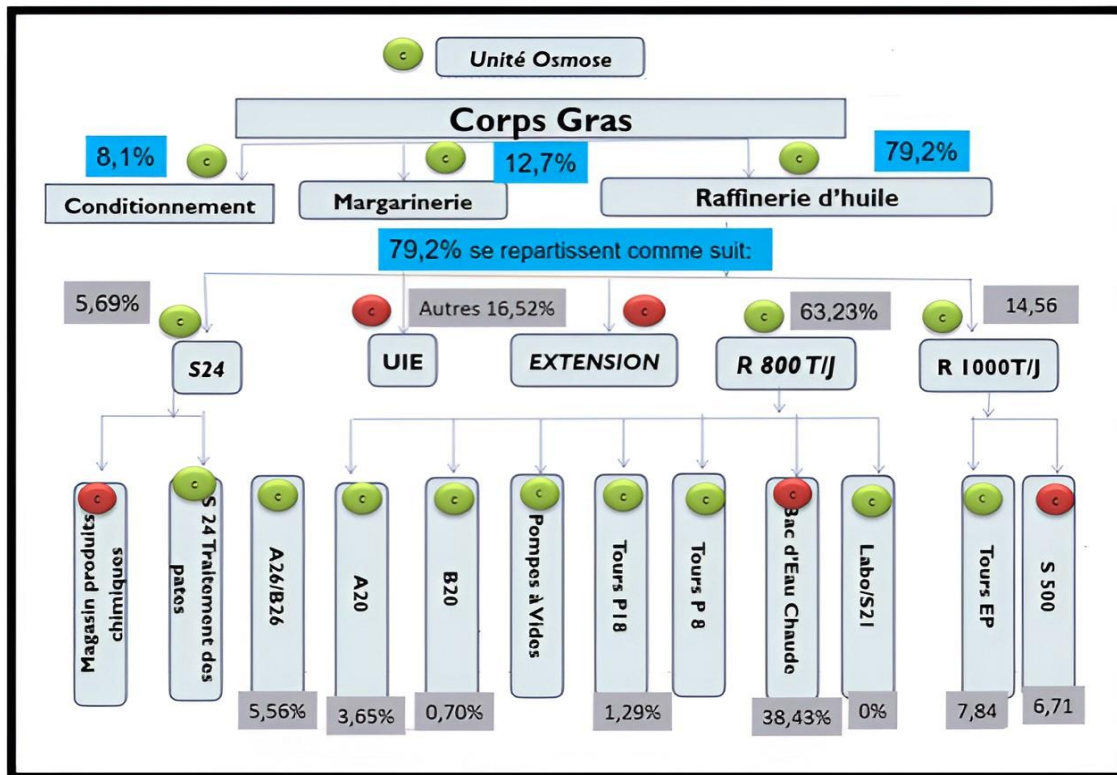


Figure 15 : Cartographie de la consommation d'eau osmosée par la raffinerie de l'huile
[Document interne de CEVITAL].

D'après la nouvelle cartographie (figure 15) les foyers de consommation d'eau osmosée les plus importants dans la raffinerie de l'huile sont les suivant :

- Bac d'eau chaude à hauteur de 38,43% ;
- Tours EP à hauteur de 7,84% ;
- S500 à hauteur de 6,71% ;
- A26/B26 à hauteur de 5,56%.

Ces données indiquent que le Bac d'eau chaude est le principal consommateur d'eau osmosée représentant près de 40 % de la consommation totale.

Les Tours EP, bien qu'elles consomment moins que le Bac d'eau chaude, représentent tout de même une part non négligeable de la consommation.

En outre, les unités S500 et A26/B26, malgré leur consommation plus modeste, ne doivent pas être négligées. Chaque amélioration, même petite, dans ces secteurs peut avoir un impact cumulatif important sur l'efficacité globale de la raffinerie.

Cela nous a permis comme première étape d'entamer la phase analyse du projet.

II.2.3. Phase analyse (Analyze) :

Une fois les données et les mesures faites il faut passer à la troisième phase qui consiste à analyser (Analyze) le processus pour savoir son fonctionnement actuel, essayer de comprendre les causes de la variation en allant dans la recherche des causes profondes du dysfonctionnement. Durant le brainstorming le diagramme d'Ishikawa et le diagramme de Pareto sont utilisés pour déterminer ces causes racines.

Les premières causes avérées détectées sont :

- Difficulté à détecter les surconsommations d'eau ;
- Consommation élevée au niveau du bac d'eau chaude ;
- Utilisation de l'eau osmosée pour nettoyage ;
- Dysfonctionnement des appoints des tours de refroidissements ;
- Pas suffisamment de maîtrise des utilités sur le terrain.

Les causes possibles des problèmes relevés, elles ne sont pas suffisantes, il faut aller aux causes racines, c'est pour cela qu'il faut utiliser la méthode des 5 pourquoi (Tableau IV) pour aller aux véritables causes racines qui vont permettre la mise en place d'un plan d'action et les actions pertinentes.

Tableau IV : Utilisation de la méthode des 5 pourquoi pour trouver les causes racines [Document interne de CEVITAL].

Pourquoi ?	On n'arrive pas à détecter les surconsommations d'eau.	Consommation élevée au niveau du bac d'eau chaude.	Utilisation de l'eau osmosée pour nettoyage.	Dysfonctionnement des appoints des tours de refroidissements.	Pas suffisamment de maîtrise des utilités sur le terrain.
Pourquoi ?	Les relevés de consommation ne suffisent pas.	Manque de maîtrise de l'installation du bac d'eau chaude.	Pas de standard d'utilisation de l'eau brute dans le cas de nettoyage.	Inexistence d'automatisme des appoints des tours.	Renouvellement de 1/3 des effectifs en un an.
Pourquoi ?	La fréquence de relevés journaliers est inadaptée.	Dysfonctionnement des condenseurs de vapeur.	/	/	/

La méthode des 5 pourquoi (Tableau IV) a permis d'aller jusqu'aux causes racines qui vont être présentées dans le tableau avec leurs niveaux de priorité.

Tableau V : Bilan des causes racines et leurs priorités [Document interne de CEVITAL].

Causes racines	Priorité
La fréquence de relevés journaliers est inadaptée.	1
Pas de standard d'utilisation de l'eau brute dans le cas de nettoyage.	2
Renouvellement de 1/3 des effectifs en un an.	3
Dysfonctionnement des condenseurs de vapeur.	4
Inexistence d'automatisme des appoints des tours pas prévu initialement dans le design.	5

Le tableau V met en évidence les causes principales de la surconsommation d'eau osmosée et indique les priorités d'intervention pour remédier à ce problème. Les conclusions tirées de cette analyse suggèrent les actions correctives suivantes :

- **Fréquence des relevés journaliers inadaptée :**

La fréquence actuelle des relevés journaliers n'est pas suffisante pour un suivi efficace de la consommation d'eau osmosée. Il est nécessaire d'augmenter la fréquence des relevés pour mieux contrôler et ajuster les consommations.

- **Absence de standard d'utilisation de l'eau brute pour le nettoyage :**

Il n'existe pas de normes ou de procédures standardisées pour l'utilisation de l'eau brute lors des opérations de nettoyage. La mise en place de standards d'utilisation permettrait de réduire la surconsommation.

- **Renouvellement d'un tiers des effectifs en un an :**

Le renouvellement important du personnel, avec un tiers des effectifs remplacés en un an, peut entraîner un manque de formation et une mauvaise application des pratiques optimales. Il est crucial de renforcer la formation continue et de stabiliser les équipes pour assurer une utilisation efficace de l'eau.

- **Dysfonctionnement des condenseurs de vapeur :**

Les condenseurs de vapeur présentent des dysfonctionnements qui contribuent à une surconsommation d'eau osmosée. Une maintenance régulière et une réparation des condenseurs sont nécessaires pour améliorer leur performance et réduire la consommation d'eau.

- **Absence d'automatisation des appoints des tours :**

L'automatisation des appoints des tours de refroidissement n'a pas été prévue dans le design initial. L'implémentation de systèmes automatisés pour les appoints permettrait d'optimiser l'utilisation de l'eau et de réduire les gaspillages.

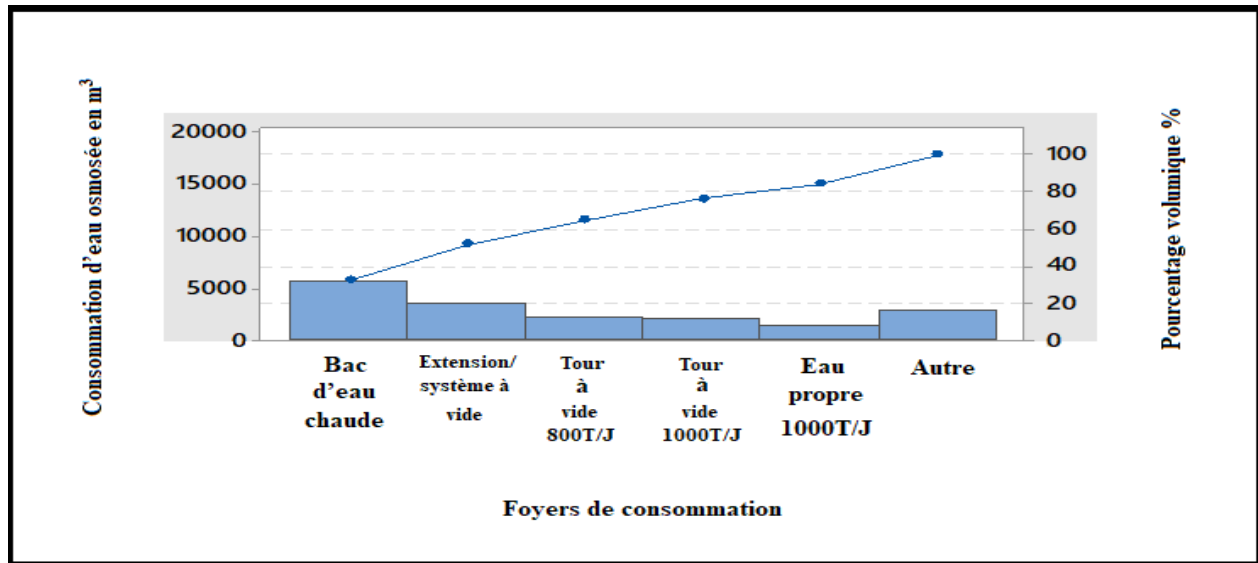


Figure 16 : Diagramme de Pareto des foyers de consommation [Document interne de Cevital].

Le diagramme de Pareto (figure16) est un outil précieux pour identifier les principaux foyers de consommation d'eau osmosée sur lesquels concentrer les efforts d'amélioration. Ce diagramme permet de visualiser les contributions relatives de différents composants à la consommation totale, facilitant ainsi la priorisation des actions correctives.

Les résultats montrent que les deux foyers principaux sur lesquels les efforts d'amélioration doivent se concentrer sont le bac d'eau chaude et le système du vide.

Les données qui en sortent du diagramme de Pareto sont transcrites dans le tableau suivant.

Tableau VI : Principaux foyers de consommation d'eau osmosée détectés par le diagramme de Pareto [Document interne de Cevital].

Les foyers de consommation d'eau osmosée	Bac d'eau chaude	Extension /système du vide	Tour à vide 800T/J	Tour à vide 1000T/J	Eau propre 1000T/J	Autre
Volume en m³	5743	3504	2314	2064	1384	2829
% volumique	32,2	19,6	13	11,6	7,8	15,9
% volumique cumulé	32,2	51,8	64,8	76,4	84,1	100

Les relevés de consommation présentés (Tableau VI) montrent que le bac d'eau chaude, extension /système du vide consomment 50% de l'eau osmosée destinée à la raffinerie de l'huile. Les efforts et les actions doivent se concentrer sur les foyers détectés par le diagramme de Pareto.

II.2.4. Phase innover ou améliorer (Improve) :

Dans cette phase des solutions potentielles ont été apportées, mais il faut choisir les meilleures et évaluer les risques de ces solutions avant de les mettre en place.

Après réflexion un plan d'action a été mis en place et dont voici certaines de ces mesures :

- Investiguer et identifier des sources de gaspillage sur site ;
- Établissement d'un plan de surveillance ;
- Eliminer les circuits d'eau osmosée inutile (Pas de lien avec l'activité) ;
- Etablir un diagnostic de l'état de fonctionnement des compteurs ;
- Intervenir sur les compteurs bloqués ;
- Relever chaque 02h les compteurs par zone et par section ;
- Etablir une fréquence de mesure chaque 02heures et chaque jour du contrôle des compteurs et de la consommation par zone et par section ;
- Mise en place de cartes de contrôle par foyer de consommation.

Il est important de souligner qu'en plus de ces mesures principales qui viennent d'être énumérées, l'ensemble des mesures prises par la direction de la raffinerie d'huile de CEVITAL sont entièrement détaillées dans l'Annexe II.

Parmi les solutions les plus pertinentes, la mise en place d'un plan de collecte plus précis avec des collectes de données de consommations chaque 02 heures et l'utilisation des cartes de contrôle pour détecter les variabilités de ces consommations et y mettre fin.

Cette action est une réponse directe à la cause racine consistant à dire que la fréquence de collecte des données n'était pas adéquate pour détecter la surconsommation.

Ce qui a permis d'observer à la baisse des consommations au fur et à mesure de la mise en place du plan d'action du projet.

II.2.5. Phase contrôler ou maîtriser (Control) :

Après les étapes définir, mesurer, analyser et améliorer, c'est la phase contrôle qui conclut la méthode DMAIC. Cette phase est très importante pour que les processus restent efficaces et que les solutions apportées ne soient plus obsolètes.

Et l'outil adapté ou utilisé pour assurer cette étape, ce sont les cartes de contrôle (tableau 17).

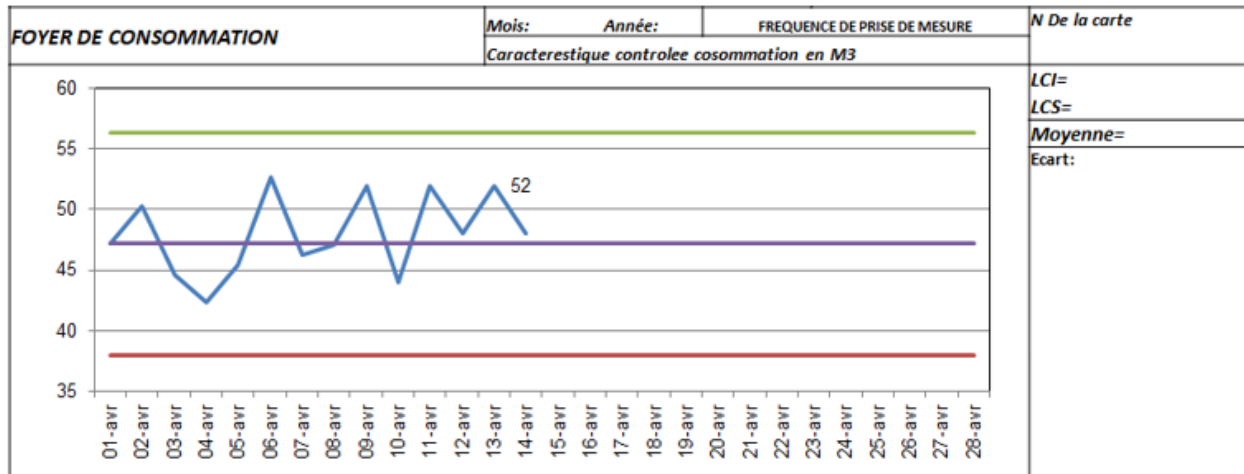


Figure 17 : Exemple de carte de contrôle [Document interne de Cevital].

La lecture des points en dehors des LCI (Limite de Contrôle Inferieure) et LCS (Limite de Contrôle Supérieure) va permettre aux opérateurs de prendre les bonnes décisions pour rétablir la situation.

Par la suite, vient la phase de mise en place de ces cartes de contrôles sur les principaux foyers de consommation d'eau osmosée de la raffinerie de l'huile qui sont :

- Bac d'eau chaude ;
- Système du vide 800 T/J ;
- Système du vide 1000T/J ;
- Eaux propres 1000T/J.

En cas de dérive, mentionner cela sur le journal de la carte de contrôle, on écrit les actions à mettre en place pour éviter l'écart après identification de la cause racine.

La différence entre la méthode DMAIC et les méthodes classiques réside dans la pérennité des résultats et cela est assuré par le tableau de bord. Pour que ce dernier soit efficace il doit être :

- Clair visuellement ;
- Simple à comprendre par tous ;
- Mis à jour facilement et si possible automatiquement ;
- Être intégré dans un système de management (revue hebdomadaire avec les équipes).

Chapitre III :

Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

Ce chapitre présente une analyse détaillée des résultats saillants obtenus au cours de la mise en place du projet, suivie d'une discussion pour interpréter ces résultats et mettre en évidence les tendances observées et discuter les éventuelles anomalies ou résultats inattendus.

Les limites de l'étude vont être abordée afin de proposer des pistes pour des recherches futures, cette approche permettra de fournir une compréhension complète et critique des résultats observés.

III.1. Preuves de résultats :

Dans le cadre de cette étude, le diagramme de Pareto a été appliqué pour identifier les principaux foyers de consommation d'eau osmosée au sein de la raffinerie de l'huile. Ce diagramme a permis de classer les différents foyers en fonction de leur consommation totale d'eau osmosée avant et après la mise en place du projet, comme le montre la figure.

III.2. Diagramme de Pareto :

Le diagramme de Pareto (figure 18) présente la consommation d'eau osmosée par les principaux foyers de consommation, une réduction après la réalisation du projet est bien observée, ce qui signifie que le projet est un franc succès.

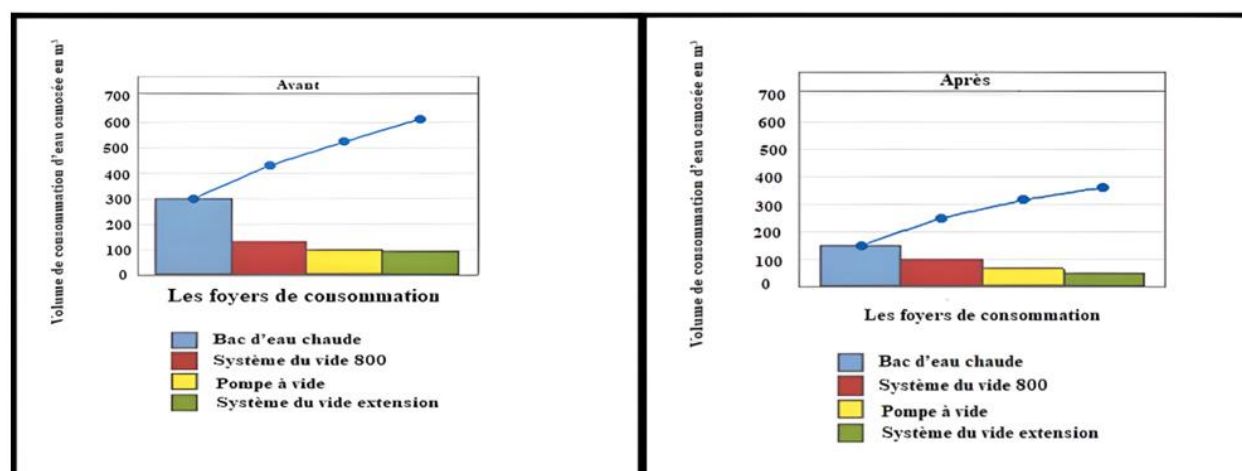


Figure 18 : Diagramme de Pareto montrant la différence des volumes de consommation d'eau osmosée par les principaux foyers avant et après mise en place du projet [Document interne de CEVITAL].

Dans le tableau VII sont présentés les gains obtenus en volume d'eau osmosée au niveau des principaux foyers de consommation.

Tableau VII : Gains journalier en volume d'eau osmosée au niveau des principaux foyers de consommation [Document interne de CEVITAL].

Foyers de consommation	Avant le projet	Après le projet	Gains
Volume de consommation journalière du bac d'eau chaude (m³)	300	150	150
Volume de consommation journalière de système du vide (m³)	130	110	20
Volume de consommation journalière de pompes à vide (m³)	85	78	7
% de consommation des foyers d'eau chaude	38	24	12

Les résultats inscrits dans le tableau VII montrent les gains obtenus après la mise en place du projet.

La réduction la plus significative a été observée dans le volume de consommation journalière du bac d'eau chaude, passant de 300 m³ à 150 m³, soit un gain de 150 m³ par jour. Cette diminution représente une réduction de 50 % de la consommation initiale.

Le système du vide a également montré une réduction notable de la consommation d'eau, passant de 130 m³ à 110 m³ par jour, ce qui correspond à un gain de 20 m³. Bien que cette réduction soit moins importante en termes absolus comparée au bac d'eau chaude, elle reflète une amélioration significative de l'efficacité du système.

Pour les pompes à vide, la consommation d'eau a été réduite de 85 m³ à 78 m³ par jour, ce qui correspond à un gain de 7 m³. Bien que ce gain soit relativement modeste, il démontre l'importance des efforts continus pour optimiser tous les aspects de l'utilisation de l'eau.

Le pourcentage de consommation des foyers d'eau chaude a diminué de 38 % à 24 %, soit un gain de 12 %. Cette réduction relative indique une meilleure répartition et utilisation de l'eau dans les différents foyers de consommation.

Les actions correctives mises en œuvre, ont joué un rôle crucial dans cette réduction. Cette économie d'eau contribue non seulement à la réduction des coûts opérationnels, mais aussi à une utilisation plus durable des ressources en eau.

Tous les foyers identifiés dans le diagramme de Pareto comme présentant une forte consommation font l'objet d'un suivi particulier à l'aide de cartes de contrôle. Ces cartes de contrôle sont utilisées pour détecter toute éventuelle déviation par rapport aux performances attendues.

Les limites de contrôle supérieures et inférieures sont des indicateurs pour savoir si les consommations d'eau osmosée respectent les limites de spécification.

Les résultats des cartes de contrôles ont été obtenus selon la méthodologie suivante :

- Toutes les deux heures, le volume de consommation d'eau osmosée a été enregistré ;
- À la fin de chaque période de 24 heures, une moyenne et un écart de la consommation d'eau osmosée quotidienne ont été calculés. ;

- Ce processus a été répété quotidiennement sur une période d'un mois.

III.3. Carte de contrôle du bac d'eau chaude :

Dans ce qui suit est présentée la carte de contrôle du bac d'eau chaude :

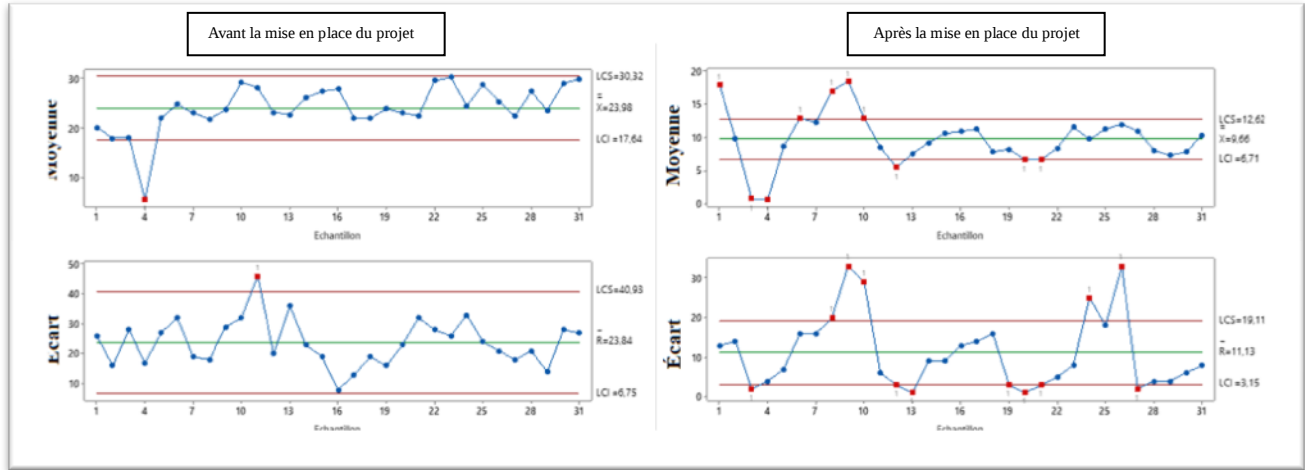


Figure 19 : Cartes de contrôle de consommation d'eau osmosée du bac d'eau chaude avant et après la réalisation du projet [Document interne de CEVITAL].

La carte de contrôle présentée dans la figure 19, montre les résultats avant et après la réalisation du projet.

On remarque qu'avant la réalisation du projet la moyenne de consommation d'eau osmosée est de 23,98 et sa limite de contrôle Inférieure (LCI) est de 17,64 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 30,32. Et après la mise en place du projet la moyenne de consommation d'eau osmosée est devenue 9,66 et sa limite de contrôle Inférieure (LCI) est de 6,71 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 12,62.

Cela indique une efficacité accrue dans l'utilisation des ressources. Cette réduction témoigne de l'impact positif des actions mises en place et des améliorations apportées. Elle démontre également une meilleure maîtrise et optimisation des opérations, contribuant ainsi à une utilisation plus efficiente de l'eau osmosée.

Et pour l'écart de consommation d'eau osmosée avant le projet, il était de 23,84 et sa limite de contrôle inférieure (LCI) est de 6,75 et sa limite de contrôle supérieure (LCS) est de 40,93. Et après l'implémentation du projet, l'écart de consommation d'eau osmosée est réduit à 11,13 et sa limite de contrôle inférieure (LCI) à 3,15 et sa limite de contrôle supérieure (LCS) à 19,11.

Le bac d'eau chaude est utilisé pour le lavage des huiles, et par conséquent, toute réduction de sa consommation d'eau osmosée exerce un impact direct sur l'environnement. Cette réduction entraîne une diminution du volume d'eau traité par la station d'épuration.

III.4. Carte de contrôle du système du vide :

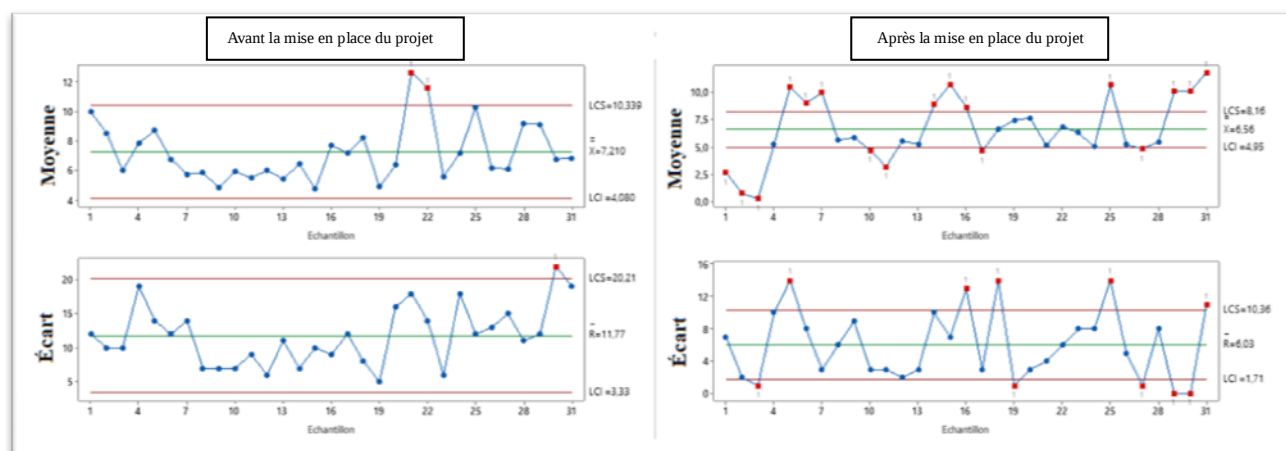


Figure 20 : Carte de contrôle de consommation d'eau osmosée par le système du vide avant et après la réalisation du projet [Document interne de CEVITAL].

La carte de contrôle de consommation d'eau osmosée avant après la réalisation du projet mais cette fois dans le système du vide (figure 20).

Avant le projet :

- La moyenne de consommation d'eau osmosée est de 7,210 et sa limite de contrôle Inférieure (LCI) est de 4,08 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 10,339.
- L'écart de consommation d'eau osmosée est de 11,77 et sa limite de contrôle Inférieure (LCI) est de 3,33 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 20,21.

Et après le projet :

- La moyenne de consommation d'eau osmosée est de 6,56 et sa limite de contrôle Inférieure (LCI) est de 4,95 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 8,16.
- L'écart de consommation d'eau osmosée est de 6,03 et sa limite de contrôle Inférieure (LCI) est de 1,71 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 10,36.

C'est la même observation qu'auparavant, une réduction de la consommation d'eau osmosée est effectuée, ce qui donnera automatiquement une baisse des rejets de système du vide.

III.5. Carte de contrôle de l'extension du vide :

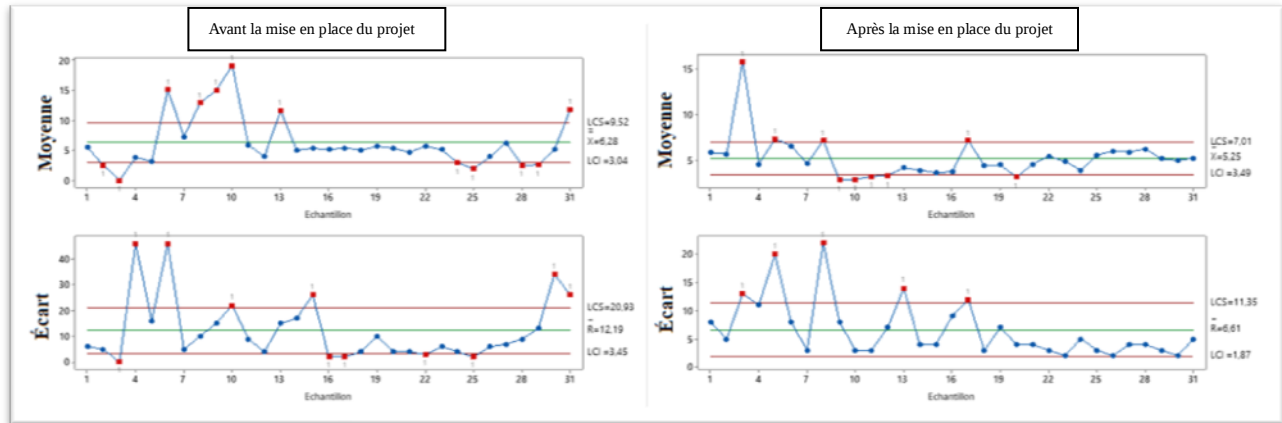


Figure 21 : Carte de contrôle de consommation d'eau osmosée par l'extension avant et après la réalisation du projet [Document interne de CEVITAL].

La carte de contrôle de consommation d'eau osmosée par le foyer d'extension du vide avant et après la réalisation du projet (figure 21).

Avant le projet :

- La moyenne de consommation d'eau osmosée est de 6,28 et sa limite de contrôle Inferieure (LCI) est de 3,04 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 9,52.
- L'écart de consommation d'eau osmosée est de 12,19 et sa limite de contrôle Inferieure (LCI) est de 3,45 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 20,93.

Et après le projet :

- La moyenne de consommation d'eau osmosée est de 5,25 et sa limite de contrôle Inferieure (LCI) est de 3,49 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 7,01.
- L'écart de consommation d'eau osmosée est de 6,61 et sa limite de contrôle Inferieure (LCI) est de 1,87 et sa limite de contrôle Supérieure (LCS) est de 11,35.

La réalisation du projet au sein du foyer de l'extension, elle est aussi marquée par une réussite, on observe bien la diminution des volumes de consommation d'eau osmosée après la mise du projet, ainsi les rejets de foyer seront considérablement réduits.

Avec le système des cartes de contrôle ça permet au personnel d'intervenir immédiatement si un foyer de consommation d'eau osmosée présente une défaillance et ça grâce aux limites de contrôle supérieur et inférieur, si une consommation d'un foyer dépasse les limites de spécification le personnel va le détecter visuellement et une intervention rapide et efficace sera mise en place.

III.6. Gains obtenus après la mise en place du projet :

Tableau VIII : Ensemble de consommation d'eau osmosée par les principaux foyers de consommation [Document interne de CEVITAL].

Indicateurs de suivi de la consommation d'eau osmosée	Avant le projet	Après le projet	Ecart
Consommation annuelle en m ³	292 000	223 000	69 036
Moyenne consommation mensuelle en m ³	24 333	18 580	5 753
Moyenne de consommation journalière	797	612	185
Ratio de consommation m ³ /tonne d'huile produite	0,56	0,42	0,14

Le tableau VIII présente une comparaison des indicateurs de suivi de la consommation d'eau osmosée avant et après la mise en œuvre du projet. Chaque indicateur permet d'évaluer l'efficacité des actions entreprises et leur impact sur l'utilisation de l'eau osmosée.

Les gains effectués après la mise en place du projet sont :

- Une réduction annuelle de 69 036 m³ ;
- Une diminution de 5 753 m³ par mois ;

- Une baisse de 185 m³ par jour ;
- Le ratio de consommation est passé de 0.56 avant le projet à 0.42 après le projet ;
- 112 jours de fonctionnement supplémentaire ;
- Une réduction totale de 23% de la consommation d'eau osmosée par les principaux foyers de consommation.

Tableau IX : Gains obtenus en volume et en équivalent KDZ depuis la mise en place du projet fin 2018 entre 2019 à 2023 [Document interne de Cevital].

Année	Ratio de consommation d'eau osmosée en m ³ /tonne d'huile produite avant le projet.	Ratio de consommation d'eau osmosée en m ³ /tonne produite de l'huile après le projet.	Ecart de ratio de consommation d'eau osmosée en m ³ /tonne d'huile produite.	Production annuelle de l'huile (tonne)	Gains en m ³	Gains en KDZ
2019	0,56	0,413	0,147	540 000	79 380	11510,1
2020	0,56	0,344	0,216	546 000	117 936	17100,72
2021	0,56	0,313	0,247	545 000	134 615	19519,175
2022	0,56	0,336	0,224	572 000	128 128	18578,56
2023	0,56	0,341	0,219	632 000	138 408	20069,16
Total	/	/	/	/	598 467	86 777,715

Le tableau IX fournit une comparaison des ratios de consommation d'eau osmosée par tonne d'huile produite avant et après la mise en œuvre d'un projet, ainsi que les écarts associés et la production annuelle d'huile. Ces données permettent d'évaluer l'efficacité des mesures prises pour réduire la consommation d'eau tout en maintenant ou augmentant la production d'huile.

L'analyse des ratios de consommation d'eau osmosée par tonne d'huile produite met en lumière les bénéfices du projet sur la gestion des ressources hydriques et la performance opérationnelle globale. Les réductions continues des ratios de consommation d'eau osmosée, associées aux gains en production d'huile, soulignent l'efficacité des initiatives mises en œuvre pour optimiser la

consommation d'eau osmosée. Ces résultats encouragent la poursuite des efforts d'amélioration continue afin de maintenir une utilisation durable des ressources tout en maximisant les rendements économiques et environnementaux.

III.7. Impact environnemental :

D'autres projets DMAIC ont été initiés depuis lors, visant à optimiser la consommation d'électricité, de vapeur, d'intrants et le rendement des matières dans la raffinerie d'huile.

Tableau 1 : Evolution de certains indicateurs avant et après la mise en place de la démarche DMAIC [Document interne de Cevital].

Indicateurs	Avant	Après	Gain
Eau (ratio de consommation m ³ eau/ tonne huile produite)	0,56	0,34	-39%
Electricité (KW/tonne huile produite)	53,5	45,2	-23%
Vapeur (tonne de vapeur/ huile produite)	0,32	0,245	-15%
Rendement des huiles (rapport finie/huile brute) en %	96,7	97,2	-15%
Terre décolorante (Kg terre décolorante /tonne huile produite)	2,5	2,35	-6%

L'analyse des données du tableau X révèle les bénéfices substantiels obtenus après la mise en œuvre du projet dans la raffinerie d'huile. Les réductions significatives dans la consommation d'eau, d'électricité, de vapeur et l'amélioration du rendement des huiles et de l'utilisation de la terre décolorante témoignent de l'efficacité des stratégies et des actions entreprises. Ces résultats non seulement optimisent les opérations de production, mais contribuent également à une gestion plus durable des ressources et à une réduction de l'empreinte environnementale associée aux processus industriels.

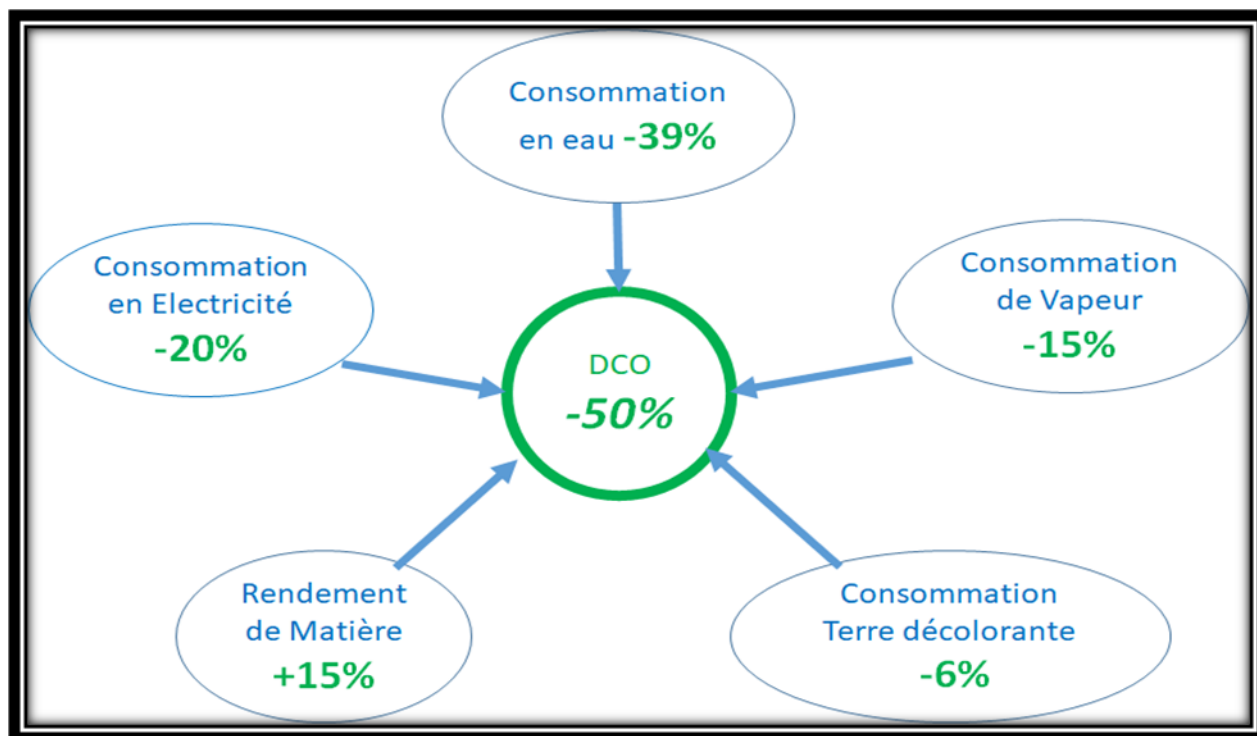


Figure 22 : Schéma montrant les gains réalisés par la démarche DMAIC [Document interne de Cevital].

Les réductions qui sont liés à l’environnement (figure 22), qui se traduisent comme suit :

- La réduction de consommation en eau est de 39% ;
- La réduction de la consommation de l’électricité de 20% ;
- La réduction de consommation de terre décolorante de 6% ;
- La réduction de la consommation de vapeur de 15% ;
- Augmentation du rendement de matière de 15% ;

Tous ces indicateurs montrent que l’application du DMAIC a fortement impacté positivement le processus industriel de la raffinerie d’huile. Mieux encore, la réduction de l’ensemble de ces paramètres a eu un impact très important en bout de chaîne du processus industriel de la raffinerie d’huile et ce en réduisant d’une manière très notable la pression sur la station d’épuration d’eau de CEVITAL.

La réduction de l'ensemble de ces paramètres a eu pour répercussion directe une réduction de 50% de la DCO.

Pour rappel, la DCO est la demande chimique en oxygène et est utilisée comme indicateur essentiel de la pollution des eaux, reflétant la quantité de matière organique présente. Elle quantifie la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement cette matière organique dans un échantillon d'eau. Utilisée couramment pour évaluer la pollution, notamment dans le traitement des eaux usées, la DCO fournit une estimation de la charge organique susceptible de consommer l'oxygène dissous, affectant ainsi les écosystèmes aquatiques. Exprimée en milligrammes d'oxygène par litre d'eau (mg/L), des valeurs élevées de DCO indiquent une concentration élevée de matière organique, signalant potentiellement une pollution significative et nuisible pour les écosystèmes aquatiques.

La réduction de la demande chimique en oxygène (DCO) de 50% représente une avancée importante pour l'environnement. Cette diminution significative de la DCO reflète une réduction de la charge organique dans les eaux, ce qui contribue à améliorer la qualité de l'eau et à protéger les écosystèmes aquatiques. La méthode DMAIC, employée pour atteindre cette réduction, montre un potentiel considérable pour les enjeux environnementaux. En appliquant une approche structurée de Définir, Mesurer, Analyser, Innover et Contrôler, cette méthode permet d'identifier et de mettre en œuvre des solutions efficaces pour diminuer la pollution de l'eau et promouvoir un développement durable.

Conclusion

Conclusion

L'optimisation de la consommation des eaux osmosée est l'un des objectifs fixés par les industries afin de réduire leurs coûts de production, et cette réduction en plus de baisser les couts de production elle permet de réduire l'impact nuisible des industries sur l'environnement.

Le manuscrit présent retrace l'utilisation du Lean et le DMAIC par les équipes de la raffinerie de l'huile afin de réduire la consommation d'eau osmosée.

L'optimisation des consommations d'eau osmosée de la raffinerie de l'huile par l'application des méthodes Lean et DMAIC a démontré des résultats significatifs en termes de réduction des coûts et d'amélioration de l'efficacité opérationnelle. La démarche méthodologique adoptée a permis d'identifier et d'éliminer les gaspillages, tout en établissant un processus de contrôle continu pour assurer la pérennité des gains obtenus.

Les outils Lean, tels que la cartographie des flux de valeur et les techniques de gestion visuelle, ont été essentiels pour visualiser les inefficacités et les zones d'amélioration. En parallèle, le cycle DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler) a fourni un cadre structuré pour l'analyse des données et la mise en œuvre de solutions spécifiques, adaptées aux particularités de la raffinerie.

L'impact environnemental de cette optimisation est notable. En réduisant la consommation d'eau osmosée, nous contribuons à la préservation des ressources hydriques et à la diminution des rejets d'eaux usées. Cette démarche s'inscrit dans une vision plus large de développement durable, où l'efficacité des ressources et la réduction de l'empreinte écologique sont au cœur des préoccupations industrielles.

L'application de la méthode DMAIC a abouti aux résultats suivants :

- Une réduction annuelle de la consommation d'eau osmosée de 69 036 m³ ;
- Un gain de 598 467 m³ depuis l'application du DMAIC jusqu'à 2023 ;
- Une réduction des couts de 86 777,715 KDZ depuis la mise en place du projet jusqu'à l'année 2023 ;
- Diminution du ratio de consommation d'eau osmosée en m³/ tonne d'huile produite de 39% ;
- Réduction du ratio de consommation de l'électricité en KW/ tonne d'huile produite de 23% ;

- Un gain de ratio de consommation de vapeur en tonne/ tonne d'huile produite de 15% ;
- Une amélioration du rendement des huiles (rapport finie/huile brute) de 15% ;
- Une diminution de l'utilisation de terre décolorante en Kg/ tonne d'huile produite de 6% ;
- Une réduction de la DCO de 50%.

En somme, l'intégration des principes Lean et DMAIC dans la gestion des ressources hydriques de la raffinerie non seulement améliore les performances économiques de l'entreprise, mais aussi son impact environnemental, démontrant ainsi qu'efficacité et durabilité peuvent aller de pair.

Enfin, cette étude méthodologique montre l'importance du DATA d'une façon globale mais aussi la maîtrise et la précision des données récupérés.

Perspectives

Les résultats obtenus dans ce mémoire mettent en lumière le potentiel considérable de l'application des méthodologies Lean et DMAIC pour l'optimisation des consommations d'eau osmosée dans une raffinerie d'huile. Toutefois, plusieurs axes de développement et d'amélioration peuvent être envisagés pour aller encore plus loin dans cette démarche.

Premièrement, l'intégration de technologies avancées telles que l'Internet des objets (IoT) et l'intelligence artificielle (IA) pourrait apporter des bénéfices supplémentaires. L'IoT permettrait une collecte de données en temps réel plus précise et une surveillance continue des processus, tandis que l'IA pourrait offrir des analyses prédictives pour anticiper les anomalies et optimiser les interventions. Ces technologies permettraient non seulement d'améliorer l'efficacité des consommations d'eau, mais aussi de réagir plus rapidement aux changements de conditions et de demande.

Deuxièmement, l'expansion de cette approche à d'autres ressources critiques au sein de la raffinerie, telles que l'énergie et les matières premières, pourrait générer des synergies positives. En adoptant une vue holistique de l'optimisation des ressources, l'entreprise pourrait maximiser ses gains d'efficacité tout en réduisant son empreinte écologique globale.

Par ailleurs, il serait pertinent de renforcer la formation et la sensibilisation des employés aux pratiques de gestion Lean et aux enjeux environnementaux. Une culture d'entreprise solidement ancrée dans les principes de l'amélioration continue et de la durabilité peut conduire à des innovations et des améliorations spontanées sur le terrain, provenant directement des opérateurs et des techniciens.

Enfin, la mise en place de partenariats avec des institutions académiques et des organismes de recherche pourrait favoriser l'échange de connaissances et le développement de nouvelles solutions technologiques et méthodologiques. Ces collaborations pourraient également offrir des opportunités de financement et d'accompagnement pour des projets de recherche appliquée.

En conclusion, bien que les avancées inscrites dans ce mémoire soient prometteuses, elles ne constituent qu'une étape dans une démarche d'amélioration continue. L'optimisation des consommations d'eau osmosée de la raffinerie d'huile par le Lean et le DMAIC ouvre la voie à de

nombreuses autres initiatives qui, ensemble, contribueront à la performance durable de l'entreprise et à la préservation de l'environnement.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Richter, B. D., & Thomas, G. A. (Eds.), Restoring and Protecting River Flows: Lessons from the Southeastern United States and Beyond, Journal of the American Water Works Association 2007.
- [2] Todd, D. K., & Mays, L. W, Groundwater Hydrology, John Wiley & Sons 2005.
- [3] Vijay P. Singh, Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill 2007.
- [4] Angela Colling, Ocean Circulation, Open University Oceanography, 2008.
- [5] Drioli, E., & Giorno, L. (Eds.), Comprehensive Membrane Science and Engineering, 2009.
- [6] Coriat, Penser à l'envers : travail et organisation dans l'entreprise japonaise, E. Drioli et L. Giorno 1991.
- [7] <https://campuslean.com/quelle-est-l-origine-du-lean-management>.
- [8] <https://www.leanenligne.com/blog/lean-management>.
- [9] Womack et Jones, Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together, Free Press 2005.
- [10] Bösenberg et Metzen, The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation, PICSIE Books, 1994.
- [11] <https://leansixsigmafrance.com/blog/les-outils-du-lean-chapitre-3-0-liste/>.
- [12] HOHMANN Christian, Guide pratique des 5S - pour les managers et les encadrants, Éditions d'Organisation, 2006.
- [13] Rahani, A., & Al-Ashraf, M, Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study, 2012.
- [14] Dennis.P, Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System, Productivity Press, 2007.
- [15] Ballé, M., & Ballé, F, The Gold Mine: A Novel of Lean Turnaround, Lean Enterprise Institute (LEI), 2009.
- [16] Modig, N., & Åhlström, P, This is Lean: Resolving the Efficiency Paradox, Simon & Schuster, 2012.
- [17] Shah, R., & Ward, P. T, Defining and developing measures of lean production, University of Michigan Press, 2007.

- [18] Bicheno, J., & Holweg, M, The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation, Lean Enterprise Academy, 2016.
- [19] Liker, J-K, The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's greatest Manufacturers, McGraw-Hill, 2004.
- [20] Fernandez, A, Les nouveaux tableaux de bord des managers, Dunod, 2012.
- [21] John Morgan and Martin Brenig-Jones, Lean Six Sigma For Dummies, 3rd Edition, Wiley, 2016.
- [22] [Daniel Duret](#) , [Maurice Pillet](#), Qualité en production de l'ISO 9000 à Six Sigma, Dunod 2005.
- [23] Pyzdek, T, The Six Sigma Project Planner, A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC, Quality Press, 2003.
- [24] Joseph M. Juran, Juran on Quality by Design, Free Press, 1992.
- [25] Radu Demetrescoux, La boîte à outils du Lean 2eme édition, Éditions d'Organisation, 2019.
- [26] Brown, T, The History and Development of Lean Green Practices. Green Innovations, Springer, 2020.
- [27] Doe, J, & White, S, Defining Lean Green: Integrating Efficiency and Sustainability, Routledge, 2019.
- [28] Brown, L, Principles of Lean Green: Combining Lean Management with Environmental Sustainability, CRC Press, 2020.
- [29] Martin, L, Guide Pratique pour l'Intégration des Pratiques Vertes dans les PME. Green Business Network, Green Business Network, 2021.
- [30] Lavoie, M & Tremblay, P, Analyse des Outils du Lean Green pour une Production Plus Écologique, Éditions Mécanique, 2019.
- [31] Jones, R, How to Implement Lean Green Practices in Your Business, Springer, 2021.

Annexes

Annexe I

Présentation du complexe CEVITAL :

Cevital est un groupe familial algérien qui a été fondé en 1998 par Issad Rebrab. Il est considéré comme le fleuron du secteur privé algérien avec des activités très diversifiées et tournées vers l'export. Le groupe a traversé d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa renommée actuelles. Le groupe est actif dans plusieurs domaines, tel que :

1. **Agro-industrie** : L'agro-industrie est le secteur principal de Cevital. Les principales activités incluent :

Raffinage de sucre : Cevital possède l'une des plus grandes raffineries de sucre au monde, avec une capacité de production annuelle de deux millions de tonnes.

Production d'huiles végétales et de margarine : Le groupe est un acteur majeur dans la production et la distribution d'huiles alimentaires et de margarine en Algérie.

Industrie alimentaire : Cevital produit également des produits alimentaires variés tels que des pâtes, des conserves, et des boissons.

2. **Industrie** : Cevital est présent dans plusieurs secteurs industriels :

Électroménager : Après l'acquisition de la marque française Brandt en 2014, Cevital a développé sa capacité de production d'appareils électroménagers, notamment les réfrigérateurs, les lave-linges, et les cuisinières.

Production de verre : Le groupe possède une usine de production de verre plat en partenariat avec le groupe italien MFG, répondant aux besoins des industries du bâtiment et de l'automobile.

3. **Construction et Immobilier** : Dans le secteur de la construction et de l'immobilier, Cevital est impliqué dans :

Projets résidentiels : Développement de complexes résidentiels et de logements.

Projets commerciaux et industriels : Construction de centres commerciaux, de bureaux et de zones industrielles.

- 4. Services et Distribution :** Cevital a diversifié ses activités dans les services et la distribution :

Distribution et grande distribution : Le groupe possède plusieurs chaînes de supermarchés et hypermarchés, facilitant la distribution de ses produits alimentaires et industriels.

Logistique et transport maritime : Cevital est actif dans le transport maritime et la logistique tel que numilog, assurant le transport de ses produits ainsi que des services logistiques pour d'autres entreprises.

- 5. Énergie et Environnement :** Cevital investit également dans des projets liés à l'énergie et à l'environnement :

Énergie solaire : Le groupe développe des projets de production de panneaux solaires pour contribuer à la transition énergétique.

Dessalement de l'eau : Cevital a investi dans des technologies de dessalement de l'eau, avec des projets en cours pour répondre aux besoins en eau potable.

- 6. Métallurgie et Sidérurgie :** Cevital a étendu ses activités à la métallurgie et à la sidérurgie avec des acquisitions stratégiques :

Aferpi : Acquisition de l'ancienne usine sidérurgique Lucchini en Italie, rebaptisée Aferpi, visant à renforcer ses capacités de production d'acier.

- 7. Technologies de l'information et de la communication :** Cevital explore également le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC), investissant dans des solutions technologiques innovantes pour améliorer ses opérations et offrir de nouveaux services.

Notre travail et nos observations ont été faits sur la raffinerie de l'huile, qui est l'une des plus modernes au monde. Elle se compose de deux chaînes de raffinage A et B de la marque ALFA LAVAL (Suède) avec une capacité de plus de 400 tonnes chacune, soit 800 tonnes par jour, et d'une ligne C de 1000 tonnes par jour de la marque DE SMET (Belgique). C'est l'une des plus grandes raffineries d'huile brute, avec une capacité de production de 2100 tonnes par jour.

L'huile raffinée est fabriquée à partir de l'huile brute après son passage par plusieurs étapes de purification et de raffinage afin d'éliminer toutes les impuretés possibles.

Voici quelques informations clés sur cette raffinerie :

Capacité de production : La raffinerie a une capacité de production de 2 100 tonnes par jour, ce qui représente environ 655 000 tonnes par an.

Annexes II

Plan d'action mit en place par la raffinerie de l'huile :

Projet d'optimisation de l'eau osmosée								
Plan d'action PDCA								
Type	N°	Zone	Problème	Causes retenues	Action	Date de début d'action	Date de fin d'action	Etat
FORMATION INTERNE	1	R800T/J et R1500T/J	Superviseurs non qualifiés	Nouvelles recrues aux postes superviseurs Utilité	Sensibiliser les nouvelles recrues sur l'importance du projet.	15/01/2019	05/02/2019	A
					Former en interne sur site (identification des circuits, équipements, foyer de consommation, repérer tous les compteurs) par zone et par section.	15/01/2019	05/02/2019	A
					Etablir un diagnostic de l'Etat de fonctionnement des équipements et compteurs d'eau osmosée).	15/01/2019	05/02/2019	A
					Former sur les nouveaux fichiers de suivi des consommations avant la mise en application.	15/01/2019	05/02/2019	A
					Relever chaque 02h les compteurs par zone et par section,	15/01/2019	05/02/2019	A
INVESTIGATION	2	Unité IE/MPPCH/Extension/S500/Pompe à vide	Absence de compteurs sur site	Indisponibilité des compteurs	Vérifier la disponibilité de la PDR au magasin. (Disponibilités des compteurs)	01/02/2019	15/05/2019	P (Attente réception PDR)
					Lancer l'achat des compteurs	01/02/2019	15/05/2019	P (Attente réception PDR)
					Etablir un diagnostic de l'Etat de fonctionnement des compteurs	01/02/2019	15/05/2019	P (Attente réception PDR)

	3	R800T/J et bac d'eau chaude	Disfonctionnement des compteurs	(Compteurs défaillant) /Blocage	Intervenir sur les compteurs bloqués	01/02/2019	15/05/2019	P
					Etablir un diagnostic de l'Etat de fonctionnement des flotteurs.	01/03/2019	11/03/2019	C
					Etablir un diagnostic de l'Etat de fonctionnement des flotteurs.	01/03/2019	11/03/2019	C
					Intervenir sur les flotteurs.	01/03/2019	11/03/2019	C
	4	A/B20 Bacs produits chimique S500 S21 circuits de refroidissement des pompes A/B27-P2/3 circuit d'alimentation en eau du bac d'eau chaude	Sources de gaspillage non identifiées au niveau de la raffinerie d'huile,	Utilisation de l'eau osmosée pour le nettoyage	Etablir une procédure d'intervention en cas de disfonctionnement des flotteurs.	01/03/2019	11/03/2019	D
					Investiguer et identifier des sources de gaspillage sur site	20/01/2019	15/02/2019	D
					Eliminer des sources des sources d'eau à NVA	20/01/2019	15/02/2019	A
					Utiliser des eaux de condensation récupérer à partir de la margarine	20/01/2019	15/02/2019	C

CORRECTIVES								
5			6					
Salle de contrôle Raffinerie d'huile			Utilités R8000T/R1500T/J : Zones P18/P8/Eau sale/eau propre					
Fichier de suivi des compteurs et de la consommation non n'est pas fiable			Disfonctionnement des flotteurs des bassins des tours eau propre et process					
Manque de données	Fusionner de 02 fichiers en un seul et mise en place de ce dernier sur le réseau pour le suivi, et la surveillance par zone et par section avec des fréquences de mesures réduites		25/01/2019		01/02/2019		C	
	Etablir une fréquence de mesure chaque 02heures et chaque jour du contrôle des compteurs et de la consommation par zone et par section		01/02/2019		01/02/2019		A	
Mauvaise qualité des flotteurs	Vérifier la disponibilité de la PDR au magasin. (Disponibilité d'un flotteur ou accessoire)		15/01/2019		31/01/2019		C	
Système d'appoint d'eau osmosée non adaptés	Lancer l'achat des électrovannes pour automatisation des bassins des tours		15/01/2019		31/01/2019		P	
Milieu agressif (climat marin : humidités et poussières)	Etablir un diagnostic de l'Etat de fonctionnement des flotteurs.		15/01/2019		31/01/2019		C	
Disfonctionnement	Intervenir sur les flotteurs.		15/01/2019		31/01/2019		D	
Standardiser	Etablir une procédure d'intervention en cas de disfonctionnement des flotteurs.		20/04/2019		01/05/2019		P	
Communication	Afficher et former les maintenanciers et superviseurs sur la procédure.		01/05/2019		10/05/2019		D	
Inclure dans le PMP	Inclure les vérifications des flotteurs dans le plan de maintenance préventif hebdomadaire.		01/05/2019		10/05/2019		D	

	7	Section24 : Bac d'eau chaude, circuit inutile (source de gaspillage)	Sources de gaspillage non identifiées au niveau de la raffinerie d'huile,	Utilisation de l'eau osmosée pour le nettoyage	Vérifier la disponibilité de la PDR au magasin (disponibilité d'un flotteur ou électrovane)	05/02/2019	07/02/2019	C
			Débordement fréquent du bac d'eau chaude	Absence d'une régulation de l'appoint d'eau osmosée	Lancer l'achat des pièces manquantes.	10/02/2019	15/02/2019	P
					Installer un nouveau flotteur au niveau du bac d'eau chaude,	15/02/2019	20/02/2019	A
				Désaffectation des circuits inutiles	Eliminer les circuits d'eau osmosée inutile (Pas de lien avec l'activité)	05/02/2019	28/02/2019	C
	8	Unité IE	Absences de compteur	Nouveaux circuit	Vérifier la disponibilité de la PDR au magasin. (Disponibilité des compteurs)	15/03/2019	30/03/2019	C
				Indisponibilité de compteurs	Lancer l'achat des compteurs en cas de non disponibilité	15/03/2019	30/03/2019	C
				Remise en service	Intervenir sur les compteurs bloqués	15/03/2019	30/03/2019	C
	9	Section A20	Fuite importante d'eau osmosé	Usure de la conduite	Intervenir sur la fuite	05/03/2019	12/03/2019	C

	10	Utilités S56 : circuits refroidissement P18	Fuite importante d'eau	Usure des conduites	Intervenir sur la fuite	05/03/2019	12/03/2019	C
					Changer les tronçon vétuste			
AMELIORATION ET INVESTISSEMENT	11	Pompes à vide	Manque de compteur pour optimiser la consommation					P
	12	Tours de refroidissement p8/p18/Extension	Régulation des appoints d'eau manuellement	Utilisation de vannes manuelle pour l'appoint	Vérifier la disponibilité de la PDR au magasin. (Disponibilité des électrovannes et indicateurs de niveau)	15/03/2019	30/03/2019	P
					Lancer l'achat des compteurs en cas de non disponibilité	15/03/2019	30/03/2019	P
					Automatiser les appoints des bassins	15/03/2019	30/03/2019	P
	13	Colonne/Extension	Manque de compteur pour quantifier et optimiser la consommation	Installation sans compteur	Vérifier la disponibilité de la PDR au magasin. (Disponibilité des compteurs)	15/03/2019	30/03/2019	P
					Lancer l'achat des compteurs en cas de non disponibilité	15/03/2019	30/03/2019	P
					Intervenir pour installation des compteurs	15/03/2019	30/03/2019	P
CONTRÔLE	14			Maintenir les standards de consommation	Établissement d'un plan de surveillance	20/04/2019	05/05/2019	D
					Mise en place de cartes de contrôle par foyer de consommation	02/05/2019	02/05/2019	C
					Plan de maintenance préventive sur les instruments de mesure et flotteurs/et Tours de refroidissement	25/05/2019	10/05/2019	P
					Audit de l'état des garnissages des tours de refroidissement	08/05/2019	15/05/2019	P
					Séances de travail avec les équipes de quart sur la procédure d'intervention en cas d'écart sur un des foyers de consommation	01/05/2019	10/05/2019	P

