

CONCEPTION D'UNE DÉMARCHE D'IMPLANTATION
D'UN DÉPARTEMENT DE MAINTENANCE LEAN
CENTRÉ SUR LA SST

par

Sébastien COUTU

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE
LA MAÎTRISE EN GÉNIE MÉCANIQUE
M.Sc.A.

MONTRÉAL, LE 6 JUIN 2019

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

©Tous droits réservés, Sébastien Coutu, 2019

II

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY
CE RAPPORT DE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ
PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Sylvie Nadeau, ing., Ph.D., directrice de mémoire
Département de génie mécanique à l'École de technologie supérieure

M. Barthélemy Ateme-Nguema, ing. stag., Ph.D., codirecteur de mémoire
Unité d'enseignement et de recherche en sciences de la gestion à l'Université du Québec en
Abitibi-Témiscamingue

M. Mickaël Gardoni, ing., Ph.D, président du jury
Département de génie mécanique à l'École de technologie supérieure

M. Michel Rioux, ing., Ph.D, membre du jury
Département de génie mécanique à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 31 MAI 2019

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

J'aimerais, en tout premier lieu, remercier mes directeurs de recherche, Mme Sylvie Nadeau et M. Barthélemy Ate-me-Nguema pour le support constant dont ils ont fait preuve durant tout mon cheminement. Ce fut pour moi une première expérience dans le domaine de la recherche et vous avez su m'épauler et m'enseigner cet art.

J'aimerais aussi remercier le conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), l'Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST) et l'École de technologie supérieure (ÉTS) pour le soutien financier offert au projet de recherche durant mes études supérieures.

Je tiens à remercier sincèrement le partenaire industriel du projet, sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Je voudrais aussi remercier mes collègues de l'ÉTS, Valérie et Ludwig. Vous avez été pour moi un point d'ancrage et vos encouragements sont d'une valeur inestimable.

J'ai aussi des remerciements particuliers à faire à mes amis (es), qui ont su m'aider à garder les pieds sur terre durant ces laborieuses années.

Finalement, mes remerciements les plus profonds vont à mes parents Élise et Daniel, à mon frère Olivier, à ma copine Rébecca et à mon fils Thomas. Mes parents pour leurs encouragements soutenus et leur amour inconditionnel. Mon frère pour avoir toujours su piquer mon orgueil, ce qui m'a poussé à continuer durant les moments les plus difficiles. Mon amoureux pour le support du côté statistique, mais surtout tous les projets de vie, le soutien quotidien, les encouragements et les consolations dont tu as fait preuve tout au long de mon projet. Thomas, tu n'as que 2 mois et demi au moment d'écrire ces lignes, mais je te remercie d'être un bébé si calme pour laisser à ton papa le temps de terminer ses études. Je

VI

vous aime de tout cœur et vous formez l'être que je suis aujourd'hui. Ce mémoire, je vous le dois.

Conception d'une démarche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la santé et la sécurité du travail

Sébastien COUTU

RÉSUMÉ

On ne se le cachera pas, l'efficacité et l'efficience sont une quête absolue pour toute entreprise. C'est aussi le cas pour les compagnies manufacturières du Québec. C'est pourquoi plusieurs d'entre elles ont décidé de se tourner vers le Lean pour optimiser leurs processus organisationnels, diminuer leurs gaspillages et augmenter ainsi leur efficacité et leur efficience.

Plusieurs études ont été menées sur l'implantation du Lean dans les départements de production, mais plus rares sont celles mesurant les impacts de l'implantation du Lean sur la santé et la sécurité des travailleurs des départements de maintenance. En effet, lors de ces changements organisationnels, l'accent est souvent mis sur la production parfois au détriment de la maintenance. Les départements de maintenance sont pourtant touchés par l'implantation du Lean et font partie intégrante des activités d'une entreprise. La littérature sur l'adaptation d'un département de maintenance au Lean est existante, mais celle sur l'implantation d'un département de maintenance qui soit Lean dès le départ est très rare, voire, au meilleur de notre connaissance, inexistante.

L'objectif de cette étude est donc de proposer une démarche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la santé et la sécurité du travail dans une petite et moyenne entreprise (PME) québécoise. La méthodologie de recherche pourra ensuite être améliorée en vue de réaliser des études de cas similaires auprès d'autres entreprises, ce qui pourrait éventuellement la valider.

Cette méthodologie consiste à obtenir des données de quatre sources différentes pour assurer une validité interne. Ces données sont : la littérature scientifique, un questionnaire d'entrevues semi-dirigées, des observations du travail et la revue de la documentation du partenaire industriel.

Une étude de terrain a permis d'obtenir des données. En tout, 14 participants (es) ont répondu aux questions d'entrevues et huit tâches de maintenances ont été observées.

Le résultat de cette étude est la proposition d'une démarche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la santé et la sécurité du travail. Cette démarche est un croisement entre la démarche d'implantation traditionnelle et l'adaptation Lean d'un département de maintenance. Elle est bonifiée par les résultats du cas objet de l'étude.

Mots Clés : Lean, maintenance, santé et sécurité du travail, département de maintenance, petites et moyennes entreprises

Design of an implementing approach to a Lean maintenance department centered on occupational health and safety

Sébastien COUTU

ABSTRACT

Efficiency is an absolute quest for every enterprise. This is also true for Quebec manufacturing companies. That's why many of them decided to go Lean to optimize organizational processes, reduce waste and thus enhance their efficiency.

Many studies have been done on Lean implementation to production department, but few are measuring the impact of Lean on occupational health and safety of maintenance department. Indeed, during these organizational changes, the emphasis is mostly put on production at the expense of maintenance. However, maintenance departments are affected by Lean implementation as they are an integral part of the enterprise's activities. There is existing literature about Lean adaptation to a maintenance department but none, as far as we know, about creating a Lean maintenance department from the start.

The aim of this study is to develop a design and implementation model of a Lean-type maintenance department focused on occupational health and safety for a Quebec small and medium enterprise. The methodology used in this study could then be improved to realise other similar studies and eventually be validated.

This methodology consists in obtaining data from four different sources in order to provide internal validity. These sources of data are: scientific literature, semi-directed interviews, observation of maintenance tasks and the industrial partner's documentations.

A field study provided this data. Overall, 14 participants were interviewed and eight maintenance tasks were observed.

The result of this study is the proposal of a design and implementation model of a Lean-type maintenance department focused on occupational health and safety. This approach is hybrid between traditional approach and the Lean adaptation of an existing maintenance department. It is enhanced by the case study results.

Key-Words: Lean, maintenance, occupational health and safety, maintenance department, small and medium enterprises

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE CRITIQUE DE LA LITTÉRATURE	3
1.1 Introduction au Lean	3
1.1.1 Les outils du Lean	5
1.1.2 La problématique de l'implantation du Lean	8
1.1.3 Le Lean et les facteurs humains	10
1.2 Introduction à la maintenance	13
1.2.1 L'implantation d'un département de maintenance	14
1.2.2 La maintenance Lean	16
1.2.3 La fiabilité machine dans ses grandes lignes	19
1.2.4 La santé et la sécurité du travail en maintenance	24
1.2.5 L'erreur est humaine	27
1.2.6 Les connaissances tacites	28
1.3 La SST au Québec	29
1.3.1 Les lois et règlements	30
1.3.2 Les mutuelles de prévention	32
1.3.3 Le mécanisme de création des accidents	33
1.3.4 L'élimination des risques	34
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	37
2.1 Rappel des objectifs de recherche	37
2.2 Présentation de l'entreprise partenaire	38
2.2.1 Pourquoi cette entreprise	39
2.2.2 Biais occasionnés par ce choix	39
2.3 Description de la population	39
2.3.1 Critères d'inclusion	40
2.3.2 Critères d'exclusion	40
2.3.3 Biais occasionnés par ce choix	40
2.4 Cueillette d'information (questionnaires d'entrevues, observations, documentation)	40
2.5 Description de l'échantillonnage	42
2.5.1 Mode de sélection des participants aux entrevues	43
2.5.2 Mode de tirage des observations	43
2.5.3 Biais occasionnés par ce choix	44
2.6 Description des variables et données	45
2.6.1 Variable indépendante	45
2.6.2 Variable intermédiaire	45
2.6.3 Variable dépendante	46
2.7 Limites de la méthodologie	46
2.7.1 Validités interne et externe	46

2.7.2	Fiabilité	46
2.8	Méthodes d'analyse	47
2.8.1	Traitement des données issues des entrevues	47
2.8.2	Traitement des données issues des observations	48
2.8.3	Traitement des données recueillies dans la documentation	48
CHAPITRE 3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS		51
3.1	Résultats de l'étude de terrain.....	51
3.1.1	Profil des participants	51
3.1.1.1	Fonction des participants	52
3.1.1.2	Ancienneté des participants	52
3.1.1.3	Formation professionnelle des participants	53
3.1.1.4	Formation spécifique à la SST des participants	54
3.1.2	Validité des données	55
3.1.2.1	Validité statistique des données d'entrevues	56
3.1.3	La maintenance dans l'entreprise.....	56
3.1.3.1	Éléments à retenir de la littérature	56
3.1.3.2	Résultats des entrevues	58
3.1.3.3	Résultats des observations	69
3.1.3.4	Résultats de la consultation de la documentation	72
3.1.4	Niveau SST de l'entreprise	76
3.1.4.1	Éléments à retenir de la littérature	76
3.1.4.2	Résultats des entrevues	76
3.1.4.3	Résultats des observations	85
3.1.4.4	Résultats de la consultation de la documentation	86
3.1.5	Niveau Lean de l'entreprise	91
3.1.5.1	Éléments à retenir de la littérature	91
3.1.5.2	Résultats des entrevues	92
3.1.5.3	Résultats des observations	100
3.1.5.4	Résultats de la consultation de la documentation	100
3.2	Synthèse des résultats de l'étude de terrain	101
3.2.1	Énoncés tirés de l'analyse statistique.....	101
3.3	Discussion des résultats de l'étude de terrain	102
3.3.1	Triangulation.....	103
3.3.1.1	Maintenance.....	103
3.3.1.2	SST.....	104
3.3.1.3	Lean.....	106
3.4	Éléments à considérer dans l'implantation du département de maintenance	108
3.4.1	L'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST.....	108
3.5	Démarche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST.....	111
3.5.1	Représentation textuelle de la démarche d'implantation.....	112
3.5.2	Représentation graphique de la démarche d'implantation.....	115

CHAPITRE 4 ANALYSE DES RÉSULTATS	117
4.1 Limitations méthodologiques de l'étude.....	117
4.1.1 Échantillonnage.....	117
4.1.1.1 Taille de l'échantillon	117
4.1.1.2 Échantillonnage volontaire	117
4.1.1.3 Biais et limites des données de terrain.....	118
4.1.2 Fiabilité de l'étude	119
4.2 Limites de la démarche d'implantation.....	119
CONCLUSION.....	121
ANNEXE I LISTE DES PUBLICATIONS	123
ANNEXE II CONCEPTION D'UNE MÉTHODOLOGIE D'IMPLANTATION D'UN DÉPARTEMENT DE MAINTENANCE LEAN CENTRÉ SUR LA SST : AFFICHE DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE PRÉSENTÉE AU CONGRÈS ANNUEL DE L'AQHSST 2017.....	125
ANNEXE III DEVELOPING A DESIGN AND IMPLEMENTATION METHODOLOGY OF A LEAN AND SAFE MAINTENANCE DEPARTMENT : AFFICHE ÉVALUÉE PAR LES PAIRS PRÉSENTÉE AU CONGRÈS ANNUEL DE L'ICOH 2018.....	127
ANNEXE IV QUESTIONNAIRE D'ENTREVUES SEMI-DIRIGÉES	131
ANNEXE V FICHE D'OBSERVATION	139
ANNEXE VI CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE L'ÉTS	143
ANNEXE VII CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE L'UQAT.....	145
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	147

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 3.1	Statistiques des données de la question 2.159
Tableau 3.2	Statistiques des données de la question 2.260
Tableau 3.3	Statistiques des données de la question 2.361
Tableau 3.4	Statistiques des données de la question 2.463
Tableau 3.5	Statistiques des données de la question 2.564
Tableau 3.6	Statistiques des données de la question 2.665
Tableau 3.7	Statistiques des données de la question 2.767
Tableau 3.8	Statistiques des données de la question 2.868
Tableau 3.9	Statistiques des données de la question 3.177
Tableau 3.10	Statistiques des données de la question 3.278
Tableau 3.11	Statistiques des données de la question 3.380
Tableau 3.12	Statistiques des données de la question 3.483
Tableau 3.13	Statistiques des données de la question 3.584
Tableau 3.14	Statistiques des données de la question 4.193
Tableau 3.15	Statistiques des données de la question 4.295
Tableau 3.16	Statistiques des données de la question 4.396
Tableau 3.17	Statistiques des données de la question 4.497
Tableau 3.18	Statistiques des données de la question 4.598
Tableau 3.19	Statistiques des données de la question 4.699

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Facteurs influençant la disponibilité des équipements selon Barabady et Kumar (2008).....23
Figure 1.2	Pyramide de Bird34
Figure 2.1	Triangulation des données42
Figure 3.1	Nombre de participants pour chaque fonction52
Figure 3.2	Nombre de participants par tranche d'ancienneté.....53
Figure 3.3	Nombre de participants pour chaque formation professionnelle54
Figure 3.4	Nombre de participants pour chaque formation spécifique à la SST.....55
Figure 3.5	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.159
Figure 3.6	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.2.....60
Figure 3.7	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.3.....61
Figure 3.8	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.4.....62
Figure 3.9	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.5.....64
Figure 3.10	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.6.....65
Figure 3.11	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.7.....66
Figure 3.12	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.8.....68
Figure 3.13	Types de tâche de maintenance.....69
Figure 3.14	Déroulement des interventions de maintenances observées71
Figure 3.15	Distribution des types d'interventions de maintenance.....73
Figure 3.16	Nombre d'heures travaillées en correctif par équipement sur un total de 798,75 heures74
Figure 3.17	Nombre d'interventions correctives par équipement sur un total de 12175

XVIII

Figure 3.18	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.1.....	77
Figure 3.19	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.2.....	78
Figure 3.20	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.3.....	79
Figure 3.21	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.4.....	81
Figure 3.22	Répartition de la connaissance de la composition du comité SST à la question 3.41	81
Figure 3.23	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.42.....	82
Figure 3.24	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.5.....	84
Figure 3.25	Respect des procédures SST lors des interventions de maintenance observées.....	85
Figure 3.26	Répartition des accidents rapportés par gravité des dommages.....	88
Figure 3.27	Distribution des causes d'accidents.....	89
Figure 3.28	Distribution des accidents par partie du corps affectée	90
Figure 3.29	Distribution des accidents selon la nature des lésions	91
Figure 3.30	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.1.....	93
Figure 3.31	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.2.....	94
Figure 3.32	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.3.....	96
Figure 3.33	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.4.....	97
Figure 3.34	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.5.....	98
Figure 3.35	Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.6.....	99
Figure 3.36	Répartition des incidents par gravité selon la pyramide de Bird	106
Figure 3.37	Représentation graphique de la démarche d'implantation	115
Figure A 4.1	Affiche de vulgarisation présentée au congrès annuel de l'AQHSST 2017	125
Figure A 4.2	Affiche évaluée par les pairs présentée au congrès annuel de l'ICOH 2018.....	129

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

CNC	Machine-outil à Commande Numérique (<i>Computer Numerical Control</i>)
CNESST	Commission des Normes, de l'Équité, de la Santé et de la Sécurité du Travail
CSST	Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail
CSTC	Code de Sécurité pour les Travaux de Construction
DEC	Diplôme d'Études Collégiales
DEP	Diplôme d'Études Professionnelles
EPI	Équipement de Protection Individuelle
ÉTS	École de technologie supérieure
GMAO	Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
IRSST	Institut de Recherche Robert Sauvé en Santé et Sécurité du Travail
JAT	Juste-À-Temps
LATMP	Loi sur les Accidents du Travail et les Maladies Professionnelles
LSST	Loi sur la Santé et la Sécurité du Travail
LUP	Leçon en Un Point
ME	Marge d'Erreur
MTBF	Temps Moyen Entre les Défaillances (<i>Mean Time Between Failure</i>)
MTTR	Temps Moyen Pour Réparer (<i>Mean Time To Repair</i>)
OEE	Efficacité Globale des Équipements (<i>Overall Equipment Efficiency</i>)
PDCA	Planifier-Développer-Contrôler-Ajuster (<i>Plan-Do-Check-Act</i>)
PME	Petite et Moyenne Entreprise
RCSST	Règlement Canadien sur la Santé et la Sécurité au Travail
RSST	Règlement en Santé et Sécurité du Travail
SIMDUT	Système d'Information sur les Matières Dangereuses Utilisées au Travail
SST	Santé et Sécurité du Travail
TPS	Système de Production Toyota (<i>Toyota Production System</i>)
TPM	Maintenance Productive Totale (<i>Total Productive Maintenance</i>)
VSM	Cartographie du Flux de Valeur (<i>Value Stream Mapping</i>)

INTRODUCTION

La plupart, voire la totalité, des départements de maintenance sont implantés puis améliorés suite à la croissance de l'entreprise (Laloux, 2009). Il existe des bonnes pratiques pour la maintenance dite traditionnelle qu'il est possible de suivre durant l'implantation d'un département de maintenance pour une entreprise qui se développe (Laloux, 2009; Westerkamp, 2013). Par la suite, si l'entreprise choisit d'améliorer ses processus et d'adopter une approche Lean, par exemple, elle le fera d'abord sur ses opérations de production selon les principes et outils propres à ladite approche. Enfin, une fois la production adaptée, l'entreprise réorganisera son département de maintenance afin qu'il réponde aux principes de l'approche Lean (Baluch, Abdullah, & Mohtar, 2012; Smith & Hawkins, 2004).

Par contre, qu'en est-il si une entreprise fonctionne déjà selon l'approche de production Lean avant la création même d'un département de maintenance? Le présent projet vise à développer une démarche d'implantation d'un département de maintenance de type Lean, tout en intégrant la dimension santé et sécurité au travail (SST) au moyen d'une étude de cas dans une petite et moyenne entreprise (PME).

La raison d'être du projet est de proposer, aux PME désirant concevoir et implanter un département de maintenance Lean, une démarche leur permettant de le faire en intégrant les efforts en SST. Ce mémoire présente une étude de cas exploratoire identifiant les étapes d'une telle démarche.

Plusieurs PME n'ont pas les ressources pour faire de telles études, ni pour tenter des procédures d'implantation du Lean qui pourraient échouer. Il est donc important, pour la SST et pour nos PME, que des approches soient fournies afin qu'elles n'aient pas recours aux méthodes d'essais et erreurs dans leurs processus et multiplier les échecs avant de trouver une formule gagnante. Le but de cette étude est de faire avancer les connaissances au sujet de la SST, ainsi que la conception et l'implantation d'un département de maintenance selon l'approche Lean centrée sur la SST dès le départ dans les PME. Cette étude de cas innovante

et originale ouvre la porte à de nouvelles études du même type. Il s'agit en effet, au meilleur de notre connaissance, d'une première tentative documentée dans la littérature scientifique pour l'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST.

Pour développer cette démarche, une revue critique de la littérature a été effectuée et est présentée en CHAPITRE 1. Le sujet de recherche regroupe trois grands concepts : le Lean, la maintenance industrielle et la SST. La revue critique de la littérature est donc séparée en trois sections traitant de ces trois concepts respectifs. Le CHAPITRE 2 présente la méthodologie de recherche utilisée lors d'une étude de terrain effectuée chez un partenaire industriel issu du secteur manufacturier et auprès de ses employés. Le CHAPITRE 3 présente les résultats compilés de l'étude de terrain en montrant, sous forme graphique et sous forme textuelle, les réponses des participants aux entrevues, ainsi que les données d'observations du travail. Ensuite, une discussion sur ces résultats est présentée et les résultats sont analysés pour proposer une démarche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST. Finalement, le CHAPITRE 4 présente une discussion sur le résultat de l'étude et de ses limites.

CHAPITRE 1

REVUE CRITIQUE DE LA LITTÉRATURE

Ce chapitre présente les différentes disciplines touchées par le sujet de recherche. Le sujet de recherche regroupe principalement trois disciplines, soient le Lean, la maintenance industrielle, la santé et la sécurité du travail. Ces trois disciplines seront d'abord explorées individuellement, puis des liens seront tissés entre celles-ci.

Ensuite, dans l'objectif de compléter une étude de cas avec un partenaire industriel du secteur manufacturier, les problématiques de la conciliation de ces trois disciplines seront explorées.

1.1 Introduction au Lean

Dans le contexte économique actuel, les entreprises qui survivent sont celles qui évoluent rapidement (Baluch et al., 2012). La philosophie du juste-à-temps (JAT) a évolué dans l'industrie manufacturière, jusqu'à sa formalisation par le constructeur automobile Japonais Toyota (Flynn & Vlok, 2015). Souffrant encore de la Seconde Guerre Mondiale, le Japon se trouvait dans une situation économique précaire, et ce, jusqu'au début des années 1980 (Liker, 2004). Les industries nipponnes ont pourtant réalisé qu'elles pouvaient se lancer dans des techniques d'optimisation des processus opérationnels afin d'éliminer les gaspillages, améliorer la qualité des produits et le service aux clients et accroître leur productivité et la valeur de leurs produits par l'utilisation du Juste-à-Temps (Liker, 2004). C'est donc ce contexte qui a mené Toyota à développer un système reconnu internationalement sous le nom du «*Toyota Production System*» (TPS) ou Système de Production Toyota (Liker, 2004). Ainsi, Jeffrey Liker décrit l'essentiel du TPS dans son livre *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Il décrit la firme Toyota comme le leader mondial de l'industrie automobile en termes de qualité et de rapidité d'innovation. Les 14 principes évoqués dans son ouvrage sont les suivants :

1. La gestion décisionnelle doit se baser sur une philosophie à long terme, même si le court terme doit, parfois, en payer le prix;
2. Créer une chaîne de production à flux continu qui fait ressortir les problèmes pour les rendre clairement apparents;
3. Utiliser un système à flux tiré tenant compte de la demande afin de limiter les inventaires et éviter la surproduction;
4. Niveler les opérations avec la charge de travail;
5. Instaurer une culture visant à obtenir la qualité du premier coup en arrêtant la production dès qu'un problème est détecté afin de le réparer;
6. Standardiser les tâches et permettre aux procédures de s'améliorer de façon continue et donner le pouvoir nécessaire aux travailleurs pour être autonomes;
7. Visualiser le contrôle pour éviter de cacher les problèmes;
8. Utiliser des technologies fiables, éprouvées et au service des travailleurs et des procédés;
9. Former des leaders influents qui comprennent le travail et qui représentent la philosophie afin de l'enseigner aux autres;
10. Développer des individus et des équipes qui suivent la philosophie de l'entreprise;
11. Traiter son réseau de contacts, ses partenaires et ses fournisseurs avec respect et leur permettre de s'améliorer en leur lançant des défis;
12. Aller voir soi-même la situation pour la comprendre;
13. Prendre des décisions posées et réfléchies avec consensus, mais agir rapidement dans leur implantation;
14. Toujours rester une organisation apprenante par l'amélioration continue.

Le Lean dans son ensemble est reconnu comme étant un système offrant aux industries et à leurs clients une grande diversité de produits à un moindre coût, une haute productivité, une rapidité de livraison ainsi qu'une qualité optimale (Yang & Yang, 2013). Le Lean est d'ailleurs reconnu pour son succès dans le livre de J. P. Womack, Jones, et Roos (1990): *The Machine That Changed the World*. Shah et Ward (2007) nuancent la définition du Lean

comme étant un système sociotechnique ayant pour but d'éliminer les gaspillages et minimiser les variations à tous les niveaux.

1.1.1 Les outils du Lean

Le Lean vise l'élimination de tous types de gaspillages, qui sont ainsi considérés comme des activités sans valeur ajoutée. On ne devient pas une entreprise dite Lean simplement par l'utilisation de ces outils. Le Lean doit être un mode de vie pour l'entreprise et ses employés (Baluch et al., 2012). La présente section présente quelques outils du Lean. Les nombreux outils du Lean ne se restreignent pas à cette liste.

Le **Juste-à-Temps** (JAT) est fondé sur deux piliers : l'élimination du gaspillage et le respect de la personne. Sur le plan opérationnel, le **Lean**, une approche découlant du JAT, vise une élimination complète des gaspillages en planifiant rigoureusement la production et la livraison (Helman, 2012).

Le **JAT** comprend, entre autres, une planification du moment et la quantité des achats d'articles de production et leur réception. Ceci est possible grâce à une planification de la production beaucoup plus proche de la demande du client et permet de diminuer, de manière substantielle, les inventaires et les coûts d'entreposage (Helman, 2012).

La **production unitaire** (*One Piece Flow*) est une méthode qui permet un suivi plus rapproché des produits, en comparaison avec la production par lots. Ceci signifie que les produits sont transférés un par un entre les différentes étapes de production selon le principe du premier entré, premier sorti. Ceci permet un meilleur suivi de la qualité des produits. Cet outil est très utile pour la fabrication de produits identiques (Helman, 2012).

L'**autonomisation** (*Jidoka*) vise à permettre au travailleur ou à un dispositif d'arrêter la ligne de production lorsqu'il détecte un défaut. Ainsi, il devrait être impossible pour une unité défectueuse de traverser le processus. Plusieurs études ont montré que c'était plus efficace

que de continuer la production sans en tenir compte, puisque cette méthode permet d'obtenir la qualité du premier coup sans affecter le client (S. K. Womack, Armstrong, & Liker, 2009).

La **maintenance productive totale** (*TPM*) vise à augmenter la productivité et l'efficacité des procédés. Elle consiste à augmenter le nombre d'employés de maintenance afin de mieux planifier et raccourcir les arrêts. Le but recherché par cette méthode est d'atteindre l'objectif du triple zéro : zéro bris, zéro défaut, zéro temps gaspillé en arrêt (Helman, 2012). De plus, selon Flynn et Vlok (2015), il est important d'impliquer les opérateurs dans cette procédure, puisque ceux-ci pourront à leur tour réaliser la maintenance de base, les inspections quotidiennes et être, ainsi, au premier plan pour assurer la fiabilité des équipements et limiter les temps d'arrêt. Il est donc important que l'opérateur d'un équipement s'approprie personnellement son état et s'en occupe comme si l'équipement lui appartenait (Flynn & Vlok, 2015).

Le **5S** est une technique d'organisation des lieux de travail selon cinq principes bien établis : Supprimer, Situer, Scintiller, Standardiser, Suivre. Ces cinq étapes mènent à une augmentation de la productivité et de l'efficacité de façon autonome par la personnalisation des espaces et des techniques de travail. L'utilisation du 5S ne vise pas seulement à améliorer visuellement l'espace de travail, elle sert aussi à optimiser les mouvements des travailleurs en positionnant, par exemple, les outils les plus fréquemment utilisés plus près et ceux plus lourds à une hauteur où il est plus ergonomique de les manipuler (Flynn & Vlok, 2015).

Le **Kanban** et la boîte **Heijunka** forment, ensemble, une méthode permettant de visualiser l'état d'avancement de la production d'une unité. Cette méthode permet une meilleure gestion des inventaires. Globalement, la méthode *Kanban-Heijunka* consiste à inclure, dans un contenant, tout le matériel nécessaire à la production d'un produit ou à l'accomplissement d'une tâche et à y associer une carte décrivant les items insérés ou retirés du contenant (Helman, 2012).

Bien qu'elle ne soit pas un outil du Lean, la méthode **Six Sigma** est souvent associée au Lean (Flynn & Vlok, 2015). Elle vise la réduction des variations et une qualité hors pair des procédés en permettant idéalement jusqu'à 3.4 défauts par millions d'unités produites en considérant une distribution normale des variations (Linderman, Schroeder, Zaheer, & Choo, 2003). Elle s'attaque aux variations en instaurant un meilleur contrôle des incertitudes par une philosophie de résolution et de documentation des problèmes et par la maîtrise des procédés (Flynn & Vlok, 2015). Certains procédés pourraient ne pas nécessiter une telle précision. Il est possible d'adapter la méthode Six Sigma avec l'utilisation de trois, quatre ou cinq sigmas. Ceci permet une réduction des coûts d'implantation tout en atteignant des résultats satisfaisants (Linderman et al., 2003).

L'outil ***Kaizen*** utilise les améliorations continues incrémentales pour régler les petits problèmes quotidiens. Ainsi, les idées proposées, le plus souvent par les travailleurs qui accomplissent le travail et connaissent les problèmes, sont mises en valeur. L'utilisation du *Kaizen* est simple et peu risquée et elle permet d'améliorer les processus de façon régulière, « à petits pas ». Le *Kaizen* ne se concentre pas sur les améliorations substantielles, même s'il les permet. Les améliorations *Kaizen* visent principalement l'entretien, l'élimination des gaspillages et la standardisation des processus (Flynn & Vlok, 2015).

La **cartographie de la chaîne de valeur** (*Value Stream Mapping, VSM*) est une approche éprouvée qui vise à identifier toutes les activités sans valeur ajoutée d'un processus en collaboration avec les travailleurs. Le but sera ensuite de les réduire au minimum afin d'avoir plus de temps à consacrer aux activités à valeur ajoutée (Jarebrant, Winkel, Johansson Hanse, Mathiassen, & Öjmertz, 2016). Tapping, Luyster, et Shulzer (2003) présentent une gestion entourant la *VSM* en huit étapes ayant mené au succès de plusieurs entreprises de la *Fortune 500*, qui regroupe les 500 entreprises ayant le plus important chiffre d'affaires aux États-Unis (Tapping et al., 2003). Les étapes de cette approche sont:

1. Prendre l'engagement personnel d'y arriver;
2. Choisir un flux de valeur à respecter;
3. S'éduquer sur le Lean;

4. Cartographier son état actuel;
5. Déterminer ce que l'on veut mesurer dans sa démarche et les indicateurs;
6. Cartographier l'état visé;
7. Créer les plans *Kaizen*;
8. Planter les plans *Kaizen*.

On peut remarquer que même cette démarche est Lean en soi, puisqu'elle se fait majoritairement sans toucher à l'état actuel des procédés. En effet, on constate que sept étapes sur huit sont des étapes de préparation qui se font sans intervention sur la production. Les difficultés de cette démarche sont principalement l'hésitation des travailleurs à modifier leurs méthodes de travail et l'évaluation de l'état visé après l'implantation du Lean.

Le *Poka Yoke* vise à empêcher les erreurs humaines par l'utilisation d'un dispositif anti-erreur. Shimbun (1989) décrit le Poka Yoke dans son livre *Poka-yoke: Improving product quality by preventing defects* comme étant la conception à l'épreuve des erreurs d'opération. Le *Poka Yoke* se doit de respecter l'intelligence humaine et vise simplement à libérer l'esprit de la vigilance continue nécessaire à accomplir un travail sans erreur.

Un exemple souvent utilisé pour représenter le *Poka Yoke* est la prise USB. Il est impossible de connecter un dispositif USB à l'envers ni de le connecter dans un autre type de prise. L'erreur est donc impossible.

Lorsque l'erreur est possible, mais non souhaitée, il est possible d'avoir recours à une **Leçon en Un Point** (LUP). Il s'agit d'instructions simplifiées pour une tâche standardisée contenues sur une seule page de format lettre (Flynn & Vlok, 2015).

1.1.2 La problématique de l'implantation du Lean

En théorie, l'implantation du Lean devrait accroître la performance d'une entreprise (J. P. Womack & Jones, 1996). C'est pourquoi un nombre d'entreprises s'y convertit. Pourtant, les

études sur l'implantation du Lean en entreprise sont nombreuses et plusieurs échecs sont documentés (J. P. Womack & Jones, 1996).

Les définitions du Lean restent nébuleuses pour les entreprises (et il y a confusion dans la littérature à cet égard) et une des difficultés est de déterminer si une de leurs activités peut être identifiée comme étant Lean ou non. Les entreprises développent, d'ailleurs, souvent leurs propres méthodes d'élimination des gaspillages et des variabilités. Ceci est tout à fait légitime, puisque leur secteur d'activité et leur organisation ne sont pas nécessairement similaires à celle ayant donné naissance au Lean (Sakouhi & Nadeau, 2016). Les entreprises ont donc une certaine liberté d'interprétation dans la définition du Lean. C'est leur rôle de différencier ce qui est Lean de ce qui ne l'est pas. L'entreprise doit d'ailleurs bien comprendre son contexte pour réussir son implantation du Lean. La qualité des relations entre ses travailleurs et ses cadres joue un rôle important dans l'approche à prendre. Il faut réfléchir aux effets possibles du Lean (Sakouhi & Nadeau, 2016).

Même si le Lean attire l'attention grâce à ses nombreux avantages et aux bénéfices financiers qu'il a permis d'obtenir à des entreprises d'envergure comme Toyota dans un contexte de crise financière, il n'en est pas moins que son implantation n'est pas toujours un succès. Selon Beaulieu-Paré (2011), la littérature montre que 70 à 98% des tentatives d'implantation du Lean s'avèrent des échecs. Plusieurs études ont identifié les aspects souvent oubliés dans l'implantation du Lean (Yang & Yang, 2013). Les résultats de ces études sont souvent centrés sur les facteurs humains du Lean tel que décrit dans la section 1.1.3.

Ces résultats sont toutefois discutés, car il est possible que ces études aient été réalisées dans des industries où le Lean aurait été mal implanté (Longoni, Pagell, Johnston, & Veltri, 2013). Les risques sont principalement encourus lorsqu'on demande aux travailleurs d'en faire plus que ce qu'ils ont réellement le temps de faire. Leur réflexe serait alors, par exemple, de négliger certaines procédures de santé et de sécurité du travail afin de réussir à accomplir le travail demandé dans les délais impartis (Longoni et al., 2013). Longoni et al. (2013)

précisent que les effets négatifs du Lean pourraient pourtant être limités si les travailleurs et les syndicats étaient mieux impliqués lors des prises de décisions.

Plusieurs modèles ont ensuite été élaborés pour tenter de trouver une formule universelle à l'implantation du Lean. En vérité, il n'existe pas de modèle universel, car chaque entreprise est unique (Sakouhi, 2014). Par contre il est possible de s'inspirer des autres modèles développés pour des entreprises similaires et de l'expérience que ces entreprises ont vécue (Beaulieu-Paré, 2011). Comme l'affirme Beaulieu-Paré (2011), les outils du Lean et les modèles sont comme les ingrédients d'une recette, mais la recette elle-même n'est pas fournie.

1.1.3 Le Lean et les facteurs humains

Si le Lean n'avait pas montré de si bons résultats chez les constructeurs automobiles durant les années 1980, il n'aurait sûrement pas eu le succès observé aujourd'hui et créé autant d'attentes. Pourtant, l'utilisation répandue du Lean pourrait avoir des conséquences sur les travailleurs, puisqu'elle provoque des changements parfois radicaux et affecte les environnements de travail (Hasle, 2014). J. P. Womack et Jones (1996) ont réagi à cette critique en déclarant que le Lean ne devait s'implanter qu'avec l'implication des travailleurs occupant les postes de travail en question. Même si elle date d'une vingtaine d'années, cette problématique est encore actuelle (Hasle, 2014). Les travailleurs devraient avoir un pouvoir décisionnel lors de la modification de leur poste de travail et le Lean devrait rendre leur travail plus intéressant, et non répétitif comme c'est parfois le cas. Il est en effet possible d'interpréter le principe #6 de Liker (2004) « standardiser les tâches et permettre aux procédures de s'améliorer de façon continue et donner le pouvoir nécessaire aux travailleurs pour être autonomes » par une répétitivité et une monotonie du travail. C'est dans ce cas qu'il faut se référer aux autres principes, qui insistent sur le développement des individus, la résolution de problèmes et l'amélioration continue. La mise en application de ces principes permettra de briser la monotonie des tâches. Il est aussi possible de faire une rotation des tâches parmi les travailleurs à cette fin.

Pour Hasle (2014), les travailleurs ayant été confrontés à l'implantation du Lean ont critiqué l'intensification du travail, qui avait un impact négatif sur leur état de santé. D'autres auteurs dénoncent et interprètent aussi les aspects négatifs du Lean sur les conditions de travail des travailleurs (Babson, 1993). Les effets les plus identifiés sont les troubles musculo-squelettiques, la fatigue et le stress (Bruère, 2013; Hasle, 2014). Selon une synthèse (Hasle, 2014) portant sur 19 études relatives à l'implantation du Lean dans le secteur automobile, plusieurs ont montré un lien entre l'implantation du Lean et un ou plusieurs des effets mentionnés précédemment, mais aucune n'a montré qu'il n'y avait aucun lien. Bruère (2013) présente aussi un recensement de 58 études dans un article montrant qu'un débat continue entre les auteurs qui dénoncent le Lean et ceux qui l'appuient. Par contre, Hasle (2014) affirme que de façon générale, les auteurs qui dénoncent le Lean ne font qu'exposer les problèmes, alors que ceux qui l'appuient cherchent des solutions.

Selon Bruère (2013), neuf études ont mentionné des aspects positifs du Lean sur la SST des travailleurs. En particulier, deux études ont établi un lien positif possible du Lean sur la santé des travailleurs dans l'industrie automobile. La première étude (S. K. Womack et al., 2009) montre une accélération de la cadence de travail, mais une diminution des efforts physiques. Cette étude établit aussi qu'il y a eu une importante implication des travailleurs dans le processus d'implantation. La seconde (Saurin & Ferreira, 2009) relate que les travailleurs ont perçu une amélioration de leurs conditions de travail et qu'ils préféreraient la philosophie Lean dans leur entreprise de fabrication d'équipements agricole située au Brésil.

Parmi les modèles intéressants, on retrouve un modèle proposé par Yang et Yang (2013). Celui-ci combine les aspects techniques, la gestion de la qualité, la gestion des ressources humaines et les facteurs humains. Il utilise un modèle qui prend en compte un nombre important d'aspects des facteurs humains et en leur attribuant une pondération. Les facteurs humains considérés dans cette étude sont :

1. Le respect des personnes;
2. La sécurité d'emploi;
3. La rémunération en fonction de l'ancienneté;

4. La satisfaction de travailleurs quant à leur emploi;
5. La perception de l'autorité;
6. La responsabilisation des travailleurs;
7. L'environnement de travail innovant;
8. La motivation;
9. La polyvalence;
10. Le partage du succès de l'entreprise.

La pondération de ces différents facteurs est attribuée selon la position du facteur dans la pyramide de Maslow.

Une étude réalisée à la suite de l'implantation de ce modèle montre qu'il est primordial d'inclure les facteurs humains lors de l'implantation du Lean dans le secteur manufacturier et que les bénéfices en sont tangibles (Sakouhi & Nadeau, 2016). En effet, ce sont avant tout les humains qui sont à l'avant-plan de l'implantation du Lean. L'étude poursuit en décrivant les conclusions similaires de plusieurs autres études, soit que les facteurs humains tels que le respect, la sécurité d'emploi et l'environnement créatif sont la base d'une implantation solide du TPS.

Il existe aussi un modèle créé par Parker (2003) et adapté par Hasle (2014) pour aider à anticiper les conséquences possibles du Lean. Quels outils seront implantés? Quel sera leur effet sur l'environnement de travail? Quelles seront les conséquences sur les conditions du travailleur? Après avoir réfléchi à toutes les conséquences possibles en collaboration avec les travailleurs, il faut instaurer un mécanisme de rétroaction pour facilement et rapidement identifier les effets sur ceux-ci.

Ailleurs dans le secteur manufacturier, on constate parfois que les effets négatifs et positifs peuvent s'annuler, créant un équilibre dans les conditions des travailleurs. Parmi les effets positifs, il y aurait des emplois plus gratifiants pour les travailleurs, qui se retrouvent avec plus de responsabilités et de latitude et accomplissent des tâches qui utilisent mieux leurs

compétences. Il serait donc possible de limiter les effets négatifs et d'avoir une amélioration des conditions de travail (Hasle, 2014). Toutefois, étant donné les nombreux échecs mentionnés, il est primordial d'agir avec précautions afin d'éviter les conséquences désastreuses qu'une mauvaise approche peut produire, car celles-ci peuvent aller jusqu'au suicide (Landsbergis et al., 1999).

À l'extérieur du secteur manufacturier, très peu d'études ont été réalisées sur l'implantation du Lean. Quelques études existent pour le secteur hospitalier, les centres d'appels et le secteur minier (Nadeau, Morency, & Nsangou, 2015), mais dans des contextes si différents, les méthodes doivent être grandement adaptées avant l'implantation (Flynn & Vlok, 2015).

La littérature au sujet des problèmes d'intégration du Lean à la santé et la sécurité en industrie est existante et plusieurs revues ont déjà été réalisées, dont celle de Sakouhi et Nadeau (2016). Le lecteur est donc invité à consulter la revue de littérature de ce mémoire de recherche pour approfondir le sujet.

1.2 Introduction à la maintenance

Tout d'abord, il convient de bien définir ce qu'est la maintenance. Voici la définition du terme « maintenance » dans la norme ISO 9001 2008 : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de *management* durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. » De plus, afin de bien approfondir tout ce qui concerne la gestion entourant les actions de maintenance, voici la définition du « *Management* de la maintenance » de la norme européenne telle qu'interprétée par la norme ISO 9001 2008 : « Toutes les activités des instances de direction qui déterminent les objectifs, la stratégie et les responsabilités concernant la maintenance et qui les mettent en application par des moyens tels que la planification, la maîtrise et le contrôle de la maintenance, l'amélioration des méthodes dans l'entreprise y compris dans les aspects économiques. » On comprend donc que les actions de maintenance incluent les entretiens correctifs et préventifs, les inspections et les calibrations,

mais aussi toutes les actions de gestion telles que la planification, les achats et les projets d'améliorations (Laloux, 2009).

Les opérations de maintenance des équipements et d'autres facteurs de production comme les bâtiments et leurs différents systèmes sont, quoique souvent oubliées ou négligées, l'une des fonctions les plus importantes de la gestion des opérations (Stevenson, Benedetti, & Youssef, 2012). Pourtant, les coûts d'une panne peuvent s'élever extrêmement rapidement, pouvant même dépasser la marge de profit espérée pour la production (Stevenson et al., 2012). C'est pourquoi il est important d'avoir une saine gestion de la maintenance, qui permet de limiter les pannes et de planifier les arrêts de production réservés à la maintenance afin d'obtenir la meilleure efficacité des équipements.

Smith et Hawkins (2004) ayant publié sur l'adaptation à la maintenance Lean insistent sur le fait que la maintenance fait partie intégrante des activités d'une entreprise. Une entreprise qui se tourne vers le Lean pour sa production devrait en faire autant pour sa maintenance (Smith & Hawkins, 2004). Par contre, production et maintenance étant deux concepts fondamentalement distincts en raison du type d'activités différentes qui s'y tiennent, l'approche de la philosophie Lean à utiliser n'est pas la même (Baluch et al., 2012). D'ailleurs, la littérature est abondante sur l'adaptation du Lean à des départements de maintenance existants (Lind, 2008; Williamson, 2000).

1.2.1 L'implantation d'un département de maintenance

Il n'existe pas d'approche générale que n'importe quelle entreprise peut utiliser pour l'implantation d'un département de maintenance. L'important, c'est de répondre aux besoins de maintenance de l'entreprise (Laloux, 2009). Toutefois, selon la norme CSA Z1004-12, toute modification ou implantation se doit de suivre une certaine démarche préventive pour assurer son efficacité. On parle ici de l'approche PDCA :

- Plan : Planification du projet (requis, objectifs, gestion du changement);
- Do : Implantation des modifications / mise en application des principes;

- Check : Évaluation du processus;
- Act : Amélioration continue.

Selon Laloux (2009), afin d'avoir une saine gestion de la maintenance, il est important d'établir sa politique de maintenance et d'identifier ses besoins et ses moyens (humains, matériels et financiers). Il indique aussi qu'on doit avoir une planification efficace des opérations de maintenance, mentionnant la possibilité d'utiliser un logiciel de maintenance assistée par ordinateur à cet effet.

Ces étapes sont importantes, mais il faut aussi avoir une rétrospection sur sa performance. Ceci permet de connaître ses points forts et ses points à améliorer (Laloux, 2009).

Un département de maintenance performant relève tout d'abord d'un leader performant. Pour être un leader performant, la base est d'avoir une communication efficace, être motivé et avoir le sens de l'organisation (Westerkamp, 2013). Il est aussi important que chacun connaisse son rôle, sa définition de tâche et les délais impartis.

Il existe différentes façons de structurer sa maintenance. Les structurations explicitées dans l'ouvrage *Maintenance Manager's Standard Manual (5th Edition)* de Westerkamp (2013) sont inspirées des entreprises multinationales les plus performantes. Plusieurs organisations des rôles sont proposées par Westerkamp (2013). Il est possible d'utiliser une combinaison de ces organisations pour répondre adéquatement aux besoins de maintenance.

On présente d'abord l'**organisation linéaire typique à deux niveaux**, qui inclut un directeur de la maintenance, puis un superviseur pour chaque équipe (Westerkamp, 2013).

On présente ensuite une version d'**organisation linéaire typique à trois niveaux** hiérarchiques. Un département de maintenance de plus grande envergure est aussi dirigé par un directeur de maintenance, mais on ajoute sous sa supervision un ingénieur de

maintenance, un superviseur général et un planificateur de maintenance. Sous la supervision de ces spécialistes, il y a les superviseurs de chaque équipe (Westerkamp, 2013).

Il existe plusieurs façons de séparer les différentes équipes de travail.

L'**organisation fonctionnelle** sépare les équipes de travail et leur superviseur selon les différents départements de la maintenance (par exemple : machines-outils, soudure, électricité, automatisation, bâtiment et support à la production) (Westerkamp, 2013).

L'**organisation géographique** sépare les équipes de travail et leur superviseur selon les différentes aires de travail. Par exemple, lorsqu'une entreprise de superficie importante ou ayant des sites délocalisés possède plusieurs ateliers de maintenance, on y trouvera un superviseur pour chaque atelier (Westerkamp, 2013).

La taille optimale d'une équipe de maintenance est le nombre minimal d'employés nécessaires pour effectuer le travail requis dans les délais impartis et de façon sécuritaire. La même logique est utilisée pour la taille des locaux réservés à la maintenance (Westerkamp, 2013).

L'organisation d'un département de maintenance dépend de plusieurs facteurs. Entre autres, Westerkamp (2013) évoque le nombre d'employés du département, la taille de l'entreprise et sa superficie, le nombre de bâtiments ou de sites

1.2.2 La maintenance Lean

Comme le mentionnent Smith et Hawkins (2004) dans leur ouvrage *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*, les opérations de maintenance font partie intégrante des activités d'une industrie. Une entreprise qui se tourne vers le Lean pour sa production devrait donc aussi adopter le Lean dans sa maintenance pour compléter son implantation. Par contre, on ne peut pas mettre en pratique les principes Lean en maintenance avec la même approche qu'en production puisque ces deux départements sont fondamentalement différents (Baluch et al., 2012). Mais avant tout, en quoi les départements

de production et de maintenance sont-ils différents pour qu'une approche si différente soit requise?

1. La production est dirigée par les ventes (Liker, 2004) alors que la maintenance est dirigée en partie par une planification des entretiens préventifs et en partie par les défaillances. La seconde partie n'est pas entièrement prévisible (Barabady & Kumar, 2008);
2. L'efficacité en production repose sur les résultats des opérations actuelles. S'il n'y a pas de gaspillage au temps présent, on considère atteindre l'efficacité. Par contre, en maintenance, la notion de temps est à considérer. En effet, il est possible de remplacer un équipement trop tard, alors qu'il brisera ou perdra de l'efficacité, mais il est aussi possible de le remplacer trop tôt. La deuxième option implique une dépense trop élevée dans le remplacement d'un équipement. De plus, si une maintenance est mal effectuée, il peut y avoir un certain délai avant que les conséquences telles que la perte d'efficacité ne s'en ressentent;
3. En production, il est possible de recueillir des données de court terme pour déterminer si une action effectuée est une réussite. En maintenance, l'efficacité doit être mesurée sur une période allant jusqu'à la durée de vie de l'équipement.

De plus, les sources de gaspillages en maintenance ne sont pas les mêmes qu'en production. Voici une liste de certaines sources de gaspillages en maintenance lorsqu'on considère que les équipements sont en bonne condition (Baluch et al., 2012):

1. Effectuer un travail qui n'a pas besoin d'être fait;
2. Les délais de déplacement (pièces, techniciens, etc.);
3. Les déplacements inutiles (aller chercher un outil, chercher une pièce, apporter un outil pour rien, etc.);
4. Une mauvaise gestion des inventaires (ne pas avoir une pièce au moment requis);
5. Refaire un travail mal complété;
6. Une mauvaise utilisation des ressources humaines (distribuer les tâches en fonction des qualifications plutôt qu'en fonction des habiletés);

7. Une mauvaise documentation (trop de données inutiles ou pas assez de données utiles);
8. L'utilisation d'un équipement à une fin pour laquelle il n'est pas destiné (catachrèse), pouvant causer une défaillance prématurée.

La maintenance productive totale (TPM) est à la base d'une saine gestion de la maintenance Lean. Une maintenance est dite « productive » lorsqu'elle se fait de façon efficace en limitant les impacts sur la production. De plus, elle est dite « totale » lorsqu'elle implique tous les aspects et concerne tous les niveaux hiérarchiques de l'entreprise, allant des opérateurs à la direction (Baluch et al., 2012). Il est donc important de consacrer du temps à la maintenance afin que l'équipement soit en bon état de fonctionnement et qu'aucune panne ne survienne en production.

La TPM est basée sur six pratiques qui sont indispensables pour son bon fonctionnement (Baluch et al., 2012) :

1. Améliorer l'efficacité des équipements en ciblant les principales pertes;
2. Impliquer les opérateurs dans les maintenances routinières quotidiennes de leurs équipements;
3. Améliorer le rendement des équipements;
4. Former adéquatement tous les individus impliqués;
5. Gérer le cycle de vie des équipements et la prévention en maintenance;
6. Gagner l'implication des équipes de travail vers un objectif commun.

S'il manque ne serait-ce qu'un seul de ces éléments, le succès de la TPM ne serait pas atteint. C'est d'ailleurs une des principales raisons pour lesquelles plusieurs abandons des procédures d'implantation de la TPM sont répertoriés (Williamson, 2000). Il existe à cet effet quatre règles ou principes qui aident les gestionnaires à atteindre les objectifs de la TPM (Spear & Bowen, 1999):

1. Le travail à accomplir doit être précisé et documenté de façon claire, sans équivoque et ce de façon complète et entière (contenu, séquence, durée et motifs);

2. Les contacts entre les clients et les fournisseurs doivent être directs et clairs;
3. L'accès à l'information doit être simple, direct et connu de tous;
4. Les améliorations doivent se faire sous les indications du plus bas niveau hiérarchique possible de l'entreprise et en utilisant une méthode spécifique.

La mise en pratique de ces règles et pratiques, jumelée à la discipline et la rigueur, a porté fruits dans plusieurs secteurs d'activités allant de l'assemblage aéronautique à l'exploration pétrolière (Baluch et al., 2012).

1.2.3 La fiabilité machine dans ses grandes lignes

Tout équipement acheté neuf subit trois phases dans son cycle de vie. Tout d'abord, les différents composants doivent s'ajuster afin de bien s'agencer. L'usure de pièces neuves durant cette période, dite de **rodage**, peut mener à des pannes qualifiées d'infantiles puisqu'elles se produisent alors que l'équipement est presque neuf. La maintenance lors de cette période doit donc être fréquente, comme lors de l'achat d'une voiture neuve (Stevenson et al., 2012).

Ensuite, l'équipement subit une phase de stabilité où les défaillances sont beaucoup plus rares. Cette phase s'appelle la phase de **maturité**. Lorsqu'une panne survient, elle est accidentelle. Fait intéressant, les garanties prolongées proposées par les fabricants couvrent souvent cette période. Si la maintenance est bien faite, il est possible de prévoir et de prévenir certaines pannes accidentelles de la phase de maturité (Stevenson et al., 2012).

La dernière phase dans l'usure d'un équipement est la phase de **vieillesse**, celle où les pièces sont de plus en plus usées par la friction et les contraintes cycliques causant la fatigue des matériaux par exemple. Les pannes de vieillissement et les bris récurrents deviennent donc de plus en plus fréquents et ont des impacts de plus en plus importants. Les coûts de maintenances augmentent donc de façon substantielle. Durant cette phase, il est aussi important de considérer et de planifier le remplacement ou la remise à neuf de l'équipement (Stevenson et al., 2012). À ce point, il est inutile d'investir tous les efforts permettant de

maintenir cet équipement en état de fonctionnement dans un objectif de « zéro panne » (Westerkamp, 2013).

Il existe plusieurs types d'interventions en maintenance. Les maintenances palliatives ou **correctives** sont les moins souhaitables. Elles sont réalisées lorsqu'une panne survient en production. La durée de vie de l'équipement est maximisée puisqu'on attend une défaillance pour agir, mais les pertes monétaires dues à un arrêt non planifié sont élevées et dépassent souvent le coût d'un remplacement anticipé de la pièce. Puisqu'on attend qu'une pièce brise pour la changer, il est possible qu'elle ait aussi endommagé d'autres pièces lors de son bris. De plus, une panne en production peut aussi entraîner une perte de produits et de matières premières, des retards de livraison ainsi que des employés de production inactifs lors des réparations. Dans le cas où ce type de maintenance est privilégié en entreprise, il est nécessaire d'investir dans des équipements de secours et dans un grand nombre d'employés de maintenance qualifiés et leurs outils, simplement pour qu'ils attendent d'agir en cas de crise. Les coûts d'une telle gestion sont, sans contredit, très élevés (Stevenson et al., 2012).

Ensuite, la maintenance **préventive** est effectuée lors d'arrêts planifiés de production. Certaines d'entre elles consistent à remplacer des pièces dont l'usure est prédictible lorsqu'elles approchent de leur fin de vie. Ces maintenances sont dites systématiques. Elles incluent aussi le nettoyage, le graissage et les changements d'huile. De plus, des inspections sont effectuées de façon régulière et permettent de déceler les potentiels défauts. Si un défaut est détecté lors de l'inspection et qu'une panne est prévisible, la pièce sera remplacée. Ces inspections sont classées comme étant des maintenances prédictives ou conditionnelles. On élimine aussi le coût des dommages collatéraux puisqu'aucun bris ne survient. Toutefois, il faut accepter un coût associé au remplacement d'une composante qui n'est peut-être pas complètement usée (Stevenson et al., 2012). De façon générale, les coûts associés à la maintenance corrective sont trois fois plus élevés que ceux associés à la maintenance préventive (Julien, 2006).

Finally, the **curative** maintenance is often related to modifications allowing to reduce the need for palliative or preventive maintenance or to facilitate its implementation. It can be a complete overhaul or an improvement of the equipment (Stevenson et al., 2012).

How to choose between corrective maintenance and preventive maintenance? In fact, doing too much preventive maintenance can lead to important costs and not necessarily justified. It is acceptable to carry out some corrective maintenance, provided that the monetary savings are at the rendez-vous. In fact, too much maintenance can be expensive in terms of parts and labor, but a deficient maintenance can cause production stoppages, so the costs are also very high. It is thus necessary to find a balance (Kyriakidis & Dimitrakos, 2006) between preventive and corrective maintenance in order to minimize the total costs of maintenance and production stoppages (Stevenson et al., 2012).

One can resort to **conditional** maintenance to find this balance. In fact, rather than changing systematically the components after a certain period of use, conditional maintenance proposes to inspect the components to determine those that must be replaced (Abdoulaye, 2010; Yun et al., 2004). Conditional maintenance requires a greater expertise from the maintenance technicians since they must determine if the inspected component is approaching its end of life. However, the useful life of the components is optimized and the monitoring of the equipment is rigorous (Abdoulaye, 2010).

Maintenance and reliability of an equipment are two interdependent concepts. It is necessary to know the reliability of the equipment in question and its incidence on the reliability of the production line to properly adapt the maintenance performed on this equipment. In general, reliability decreases with age. The reliability of a system will be influenced by the different elements in series and in parallel that compose it.

Flynn et Vlok (2015) proposent une variante à la maintenance productive totale (*TPM*), laquelle suggère que l'attention soit mise sur l'entretien des équipements. Les employés de la maintenance et ceux des opérations travaillent ensemble pour augmenter l'efficacité globale des équipements (OEE). L'OEE peut être calculée pour connaître le pourcentage de temps de production réel par rapport à la planification :

$$OEE = A \times P \times Q \quad (1.1)$$

Où : A = pourcentage de disponibilité des équipements (temps d'opération en fonction du temps de production planifié)

P = pourcentage de performance (temps de production théorique en fonction du temps d'opération)

Q = Pourcentage de qualité (nombre d'unités valides en fonction du nombre total d'unités produites)

De plus, pour être capable de faire un changement rapide (*Quick Changeover*) tel que l'implantation ou la modification d'un équipement, l'entreprise doit être en mesure de maximiser son temps de production, donc de minimiser son temps d'arrêt. Pour ce faire, elle doit avoir la capacité d'effectuer la majeure partie du projet de façon externe, comme en atelier ou chez un sous-traitant, pour ainsi éviter d'interférer avec la production (Flynn & Vlok, 2015).

Barabady et Kumar (2008) s'intéressent, quant à eux, à l'efficacité des équipements. Selon eux, l'efficacité des équipements est principalement mesurée à partir de leur disponibilité, laquelle est influencée par leur fiabilité, la simplicité de leur maintenance et leur performance. Les techniques d'analyse de la fiabilité ont été acceptées en tant qu'outil pour la planification de la production et de la maintenance. Selon les auteurs, il est important de minimiser les pannes d'équipements, puisqu'elles entraînent des pertes de production et des coûts élevés de maintenance. Un programme de maintenance efficace est donc primordial. Les auteurs affirment que, tout dépendant du secteur industriel, les coûts de maintenance des équipements peuvent représenter jusqu'à 60% des dépenses de l'entreprise. Les arrêts

imprévus sont aussi beaucoup plus dispendieux que les arrêts planifiés, puisqu'ils influencent négativement la production et de façon inattendue. Le but de la maintenance préventive est donc de réparer l'équipement avant qu'il ne brise et au moment le plus convenable.

Avant de pouvoir entamer un processus d'amélioration de la maintenance, il faut connaître ses indicateurs pour les différents facteurs influençant la disponibilité des équipements. Historiquement, la fiabilité était mesurée par le temps moyen d'utilisation entre les pannes (*MTBF : Mean Time Between Failure*) et la simplicité de la maintenance par le temps moyen de réparation (*MTTR : Mean Time To Repair*). La performance, quant à elle, est mesurée par le temps requis par l'équipement pour réaliser sa tâche en fonction du temps prévu. Barabady et Kumar (2008) se concentrent surtout sur la fiabilité et la simplicité de la maintenance de l'équipement.

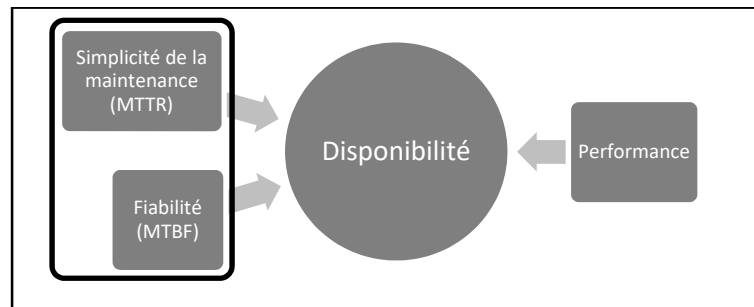


Figure 1.1 Facteurs influençant la disponibilité des équipements selon Barabady et Kumar (2008)

Les auteurs proposent un modèle d'identification des maintenances à effectuer. Tout d'abord, il faut identifier les bris fréquents par une analyse des rapports de maintenance ou d'opérations. Le principe de Pareto peut d'ailleurs être mis en pratique, puisqu'une majorité des arrêts peuvent être causés par une minorité des types de bris, alors qu'une grande variété de bris cause une minorité des arrêts. Il est donc pertinent de se concentrer sur les causes significatives de bris et les bris récurrents en premier lieu. Une analyse de ces données est effectuée en vue de déterminer si ces données sont indépendantes et identiquement distribuées, une hypothèse mathématique qui facilite le traitement statistique des données.

Pour ce faire, il existe plusieurs techniques pour évaluer si les données sont indépendantes et identiquement distribuées, comme le test de tendance et le test d'autocorrélation. Malheureusement, la plupart des données de fiabilité ne sont pas indépendantes et identiquement distribuées. Il faut alors les adapter avec un modèle non stationnaire comme le procédé non homogène de Poisson.

Une fois que les caractéristiques de fiabilité sont établies, il est possible de leur attribuer une importance relative. On peut ainsi trouver le ou les composants critiques pour la fiabilité de l'équipement et de la ligne de production ou d'extraction. Pour calculer l'importance spécifique d'un composant, on utilise une dérivée partielle de la fiabilité du composant en fonction de la fiabilité de l'équipement.

$$I(i) = \frac{\partial R_s(t)}{\partial R_i(t)} \quad (1.2)$$

Où $I(i)$ est l'importance du composant

$R_s(t)$ est la fiabilité mesurée de l'équipement

$R_i(t)$ est la fiabilité mesurée du composant

1.2.4 La santé et la sécurité du travail en maintenance

Selon Lind (2008), les opérations de maintenance ont pour principal objectif de supporter la production en permettant une réduction des temps d'arrêt et des problèmes d'équipements. De plus, une bonne maintenance permet aussi une meilleure qualité des produits et des opérations plus sécuritaires. Par contre, une attention doit aussi être portée à la santé et sécurité du travail (SST) lors des interventions mécaniques, encore plus particulièrement lorsqu'elles sont effectuées par un personnel en sous-traitance qui travaille dans un environnement peu familier et varié (Nadeau & Morency, 2018).

Une intervention de maintenance est constituée de quatre phases principales (Stevenson et al., 2012). La première phase est l'identification du besoin de maintenance, qui peut être planifiée ou non. La deuxième phase est la préparation à la maintenance. Elle inclut le rassemblement des outils, pièces et informations, les procédures à suivre, le désassemblage, la commande de pièces, l'établissement d'un périmètre de sécurité, etc. C'est dans cette phase que le Règlement sur la Santé et la Sécurité du Travail (RSST) prescrit le cadenassage (Québec, 2001). La troisième phase est l'intervention de maintenance elle-même. La quatrième phase est la remise en service de l'équipement et le nettoyage de la zone. Soulignons que dans le cas d'une maintenance planifiée, plusieurs étapes peuvent être réalisées avant l'arrêt de production.

Chacune de ces phases comporte un risque d'accident. En effet, les opérations de maintenance sont souvent identifiées comme risquées, entre autres à cause de la nature manuelle du travail, des heures différées, de l'isolement et des réparations d'urgence (Emami-Mehrgani, Nadeau, & Kenné, 2014). Il est possible de réduire ces risques par un certain nombre de moyens. Entre autres, le choix du bon outil pour effectuer une tâche particulière fait partie des méthodes de travail à adopter pour réaliser une intervention en toute sécurité. D'ailleurs, le «*Human Factors/Ergonomics Handbook for the Design for Ease of Maintenance*» stipule que l'outil utilisé doit être adapté à la tâche, mais qu'il est encore mieux qu'un équipement puisse être entretenu sans l'utilisation d'un outil spécialisé.

Pour agir en avant-plan sur la prévention des risques en maintenance, le RSST prescrit l'utilisation du cadenassage (Québec, 2001). Il s'agit en effet d'une façon de s'assurer que l'équipement est à « énergie zéro » lors de l'intervention sur celui-ci. Toutes les sources d'énergie (électrique, pneumatique, potentielle, etc.) doivent être contrôlées par un cadenas à clé unique dont seul le propriétaire possède la clé. Le cadenas doit aussi être apposé sur un dispositif prévu à cet effet (Québec, 2001). De plus, cette étape doit être effectuée par chaque travailleur qui intervient sur l'équipement. On utilise un morillon au besoin si le dispositif de cadenassage n'a pas la capacité d'accueillir le nombre de cadenas requis. Le

cadénassage est un processus utilisé en industrie et plusieurs formations sont disponibles. Le lecteur est invité à lire l'article de Emami-Mehrgani et al. (2014) pour approfondir le sujet.

Parmi les moyens disponibles pour diminuer les risques lors des interventions de maintenance, les équipements de protection individuelle (ÉPI) font partie des solutions. Il s'agit de dispositifs permettant de protéger un travailleur contre un risque. Il existe en effet une panoplie d'ÉPI pour les différents types de risques, tels que les protecteurs auditifs pour protéger le travailleur contre les bruits. On peut aussi mentionner les lunettes de sécurité pour protéger les yeux des travailleurs contre les projections d'objets ou de particules. La liste d'équipements existants est longue et peut être explorée par le lecteur dans l'ouvrage de Westerkamp (2013), dans les publications de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) ainsi qu'auprès de n'importe quel fournisseur de tels équipements. La réglementation en SST québécoise oblige d'ailleurs le port de certains ÉPI. Cette réglementation est explorée dans la section 1.3. Toutefois, le port des ÉPI est la dernière étape visant à la protection des travailleurs avant l'utilisation d'une procédure de travail (Québec, 1979).

La maîtrise des énergies est aussi un moyen efficace pour diminuer les risques associés aux tâches de maintenance (Westerkamp, 2013). Tel que mentionné à la section 1.3, l'élimination à la source n'est pas toujours possible. Dans un tel cas, on essaie de prévenir la rencontre entre une situation dangereuse et un travailleur. Ainsi, lorsqu'un technicien de maintenance doit intervenir sur un équipement, il doit s'assurer que celui-ci ne puisse être déclenché. Les énergies de tous types (mécanique, électrique, pneumatique, hydraulique) doivent donc être contrôlées de façon à ce que l'équipement soit à « énergie zéro ». Une procédure de cadénassage doit ensuite être utilisée pour l'ensemble des énergies (Québec, 2001).

Les tâches de maintenance sont donc risquées, mais un équipement mal entretenu peut aussi être dangereux (Julien, 2006; Westerkamp, 2013). Un programme d'inspection des équipements critiques est donc important pour s'assurer qu'aucune défaillance ne puisse

avoir de conséquences graves sur la santé et la sécurité des travailleurs puisqu'il s'agit d'une intervention à la source même du danger (Julien, 2006; Summers, 1998).

1.2.5 L'erreur est humaine

Les erreurs humaines sont souvent en cause lors de bris mécaniques ou de problèmes de fiabilité des équipements. Ces erreurs humaines peuvent survenir tant lors de la conception que lors de l'utilisation ou la maintenance de l'équipement. Les erreurs humaines liées à la maintenance les plus répandues sont une mauvaise planification des entretiens, une omission de certaines procédures de maintenance ou une erreur lors de l'exécution d'une maintenance (Emami-Mehrgani, Neumann, Nadeau, & Bazrafshan, 2016). Par contre, les erreurs réelles peuvent aller bien au-delà des procédures internes. Elles peuvent notamment être engendrées par une formation inadéquate (Papic & Kovacevic, 2016).

Par contre, une diminution de la fiabilité des équipements entraîne une augmentation des interventions humaines sur l'équipement, et c'est souvent lors de ces interventions que les accidents peuvent survenir (Papic & Kovacevic, 2016). Souvent, les pertes monétaires encourues à la suite d'un accident de travail sont supérieures aux coûts qu'il aurait été nécessaire d'investir pour éviter l'intervention (Papic & Kovacevic, 2016). Reason et Hobbs (2003), pour leur part, affirment que les erreurs humaines dans les travaux de maintenance peuvent aller jusqu'à risquer des vies. Les erreurs sont en cause dans plus de la moitié des événements potentiellement dangereux, selon quatre études de cas réalisées par Reason et Hobbs (2003) dont trois confirmaient cette hypothèse.

Par exemple, dans le cas particulier de la mine *Mining Basin Kolubara, Lazarevac, Serbia*, sur une période d'observation de deux ans, il y a eu huit accidents de travail en lien avec une excavatrice. Ces huit accidents ont occasionné un total de 456 jours de perte de temps pour un coût à l'entreprise d'environ 108 M\$. Ces coûts représenteraient l'achat de deux excavatrices neuves (Papic & Kovacevic, 2016).

Selon un rapport de l'armée américaine en 1960, les erreurs humaines sont en cause pour 20 à 50% des défaillances d'équipements (Papic & Kovacevic, 2016) et cette affirmation était encore soutenue par Dhillon (2003). De plus, l'ingénierie des facteurs humains est reconnue comme une discipline spécialisée depuis 1945 (Williams, 1958). C'est en effet l'époque à laquelle on a constaté que les humains devaient être considérés comme des éléments de fiabilité et qu'ils devaient être pris en compte dans la prédiction de la fiabilité d'un système (Williams, 1958). C'est en 1997 que Reason explique que les incidents sont causés par une suite d'erreurs non détectées. L'analyse des incidents peut donc s'avérer une tâche ardue (Reason, 1997). Il existe des outils d'analyse des incidents plus ou moins simples tels que les cinq pourquoi? et les arbres d'analyse des événements (Papic & Kovacevic, 2016).

Les erreurs humaines en maintenance peuvent être classées en cinq catégories différentes (Papic & Kovacevic, 2016) :

1. Manque de formation;
2. Mauvaise information;
3. Manque d'expérience;
4. Manque de diligence;
5. Négligence des dangers.

Puisqu'il est normal qu'un travailleur humain commette des erreurs de temps à autre, il ne faut pas simplement se fier à son expertise pour obtenir un environnement exempt de défaillances. Il est important d'aller au-delà de la responsabilité du travailleur et s'assurer que le système entier soit à l'abri des erreurs humaines ou qu'il permette à l'humain de réparer/récupérer son erreur. L'utilisation, par exemple, du *Poka Yoke* est appropriée à cette fin.

1.2.6 Les connaissances tacites

Dans un autre ordre d'idées, l'accès à l'information peut parfois être difficile pour les techniciens qui effectuent une maintenance sur un équipement quelconque. Dans un contexte

de maintenance industrielle, il est important de fournir des informations précises aux techniciens (Aromaa, Vääänen, Aaltonen, & Heimonen, 2015). Une étude réalisée à l'Université de Tampere en Finlande en collaboration avec trois entreprises s'est intéressée aux méthodes utilisées pour rassembler et partager les informations critiques sur les équipements à entretenir. Ces informations devraient être faciles à obtenir par les techniciens, qui requièrent parfois ces informations de façon critique lors d'une intervention d'urgence sur un équipement. Un partage des connaissances efficace est alors la clé pour obtenir des interventions d'urgence rapides. Les données techniques (informations explicites) concernant les équipements sont souvent plus faciles à obtenir puisqu'elles sont fournies, classifiées et connues des techniciens. Par contre, il existe aussi des connaissances tacites que les techniciens acquièrent avec l'expérience. Les connaissances tacites sont plus difficiles à transmettre et nécessitent du temps à apprendre. Le but de l'étude de (Aromaa et al., 2015) est donc de développer un modèle efficace de partage des connaissances tacites par l'utilisation d'outils simples. Cette approche est basée sur l'encouragement des techniciens à rassembler, utiliser et partager leurs connaissances.

Des moyens sont reconnus pour aider à la diffusion des connaissances tacites telles que les blogs, les wikis, les réseaux sociaux et les partages de vidéos (Aromaa et al., 2015). Ces moyens ne sont toutefois pas infallibles puisqu'ils laissent place à l'interprétation et peuvent transporter un message qui n'est pas éprouvé. Plusieurs technologies naissantes telles que les vidéos 360°, les montres et les lunettes intelligentes pourraient améliorer et accélérer la transmission de certaines connaissances ou informations explicites (Aromaa et al., 2015).

Le modèle généré par Aromaa et al. (2015) permet de définir le type de transmission de données qui doit être fait entre le technicien et les différents systèmes ou individus.

1.3 La SST au Québec

Il est important de noter qu'au Québec, lors d'une lésion professionnelle, la loi sur les accidents de travail et les maladies professionnelles porte la charge sur les entreprises pour

les indemnisations, que le travailleur indemnisé soit en faute ou non (Québec, 1985). Il revient donc à l'entreprise de s'assurer que ses lieux soient sécuritaires et les employés soient prudents. Selon la Loi C-21, un individu peut toutefois être tenu responsable d'un accident en cas de négligence de sa part, et ce, depuis 2004 (Manirabona, 2010).

1.3.1 Les lois et règlements

Puisque la SST devrait être une priorité dans toute entreprise, plusieurs mécanismes législatifs sont en place au Québec. Parmi ceux concernant les milieux industriels et la maintenance, il existe tout d'abord la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST), qui porte principalement sur la prévention en milieu de travail. Il y a ensuite la Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (LATMP), qui porte sur l'indemnisation en cas d'accident du travail. Chacune de ces lois réfère à plusieurs règlements dont les plus considérés par un département de maintenance sont le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST), le Code de sécurité sur les travaux de construction (CSTC) et le Règlement sur le programme de prévention (CNESST, 2018).

L'objet de la LSST est l'élimination à la source de tout risque d'accident de travail et maladie professionnelle (Québec, 1979). Or, il n'est pas toujours possible d'éliminer le risque à la source. C'est pourquoi il existe d'autres niveaux hiérarchiques de protection, qui sont présentés à la section 1.3.4.

Le Règlement sur les comités de santé et de sécurité du travail (RCSST) exige la mise en place d'un comité SST paritaire pour toute entreprise des groupes prioritaires I et II des secteurs d'activité industrielle regroupant plus de 20 employés (Québec, 1983). Il s'agit d'un comité paritaire formé par des représentants des travailleurs et des représentants des employeurs. Voici les fonctions du comité SST tel qu'indiqué dans la LSST (Québec, 1979) :

1. De choisir conformément à l'article 118 le médecin responsable des services de santé dans l'établissement;
2. D'approuver le programme de santé élaboré par le médecin responsable en vertu de l'article 112;

3. D'établir, au sein du programme de prévention, les programmes de formation et d'information en matière de santé et de sécurité du travail;
4. De choisir les moyens et équipements de protection individuels qui, tout en étant conformes aux règlements, sont les mieux adaptés aux besoins des travailleurs de l'établissement;
5. De prendre connaissance des autres éléments du programme de prévention et de faire des recommandations à l'employeur;
6. De participer à l'identification et à l'évaluation des risques reliés aux postes de travail et au travail exécuté par les travailleurs de même qu'à l'identification des contaminants et des matières dangereuses présents dans les postes de travail aux fins de l'article 52;
7. De tenir des registres des accidents du travail, des maladies professionnelles et des événements qui auraient pu en causer;
8. De transmettre à la Commission (CNESST) les informations que celle-ci requiert et un rapport annuel d'activités conformément aux règlements;
9. De recevoir copie des avis d'accidents et d'enquêter sur les événements qui ont causé ou qui auraient été susceptibles de causer un accident du travail ou une maladie professionnelle et soumettre les recommandations appropriées à l'employeur et à la Commission (CNESST);
10. De recevoir les suggestions et les plaintes des travailleurs, de l'association accréditée et de l'employeur relatives à la santé et à la sécurité du travail, les prendre en considération, les conserver et y répondre;
11. De recevoir et d'étudier les rapports d'inspections effectuées dans l'établissement;
12. De recevoir et d'étudier les informations statistiques produites par le médecin responsable, l'agence et la Commission (CNESST);
13. D'accomplir toute autre tâche que l'employeur et les travailleurs ou leur association accréditée lui confient en vertu d'une convention.

L'article 80 de la LSST prescrit aux employeurs d'afficher la composition du comité SST pour s'assurer que chaque employé en connaisse la composition (Québec, 1979).

1.3.2 Les mutuelles de prévention

Pour améliorer leur prévention et diminuer leurs frais de cotisation à la CNESST, les petites et moyennes entreprises (PME) peuvent adhérer à une mutuelle de prévention. Une mutuelle de prévention est un regroupement d'employeurs partageant les démarches de prévention pour parvenir à ces fins (CNESST, 2018).

La LSST prévoit la création d'un Comité SST par la section IV. Celui-ci doit être formé par au moins 10% du nombre de travailleurs que comporte l'entreprise, sauf dans certaines conditions tel qu'indiqué dans Québec (1979). Ces fonctions tel qu'indiqué dans la LSST sont les suivantes :

1. de choisir conformément à l'article 118 le médecin responsable des services de santé dans l'établissement.
2. d'approuver le programme de santé élaboré par le médecin responsable en vertu de l'article 112;
3. d'établir, au sein du programme de prévention, les programmes de formation et d'information en matière de santé et de sécurité du travail;
4. de choisir les moyens et équipements de protection individuels qui, tout en étant conformes aux règlements, sont les mieux adaptés aux besoins des travailleurs de l'établissement;
5. de prendre connaissance des autres éléments du programme de prévention et de faire des recommandations à l'employeur;
6. de participer à l'identification et à l'évaluation des risques reliés aux postes de travail et au travail exécuté par les travailleurs de même qu'à l'identification des contaminants et des matières dangereuses présents dans les postes de travail aux fins de l'article 52;
7. de tenir des registres des accidents du travail, des maladies professionnelles et des événements qui auraient pu en causer;
8. de transmettre à la Commission les informations que celle-ci requiert et un rapport annuel d'activités conformément aux règlements;

9. de recevoir copie des avis d'accidents et d'enquêter sur les événements qui ont causé ou qui auraient été susceptibles de causer un accident du travail ou une maladie professionnelle et soumettre les recommandations appropriées à l'employeur et à la Commission;
10. de recevoir les suggestions et les plaintes des travailleurs, de l'association accréditée et de l'employeur relatives à la santé et à la sécurité du travail, les prendre en considération, les conserver et y répondre;
11. de recevoir et d'étudier les rapports d'inspections effectuées dans l'établissement;
12. de recevoir et d'étudier les informations statistiques produites par le médecin responsable, l'agence et la Commission;
13. d'accomplir toute autre tâche que l'employeur et les travailleurs ou leur association accréditée lui confient en vertu d'une convention (Québec, 1979).

Parmi les exigences des mutuelles de prévention, il y a aussi celle de développer un programme de prévention. Il s'agit d'un plan d'action développé par l'entreprise pour atteindre ses objectifs en termes de SST. Son but principal est d'éliminer ou contrôler les dangers du milieu de travail. Le programme de prévention est aussi requis par la loi (Québec, 1979).

1.3.3 Le mécanisme de création des accidents

Voici quelques définitions des termes qui appartiennent à cette section.

Un **phénomène dangereux** représente un risque ou un danger. Il pourrait s'agir, par exemple, d'un objet en équilibre en hauteur. Une **situation dangereuse** se produit lorsqu'un individu est exposé ou mis en contact avec le phénomène dangereux. Dans cet exemple, il pourrait s'agir d'un travailleur qui passe sous cet objet en équilibre. Un **événement dangereux** pourrait alors se produire si l'objet tombe. Si l'objet tombe et personne ne se trouve dans sa trajectoire, on parle d'un **incident sans blessure**. Toutefois, si l'objet tombe sur un employé, il s'agit d'un **accident de travail** ayant causé des **dommages** ou non. Si, dans l'exemple utilisé, on remplace l'objet en équilibre par un bruit très fort, l'évènement

dangereux est remplacé par l'**exposition**. La durée de l'exposition peut mener à une **maladie professionnelle**, qui serait, selon l'exemple, la surdité. (Desjardins-David & Arteau, 2009; Paques et al., 2004)

On calcule le danger par la probabilité d'occurrence de l' v nement dangereux (ou fréquence et durée d'exposition) et la gravité du dommage. (Paques et al., 2004)

Selon la Pyramide de Bird (Bird & Germain, 1996), la distribution habituelle des accidents au sein d'une entreprise suit le modèle suivant :

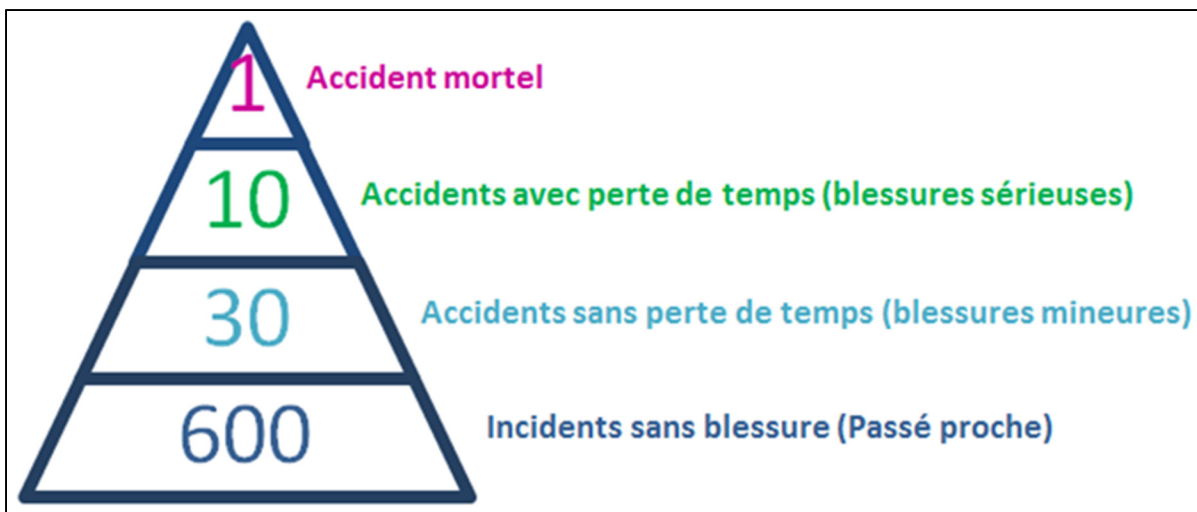


Figure 1.2 Pyramide de Bird

1.3.4 L'élimination des risques

Selon (Paques et al., 2004), il existe une hiérarchisation des moyens de contrôle du risque. Tout d'abord, et tel que visé par la LSST (Québec, 1979), l'élimination à la source doit être priorisée à titre de prévention intrinsèque (Paques et al., 2004). On doit donc supprimer le phénomène dangereux. Ensuite, s'il est impossible de supprimer le phénomène dangereux, on doit réduire le risque à un niveau sécuritaire. Si c'est impossible, on doit réduire l'exposition ou séparer l'humain du phénomène dangereux pour éviter toute situation dangereuse. Ceci peut être fait, par exemple, par l'ajout d'un protecteur fixe ou inter verrouillé. Encore une

fois, si la situation ne permet pas un tel protecteur, on doit implanter un ordre d'arrêt donné à la machine par l'utilisation d'un dispositif de protection, comme par exemple, une commande bi manuelle ou un rideau lumineux de sécurité. Finalement et en dernier recours, si toutes ces étapes sont impossibles, on doit avoir recours aux équipements de protection individuelle.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

2.1 Rappel des objectifs de recherche

Le projet de recherche consiste à créer une démarche d'implantation d'un département de maintenance selon une approche Lean centrée sur la SST. Pour cela, la littérature portant sur la maintenance a été explorée. Le *Maintenance manager's standard manual 5th edition* de Westerkamp (2013) est un référentiel sur l'implantation dite traditionnelle d'un département de maintenance. L'ouvrage de Westerkamp (2013) nous guide sur les stratégies à adopter pour une maintenance efficace, allant de l'organisation des équipes de travail à la planification des bons de travail, en passant par le budget et la formation des employés. On utilisera l'expression « maintenance traditionnelle » pour identifier la maintenance qui n'a pas été implantée selon l'approche Lean.

Au niveau de la littérature, plusieurs recherches indiquent une problématique de SST (intensification du travail, stress, troubles musculo-squelettiques, etc.) chez les entreprises ayant adopté le Lean (Hasle, 2014). Ces problèmes seraient, selon certains auteurs, principalement causés par une implantation déficiente du Lean (Hasle, 2014). Pour J. P. Womack et Jones (1996) par exemple, le Lean doit mettre l'humain au premier plan (J. P. Womack & Jones, 1996). Devenir une entreprise qui pratique le Lean en bonne et due forme n'est pas à prendre à la légère. En effet, il ne suffit pas d'adopter quelques outils appartenant au Lean et de les adapter au contexte de l'entreprise en question. L'implication des travailleurs dans le processus est primordiale à sa réussite (Liker, 2004).

De plus, la littérature indique aussi des lacunes quant à la gestion de la SST au sein des PME (Lescure, Nadeau, & Morency, 2015). Par exemple, la fréquence des accidents est plus élevée que dans de grandes entreprises. De plus, certains auteurs affirment que les accidents ne sont pas nécessairement tous déclarés dans les PME (Micheli & Cagno, 2010). Les

fréquences réelles seraient donc supérieures aux fréquences déclarées. Ces fréquences élevées sont dues à plusieurs facteurs. Par exemple, il est possible que moins d'efforts soient faits en prévention par manque d'expertise et de sensibilisation au sein même de l'entreprise (Marlow & Patton, 2002). Ensuite, on pourrait assister à une relation employeur-employés moins stricte créée par la proximité relationnelle entre le(s) dirigeant(s) et les employés (es), ce qui aurait un impact sur la gestion de la SST par exemple (Marlow & Patton, 2002).

Il est possible que certaines PME, et c'est le cas du partenaire industriel au projet de recherche, soient en pleine expansion et utilisent l'approche Lean dans leur système de production alors qu'elles n'ont pas de département de maintenance. Il est donc opportun que ces entreprises conçoivent et implantent un département de maintenance. Pour satisfaire aux besoins des entreprises, il est nécessaire que le département de maintenance soit Lean dès son implantation. La littérature, telle que détaillée au CHAPITRE 1, est, au meilleur de notre connaissance, avare de résultats documentés sur l'implantation d'un département de maintenance directement Lean et intégrant la SST.

L'utilisation du Lean vise l'élimination des gaspillages, qu'ils soient humains, monétaires ou matériels. Il va donc sans dire que notre intervention améliorera l'efficacité du système. Ensuite, l'étude vise à faire avancer les connaissances au sujet des considérations SST dans l'implantation d'un département de maintenance, et l'approche pourrait être contextualisée à d'autres PME.

2.2 Présentation de l'entreprise partenaire

L'entreprise partenaire de ce projet est une entreprise manufacturière qui effectue la fabrication et l'entretien d'équipements utilisés dans le secteur minier. Il s'agit d'une entreprise comptant environ 150 employés. Le département de production de cette entreprise est surtout centré sur l'usinage de pièces. Les équipements de cette entreprise sont donc principalement des machines-outils traditionnelles et à commande numérique.

2.2.1 Pourquoi cette entreprise

Le choix du partenaire s'est arrêté sur cette entreprise, car il s'agit d'une PME dont la situation actuelle correspond à l'objectif de recherche, soit la conception d'une approche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré, dès le départ, sur la SST. En effet et tel que visé par ce projet de recherche, cette entreprise a implanté le Lean dans ses opérations de production alors qu'elle n'a pas encore de département de maintenance. Les dirigeants de cette entreprise réalisent qu'il serait préférable de se doter d'un département de maintenance et la proposition d'implanter un département de maintenance qui soit directement Lean et centré sur la SST les intéresse.

2.2.2 Biais occasionnés par ce choix

Une étude de cas réalisée sur une seule entreprise ne permettra pas de généraliser les résultats (Suryani, 2013). Le but de cette étude est plutôt exploratoire et permet d'ouvrir la porte à de nouvelles études du même type auprès d'autres entreprises qui seraient dans la même situation.

2.3 Description de la population

La population à l'étude est composée des membres du personnel de l'entreprise en question qui sont reliés, de près ou de loin, avec les opérations de maintenance. Les détails de la cueillette de données (entrevues et observations) en lien avec ces participants seront explicités dans la section 2.5.1. Les participants visés sont :

1. Opérateurs actuels;
2. Mécaniciens actuels pour les équipements de l'usine;
3. Gestionnaires responsables de la production ou de la maintenance.

2.3.1 Critères d'inclusion

Ainsi, les participants, pour être admissibles à cette étude, doivent :

- Travailler au sein de l'entreprise et au site visité au moment de l'étude de terrain;
- Réaliser des tâches de maintenance ou de gestion de la maintenance;
- Participer de façon libre et volontaire.

2.3.2 Critères d'exclusion

Les participants suivants seront exclus :

- Ceux/celles qui ne rencontrent pas les critères d'inclusion;
- Ceux/celles qui sont en arrêt de travail, peu importe la raison, puisqu'ils ne seront pas présents sur les lieux du travail lors des entrevues et observations;
- Ceux/celles qui refusent de participer à l'étude.

2.3.3 Biais occasionnés par ce choix

Les refus de participation ne seront pas analysés. Plusieurs raisons peuvent pousser un participant à prendre cette décision et ces raisons peuvent être en lien ou non avec le contenu du projet. Conséquemment, la discrétion est laissée au participant d'accepter ou non de participer à l'étude et aucune question ne sera posée à cet égard ultérieurement.

2.4 Cueillette d'information (questionnaires d'entrevues, observations, documentation)

Dans cette étude de cas, trois sources d'informations permettent de recueillir des données : les entrevues, les observations et la documentation (Hancock & Algozzine, 2016). Ces données ont été obtenues selon le protocole présenté au comité d'éthique de la recherche de

l'ÉTS le 28 juin 2017 et approuvé par celui-ci ainsi que celui de l'UQAT le 3 juillet 2017. Les certificats d'éthiques sont présentés en ANNEXE VI et ANNEXE VII.

Une partie des données recherchées sont les témoignages des opérateurs, mécaniciens et gestionnaires responsables de la production ou de la maintenance au sujet des trois notions clés de cette étude : la maintenance, la SST et le Lean. Les participants ont été rencontrés pour des entrevues de type semi-dirigées. Les entrevues semi-dirigées sont, en effet, le meilleur moyen de laisser les participants s'exprimer librement, sur des questions choisies par l'équipe de recherche (Patton, 2005). Elles sont donc bien adaptées aux études de cas (Hancock & Algozzine, 2016). Un questionnaire a été proposé à tous les participants. Les questions de l'entrevue semi-dirigée sont présentées dans le questionnaire présenté en ANNEXE IV. Les rencontres avec les participants ont été réalisées lors d'une étude de terrain. Les employés ont été rencontrés dans les locaux de l'entreprise partenaire. S'ils acceptaient de participer à l'étude, une entrevue semi-dirigée a été planifiée. Le but est de recueillir les témoignages et les perceptions du personnel au sujet de la maintenance actuelle, ce qu'elle pourrait devenir grâce au projet, l'efficacité des procédés et la SST. Les participants ont été rencontrés durant leurs heures de travail. La durée des entrevues semi-dirigées a été de 30 à 60 minutes.

Ensuite, les participants qui effectuent des tâches de maintenance sur les équipements (les opérateurs font des maintenances routinières de base et les mécaniciens font des maintenances plus avancées) ont aussi été observés dans certaines de leurs tâches de maintenance. Ces observations servent à identifier les risques encourus lors des tâches quotidiennes de maintenance, les besoins de maintenance, la nature de la maintenance effectuée et l'avancement en termes d'amélioration continue des opérations de maintenance. La fiche d'observation est fournie en ANNEXE V. Le but des observations est de compléter la triangulation des données avec la littérature et les entrevues, tel qu'illustré à la Figure 2.1 (Hancock & Algozzine, 2016).

Enfin, une partie de la documentation de l'entreprise a été consultée. Parmi les documents consultés, il y a des rapports d'accidents dépersonnalisés, la composition du comité SST, son mandat et son plan d'action, les fichiers concernant les maintenances effectuées ainsi que la documentation au sujet de l'implantation du Lean dans l'entreprise. Le but de la consultation de cette documentation est de confirmer/infirmer/compléter l'information recueillie durant les entrevues et les observations (Hancock & Algozzine, 2016). La Figure 2.1 représente graphiquement la cueillette de données.

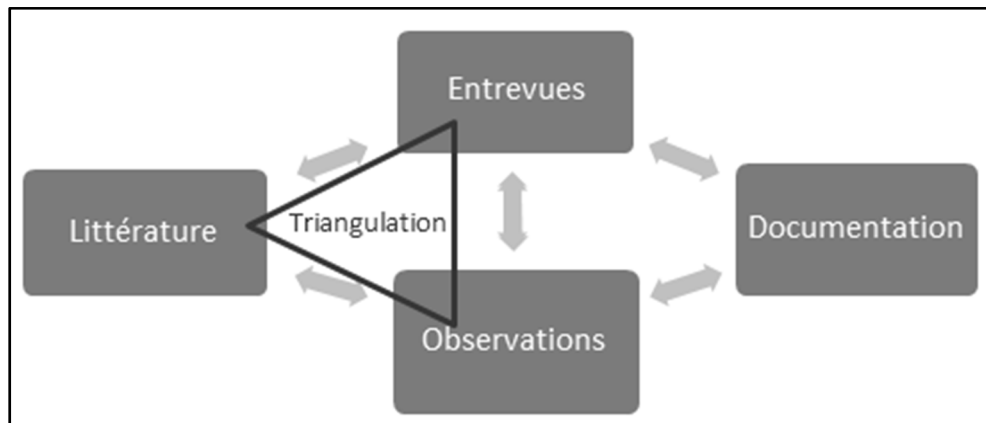


Figure 2.1 Triangulation des données

2.5 Description de l'échantillonnage

La participation à l'étude a été volontaire. Un formulaire d'information et de consentement a été présenté à chaque participant potentiel. Ce formulaire présente le projet et explique les données recherchées par la participation. Le participant choisi de participer ou non au projet et les participants qui choisissent de participer à l'étude sont acceptés. Étant donné la courte fenêtre de temps allouée pour l'étude de terrain, le nombre prévu de participants a été de 20. Ceci a permis de réaliser l'étude de terrain à l'intérieur d'une semaine, ce qui respecte les contraintes de l'équipe de recherche. L'entreprise dispose de 61 employés correspondant aux critères d'inclusion.

2.5.1 Mode de sélection des participants aux entrevues

Comme il s'agit d'une étude avec des variables qualitatives, le procédé statistique à utiliser est une analyse par proportion. Des intervalles de confiance seront construits autour des proportions observées. La marge d'erreur (ME) de l'intervalle de confiance de niveau $1 - \alpha$ (ME = moitié de l'intervalle de confiance) est calculée ainsi lorsqu'on a une population finie (Särndal, Swensson, & Wretman, 1992):

$$ME = z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n} \cdot \frac{N - n}{N - 1}} \quad (2.1)$$

Avec :

$z_{\alpha/2} = 1,96$ avec un niveau de confiance à 95% ($\alpha = 5\%$)

$N =$ Nombre d'employés de l'usine = 61

$n =$ Nombre de participants = 20

$\hat{p} =$ Proportion observée

Un nombre de participants de 20 parmi 61 engendre, dans le pire des cas (proportion observée de 50%), une marge d'erreur de 18%. C'est à partir d'une proportion observée supérieure à 67%, qu'il est possible de conclure, au niveau de confiance de 95%, à une opinion majoritaire. C'est-à-dire que l'entièreté de l'intervalle de confiance est supérieure à 50%.

2.5.2 Mode de tirage des observations

Le nombre théorique d'observations qu'il est possible d'effectuer est infini, puisqu'il y aura toujours des tâches de maintenance à effectuer. La marge d'erreur (ME) de l'intervalle de

confiance de niveau $1 - \alpha$ (ME = moitié de l'intervalle de confiance) est calculée ainsi lorsqu'on a une population infinie (Särndal et al., 1992):

$$ME = z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n}} \quad (2.2)$$

Avec :

$z_{\alpha/2} = 1,96$ avec un niveau de confiance à 95% ($\alpha = 5\%$)

$n =$ Nombre d'observations = 20

$\hat{p} =$ Proportion observée

Un nombre d'observations de 20, par exemple, engendre, dans le pire des cas (proportion observée de 50%), une marge d'erreur de 22%. C'est à partir d'une proportion observée supérieure à 70%, qu'il est possible de conclure, au niveau de confiance de 95%, à une opinion majoritaire. C'est-à-dire que l'entièreté de l'intervalle de confiance est supérieure à 50%.

2.5.3 Biais occasionnés par ce choix

Les entrevues semi-dirigées permettent de guider les participants vers les sujets que l'on désire aborder (Hancock & Algozzine, 2016; Patton, 2005). Par contre, comme on ne suggère pas de réponse aux participants, il est possible que ceux-ci omettent certains éléments de leurs réponses. Ainsi, on ne connaît que les éléments de réponse qu'ils ont mentionnés. On ne peut pas tirer de conclusions par rapport à ce qui n'a pas été dit (Patton, 2005) et il faut être vigilants pour éviter des biais d'interprétations. Nous n'avons pas non plus accès aux aspects inconscients du travail par exemple et que le participant ne verbalisera pas.

Ainsi, les analyses sont formulées, par exemple, de la façon suivante : « 79% des participants ont mentionné qu'une panne d'équipement affecte la productivité de l'usine. »

De plus, il est possible que certains participants ne disent pas la vérité dans les entrevues ou modifient leur comportement lors des observations (effet Hawthorne). C'est pourquoi nous avons aussi recours à la documentation pour confirmer/infirmer/compléter, au mieux, l'information recueillie (Hancock & Algozzine, 2016).

2.6 Description des variables et données

Tout d'abord, avant même d'entreprendre la conception de la méthode d'intégration d'un département de maintenance Lean centré sur la SST, il est important de bien connaître l'entreprise. En effet, tel qu'indiqué par Beaulieu-Paré (2011), chaque entreprise est unique et son approche Lean l'est tout autant. Les données recueillies servent donc à établir un profil de l'entreprise.

2.6.1 Variable indépendante

La variable indépendante de cette étude est donc le profil de l'entreprise qui est établi au moyen de plusieurs éléments issus du questionnaire proposé aux participants, des grilles d'observations et des données recherchées dans la documentation. La connaissance du profil actuel de l'entreprise permet, entre autres, de connaître les besoins de l'entreprise en termes de Lean, SST et maintenance et c'est pourquoi cette variable est importante au projet de recherche.

2.6.2 Variable intermédiaire

Pour établir le profil de l'entreprise, il faut se fier aux témoignages des participants, aux observations et à la documentation recueillie. Ces données sont influencées par le profil réel de l'entreprise et reflètent la réalité avec un certain degré de certitude. Elles représentent le meilleur moyen d'établir rapidement et efficacement le profil de l'entreprise. Les données de recherche représentent donc la variable intermédiaire de l'étude.

2.6.3 Variable dépendante

C'est en se basant sur les besoins de l'entreprise qu'il est possible de définir la démarche d'implantation du département de maintenance Lean centré sur la SST. Celle-ci est donc la variable dépendante de l'étude. La démarche est élaborée selon les données recueillies dans la littérature, les entrevues semi-dirigées, les observations et la documentation de l'entreprise.

2.7 Limites de la méthodologie

2.7.1 Validités interne et externe

La section 3.3 permet de regrouper trois sources d'informations : la littérature scientifique, les entrevues semi-dirigées et les observations terrain. L'utilisation de la triangulation dans la cueillette de données permet d'assurer la validité interne dans une recherche de type qualitative (Jogulu & Pansiri, 2011). De plus, la documentation d'entreprise est aussi consultée afin de colliger l'information concernant les coûts associés à la maintenance, le programme de prévention et les rapports d'accidents et de maladies professionnelles.

Comme il s'agit d'une étude de cas, la validité externe n'est pas respectée. Il faudrait réaliser de multiples études de cas afin d'assurer une validité externe (Yin, 2009). Il est en effet tout à fait probable que les résultats soient différents dans une autre entreprise, ce qui serait normal puisque chaque entreprise est unique, tout comme son approche Lean tel qu'indiqué par Beaulieu-Paré (2011). Les résultats de cette étude exploratoire ne sont donc pas généralisables.

2.7.2 Fiabilité

Comme il n'existe, au meilleur de notre connaissance, aucune autre étude semblable dans la littérature, il s'agit d'une étude originale et innovatrice. Il est donc impératif de créer un questionnaire et une grille d'observation « sur mesure ». Ces documents sont présentés en ANNEXE IV et en ANNEXE V.

2.8 Méthodes d'analyse

Les résultats recueillis sur le terrain seront présentés à la section 3.1 alors que leur analyse se fera dans la section 3.3. Cependant, avant toute chose, les données brutes doivent être traitées afin d'en tirer les informations recherchées (Hancock & Algozzine, 2016). Cette section explique la façon dont ces données sont traitées. Suite à l'analyse de ces données les résultats de l'étude seront présentés à la section 3.5.

2.8.1 Traitement des données issues des entrevues

Les entrevues constituent une partie importante des données recueillies. Tout d'abord, les questions sont décortiquées une par une. Les différents éléments de réponses se retrouvant dans la partie à développement sont extraits. Tous les éléments de réponse sont ensuite regroupés par analyse thématique pour chaque question.

Les résultats des entrevues sont présentés sous différents graphiques montrant les proportions des perceptions recensées. Les réponses du questionnaire d'entrevues semi-dirigées sont explicitées selon des diagrammes à bandes, sur lesquels on montre le nombre total de participants ayant mentionné l'élément en question dans sa réponse. Les participants n'ayant pas donné de réponses appréciatives ou à développement ne sont pas considérés dans ces graphiques. Les résultats sont présentés de façon distincte pour chaque concept de l'étude. On retrouve donc une section pour les résultats de chaque concept au CHAPITRE 3.

Les données d'entrevues sont ensuite analysées de façon statistique et utilisant l'équation 2.1. Les résultats sont présentés dans un tableau synthétisant les intervalles de confiance de chacune des questions et les résultats statistiquement majoritaires sont identifiés. Les non-répondants sont calculés dans le nombre total de l'échantillon pour l'analyse statistique des données et pour le calcul des proportions.

2.8.2 Traitement des données issues des observations

L'observation des tâches de maintenance comporte deux volets : l'efficacité de la maintenance et l'identification des risques.

Des proportions sont graphiquement présentées au CHAPITRE 3 selon les données d'observations recueillies. Tout comme les données d'entrevues, les proportions de données d'observations sont illustrées par des diagrammes à bandes.

Les données d'observation ne sont pas analysées de façon statistique, car l'échantillon est si petit qu'il est impossible d'en tirer des conclusions suffisamment précises. On ne peut donc conserver ces données que pour leur valeur qualitative.

Pour le volet portant sur l'efficacité de la maintenance, différents éléments d'observation sont comparés aux bonnes pratiques de maintenance décrites dans la littérature et aux réponses d'entrevue des participants. On compare, entre autres, les pratiques de l'entreprise aux bonnes pratiques citées par Westerkamp (2013), Laloux (2009), Baluch et al. (2012); Spear et Bowen (1999) et Stevenson et al. (2012).

2.8.3 Traitement des données recueillies dans la documentation

Les éléments manquants ou contradictoires sont validés par la documentation de l'entreprise. En outre, la documentation nous permet de mesurer directement l'avancement de l'entreprise dans son implantation du Lean, dans son efficacité de la maintenance et dans son implication concernant la SST.

Les données d'historique de maintenance sont compilées pour déterminer le rapport entre les maintenances préventives et correctives, quels sont les équipements demandant le plus de maintenance.

Les données de rapports d'incidents dépersonnalisés sont compilées pour supporter l'identification des risques en analysant la gravité, les parties du corps affectées, la nature de la lésion et la cause de l'incident.

Toutes autres données au sujet du comité SST, des procédures et du programme de prévention ont aussi été consultées.

Aucune analyse statistique n'est possible avec les données de documentation, car la nature de l'information ne le permet pas.

CHAPITRE 3

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

3.1 Résultats de l'étude de terrain

Dans cette section sont présentés les résultats de l'étude de terrain. Pour des raisons d'anonymisation, les réponses sont regroupées et seuls les totaux sont présentés. Cette étude est qualitative et exploratoire. Elle a donc pour but de catégoriser par thèmes les éléments de réponses des participants et de rechercher, le cas échéant, des tendances. C'est aussi pour cette raison que les données sont présentées de façon regroupée.

Bien que cette étude soit qualitative, cette section établit une quantification des résultats pour en faire une analyse appropriée et dont l'aboutissement est la démarche de conception et d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST. À la suite de la présentation des résultats, une courte section présente une analyse statistique sur les données pour démontrer leur niveau de validité. Seuls les résultats nécessaires pour tirer des conclusions en lien avec les objectifs de recherche sont présentés, dans le but d'alléger la lecture.

Au total, 14 participants ont été rencontrés en entrevue et 8 tâches de maintenance ont été observées, malgré un échantillon espéré de 20 pour chacune de ces catégories.

3.1.1 Profil des participants

Dans la première section du questionnaire d'entrevue, nous posons quelques questions aux participants afin de bien saisir leur rôle et leur statut au sein de l'entreprise. Ce portrait de l'échantillon est présenté sous forme de graphiques.

3.1.1.1 Fonction des participants

Ici, les participants avaient trois choix de réponses :

- Opérateur : employés travaillant au département de production;
- Mécanicien : employés attitrés à la maintenance des équipements de production;
- Gestionnaires : employés de bureau et superviseurs.

La Figure 3.1 présente le nombre de participants selon la fonction (opérateur, mécanicien, gestionnaire).

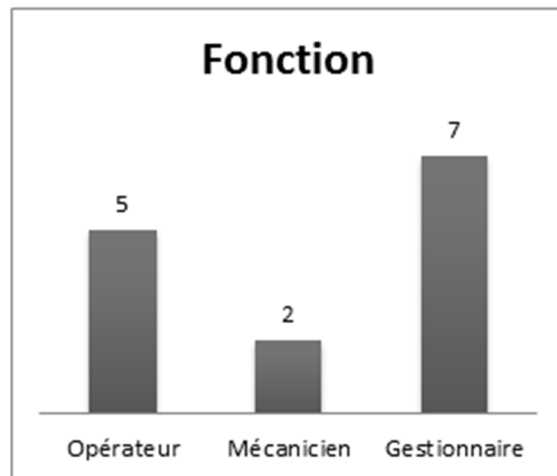


Figure 3.1 Nombre de participants pour chaque fonction

3.1.1.2 Ancienneté des participants

L'ancienneté des participants a été mesurée selon les cinq catégories présentées à la Figure 3.2.

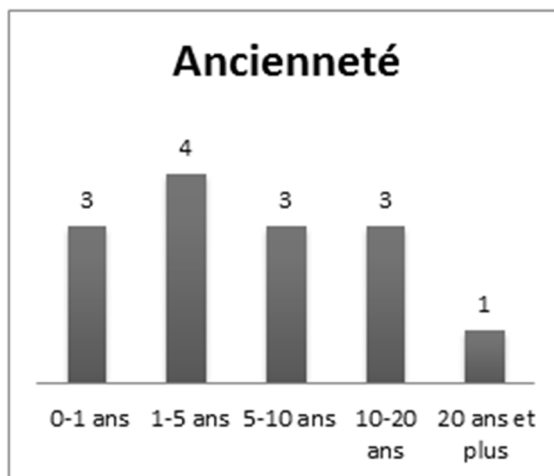


Figure 3.2 Nombre de participants par tranche d'ancienneté

3.1.1.3 Formation professionnelle des participants

Ici, les participants ont pu s'exprimer librement, dans une réponse à développement, au sujet de la (des) formation(s) professionnelle(s) qu'ils ont suivie(s). La Figure 3.3 présente, de façon synthétisée, les réponses des participants. Les réponses ont été regroupées selon le niveau de formation. Il est normal que les totaux ne concordent pas. Certains participants ont donné plus d'un élément de réponse dans les sections au sujet de leur formation.

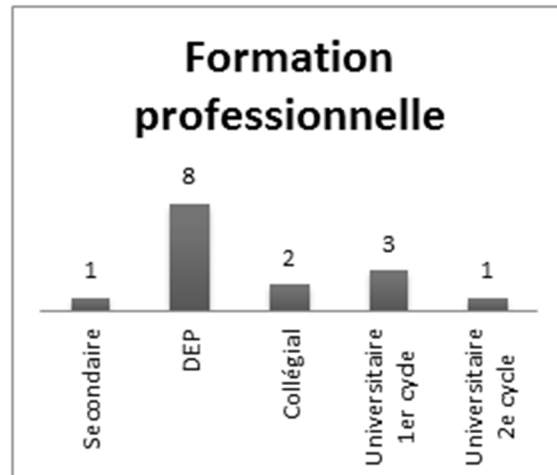


Figure 3.3 Nombre de participants pour chaque formation professionnelle

Parmi les participants ayant complété un diplôme d'études professionnelles (DEP), on retrouve des formations telles que mécanique industrielle, soudure, électronique, électromécanique et techniques d'usinage. Parmi les participants ayant complété des études collégiales, on retrouve des formations telles qu'un diplôme d'études collégiales (DEC) en soudure et montage et un DEC dans un domaine connexe. Certains participants possèdent aussi des études universitaires en mécanique et en comptabilité.

3.1.1.4 Formation spécifique à la SST des participants

Il a ensuite été demandé aux participants s'ils avaient, dans leurs études ou au cours de leur carrière, suivi une ou des formation(s) spécifique(s) liée(s) à la SST. La Figure 3.4 présente les réponses regroupées des participants.

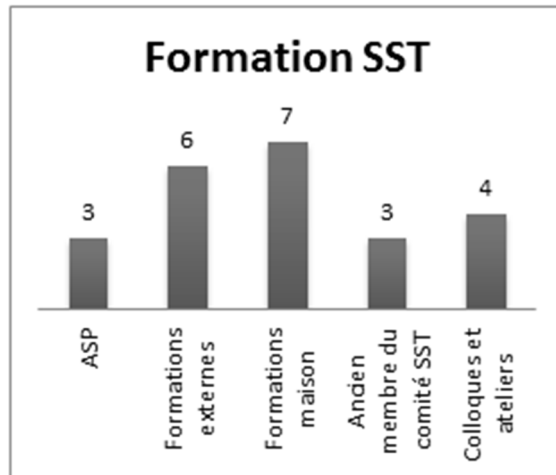


Figure 3.4 Nombre de participants pour chaque formation spécifique à la SST

Parmi les formations d'associations sectorielles paritaires (ASP), on retrouve uniquement celle de l'ASP construction. Parmi les formations externes, on retrouve, entre autres, les formations sur le système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) (version inconnue), des formations offertes par la CNESST, les cours de secourisme et des formations à distance en SST dont la nature n'a pas été précisée. Les formations maison incluent l'utilisation des ponts roulants et élingues, les chariots élévateurs, les formations données aux membres du comité SST, par exemple celles concernant les espaces clos, l'exposition à la radioactivité et le travail en hauteur.

3.1.2 Validité des données

14 individus ont participé aux entrevues et il y a eu huit interventions de maintenance qui ont été observées. L'intervalle de confiance de ces mesures est calculé avec l'équation 2.1 pour les entrevues. Étant donné le biais occasionné par la méthodologie de recherche présentée dans les sections 2.2.2, 2.3.3 et 2.5.3, ainsi que la nature exploratoire du protocole de recherche, tous les éléments de réponse sont présentés pour leur apport qualitatif et ceux-ci sont quantifiés pour donner plus de poids aux éléments les plus significatifs. Les critères de validité interne et externe de l'étude sont présentés à la section 2.7.1.

Un tableau résumant la validité statistique des données est présenté pour chaque question d'entrevues. Toutefois, cette analyse n'est pas effectuée pour les données d'observations, car l'échantillon est beaucoup trop petit pour pouvoir en tirer des conclusions.

3.1.2.1 Validité statistique des données d'entrevues

$$ME_{entrevues} = z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n_{entrevues}} \cdot \frac{N - n_{entrevues}}{N - 1}} \quad (2.1)$$

Avec :

$z_{\alpha/2} = 1,96$ avec un niveau de confiance à 95%

$N = 61$

$n_{entrevues} = 14$

\hat{p} = Proportion observée

3.1.3 La maintenance dans l'entreprise

3.1.3.1 Éléments à retenir de la littérature

Tel qu'indiqué au CHAPITRE 1, la maintenance regroupe toutes les activités destinées à maintenir ou rétablir le bon état des équipements. On inclut dans ces activités les entretiens préventifs et correctifs, les inspections, les calibrations, mais aussi, toutes les actions de gestion telles que la planification, les achats et les projets d'amélioration.

Un département de maintenance se doit de bien répondre aux besoins de l'entreprise, tout en étant économiquement rentable pour celle-ci. Il y a donc une optimisation à faire lors de la conception du département. Il existe aussi différents types d'organisation du personnel de maintenance : linéaire à deux niveaux, linéaire à trois niveaux, fonctionnelle et géographique

tels que présentés à la section 1.2.1. Un département de maintenance devrait, en 2019, aussi utiliser un logiciel de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) adapté à ses besoins.

Comme les coûts d'une panne d'équipement nuisant à la production peuvent rapidement s'élever, il est important d'avoir une gestion optimale entre les maintenances préventives et les maintenances correctives afin de limiter les coûts totaux. De plus, un équipement en fin de vie commence à exiger de plus en plus de maintenance et devrait être remplacé ou remis à neuf. Une sur maintenance fait effectivement partie des sources de gaspillage énoncées en section 1.2.2.

Un équipement acheté neuf subit trois phases dans son usure, soit la phase de rodage, la phase de maturité et la phase de vieillissement. Au cours de chacune de ces phases, il est possible d'intervenir sur l'équipement de façon corrective lors d'une panne ou de façon préventive lors d'un arrêt planifié. On considèrera aussi une intervention curative dans le cas d'un équipement en fin de vie.

Une intervention de maintenance se doit aussi de respecter certaines bonnes pratiques. Avant l'intervention elle-même, il doit y avoir une phase de préparation incluant un diagnostic, la préparation des pièces et outils et l'élaboration d'un plan de travail. Durant l'intervention, une procédure de cadenassage doit être respectée si nécessaire. Le travailleur doit s'assurer d'utiliser les bons outils. Un périmètre de sécurité doit être dressé. Il faut suivre le plan de travail et réagir efficacement aux imprévus afin de limiter les temps d'arrêt. Après l'intervention de maintenance, il faut assister l'opérateur dans la remise en marche de l'équipement pour s'assurer que tout fonctionne bien. Il faut nettoyer sa zone de travail et ramasser ses outils. Il faut faire une double vérification pour s'assurer que tout a été fait selon les normes. Un rapport d'intervention devrait aussi être complété pour assurer une traçabilité des interventions effectuées.

Le principe derrière la TPM est que la maintenance doit se faire sans effet négatif sur la productivité, tout en impliquant le personnel de tous les niveaux hiérarchiques. Plus précisément, la TPM remplit les six objectifs présentés en section 1.2.2 à l'aide des quatre principes présentés dans la même section. D'autres écoles de pensée affirment que l'un des principes de la TPM est de faire en sorte que l'utilisateur d'un équipement s'approprie la responsabilité de son état.

3.1.3.2 Résultats des entrevues

Dans cette section sont présentés les résultats des entrevues pour les questions au sujet de la maintenance. Les réponses regroupées des participants sont présentées de la façon suivante pour chaque question de la section 2 du questionnaire : un premier graphique montre les réponses des participants pour la partie appréciative de la question et un second graphique montre, de façon synthétisée, la répartition des réponses à développement parmi les réponses reçues des participants. Les participants n'ayant pas donné de réponses appréciatives ou à développement ne sont pas considérés dans ces graphiques. Ensuite, un tableau expose les détails statistiques des données et identifie les opinions qui sont statistiquement majoritaires.

Lors des entrevues, 9 répondants sur 14 ont mentionné avoir constaté des améliorations nécessaires en maintenance dans une question ou une autre du questionnaire. Plus précisément, voici les répartitions des réponses pour chacune des questions de la section 2 du questionnaire.

La Figure 3.5 présente les résultats à la question 2.1 formulée ainsi : *Trouvez-vous que les équipements fonctionnent bien en général?*

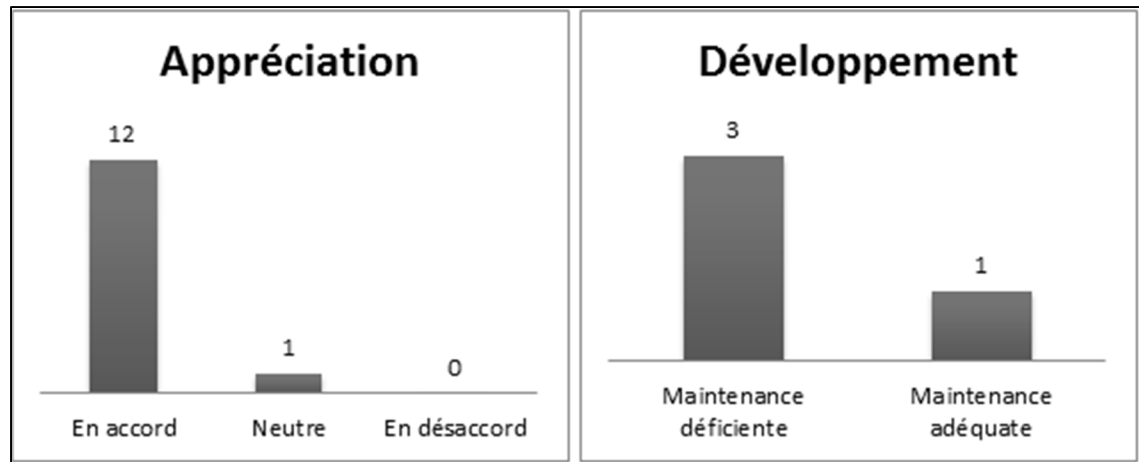


Figure 3.5 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.1

Question 2.1	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	12	86%	16%	[69% - 100%]	Oui
Neutre	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
En désaccord	0	0%	0%	S. O.	Non
Développement					
Maintenance déficiente	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
Maintenance adéquate	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non

Tableau 3.1 Statistiques des données de la question 2.1

On retrouve, parmi les réponses à développement de la Figure 3.5 au sujet d'une maintenance déficiente, la réalisation de maintenances correctives seulement ou l'utilisation d'équipements nécessitant une maintenance. Parmi celles au sujet d'une maintenance adéquate, on retrouve la réalisation d'entretiens réguliers, la déclaration de bris lorsqu'ils surviennent ou le fonctionnement sécuritaire des équipements. On remarque ici qu'une majorité des participants trouvent que les équipements fonctionnent bien en général.

La Figure 3.6 présente les résultats à la question 2.2 formulée ainsi : *Trouvez-vous que les équipements ont une bonne fiabilité?*

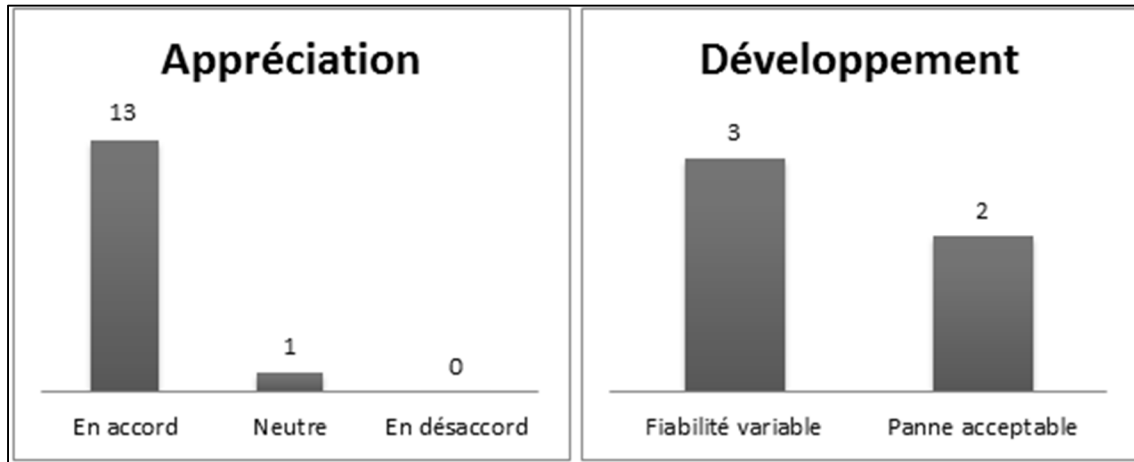


Figure 3.6 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.2

Question 2.2	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	13	93%	12%	[81% - 100%]	Oui
Neutre	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
En désaccord	0	0%	0%	S. O.	Non
Développement					
Fiabilité variable	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
Panne acceptable	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non

Tableau 3.2 Statistiques des données de la question 2.2

On retrouve, parmi les réponses à développement que certains participants trouvent que la fiabilité des équipements varie. Ils estiment que ceci est parfois dû à l'usage abusif de l'équipement et aux erreurs humaines. Parmi les réponses présentant le fait qu'une panne soit acceptable, on retrouve la possibilité d'utiliser un équipement similaire dans un tel cas.

La Figure 3.7 présente les résultats à la question 2.3 formulée ainsi : *Certains équipements brisent-ils plus souvent que d'autres?*

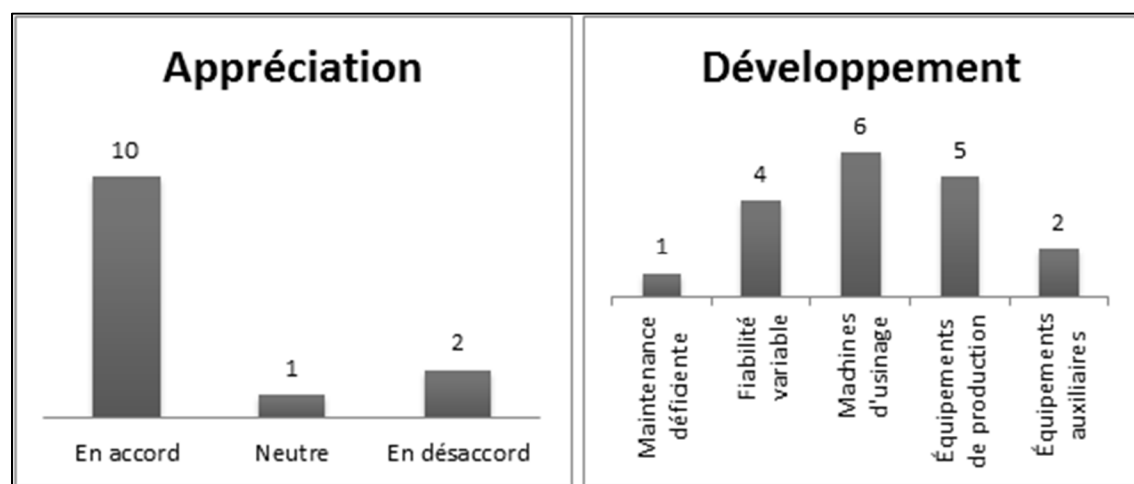


Figure 3.7 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.3

Question 2.3	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	10	71%	21%	[50% - 92%]	Oui
Neutre	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
En désaccord	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Développement					
Maintenance déficiente	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Fiabilité variable	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Machines d'usinage	6	43%	23%	[20% - 66%]	Non
Équipements de production	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Équipements auxiliaires	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non

Tableau 3.3 Statistiques des données de la question 2.3

On retrouve, parmi les éléments expliquant une maintenance déficiente, le manque de temps des mécaniciens et la réalisation de maintenance corrective seulement. Plusieurs éléments témoignent de la variation de la fiabilité des équipements, dont ceux présentés à la question

2.2. Parmi les machines d'usinage, on retrouve les tours, les CNC, ainsi que leurs outils d'usinage. Parmi les équipements de production, on retrouve le banc d'essai, les ponts roulants et une machine à sablage. Parmi les équipements auxiliaires, on retrouve un balai mécanique et une laveuse à pression.

La Figure 3.8 présente les résultats à la question 2.4 formulée ainsi : *Ces bris récurrents, s'ils sont présents, ont-ils des conséquences importantes?*

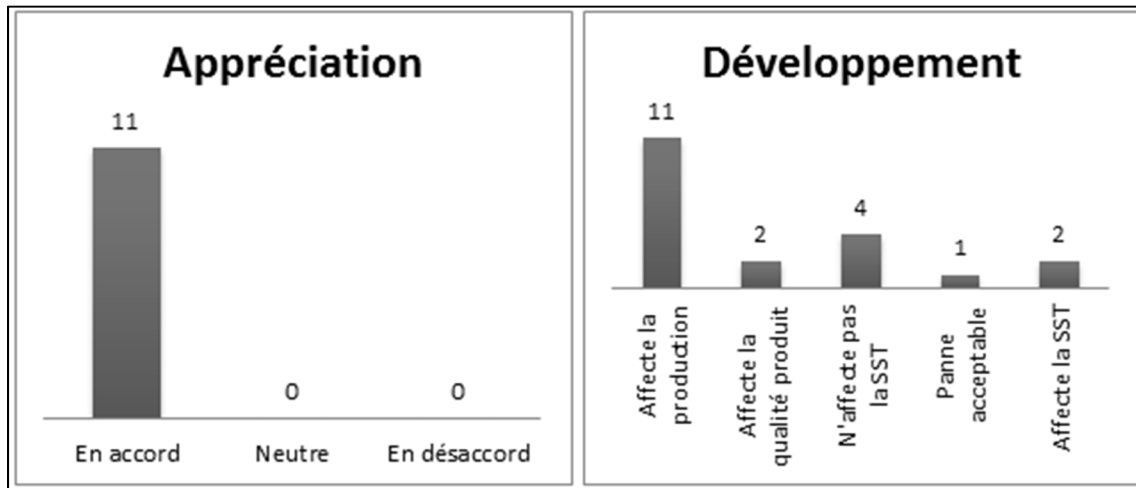


Figure 3.8 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.4

Question 2.4	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	11	79%	19%	[60% - 98%]	Oui
Neutre	0	0%	0%	S. O.	Non
En désaccord	0	0%	0%	S. O.	Non
Développement					
Affecte la production	11	79%	19%	[60% - 98%]	Oui
Affecte la qualité du produit	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
N'affecte pas la SST	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Panne acceptable	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Affecte la SST	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non

Tableau 3.4 Statistiques des données de la question 2.4

79% des participants croient qu'une défaillance récurrente peut avoir des conséquences importantes. Parmi les effets sur la production, on peut retrouver un ralentissement causé par un manque d'équipement disponible et d'autres participants disent que l'on peut utiliser un autre équipement similaire en substitution. Une défaillance d'équipement pourrait diminuer la qualité du produit. Des participants disent qu'un bris ne peut pas affecter la sécurité du travailleur et d'autres croient que oui.

La Figure 3.9 présente les résultats à la question 2.5 formulée ainsi : *Trouvez-vous qu'une maintenance adéquate est effectuée aux équipements de votre entreprise?*

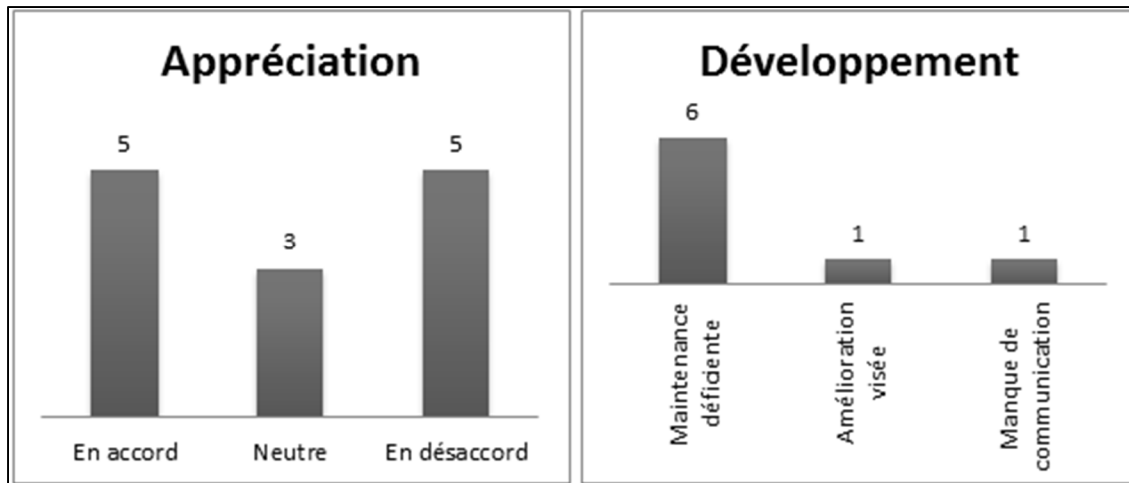


Figure 3.9 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.5

Question 2.5	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Neutre	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
En désaccord	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Développement					
Maintenance déficiente	6	43%	23%	[20% - 66%]	Non
Amélioration visée	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Manque de communication	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non

Tableau 3.5 Statistiques des données de la question 2.5

On retrouve, parmi les éléments d'une maintenance déficiente, le manque de temps des mécaniciens pour faire toute la maintenance requise et le fait que seules les maintenances correctives sont effectuées. On mentionne aussi que l'équipe de maintenance vise une amélioration dans la réalisation de son mandat et qu'il y a une mauvaise communication sur les maintenances effectuées.

La Figure 3.10 présente les résultats à la question 2.6 formulée ainsi : *Croyez-vous que l'implantation d'un département de maintenance serait une bonne idée?*

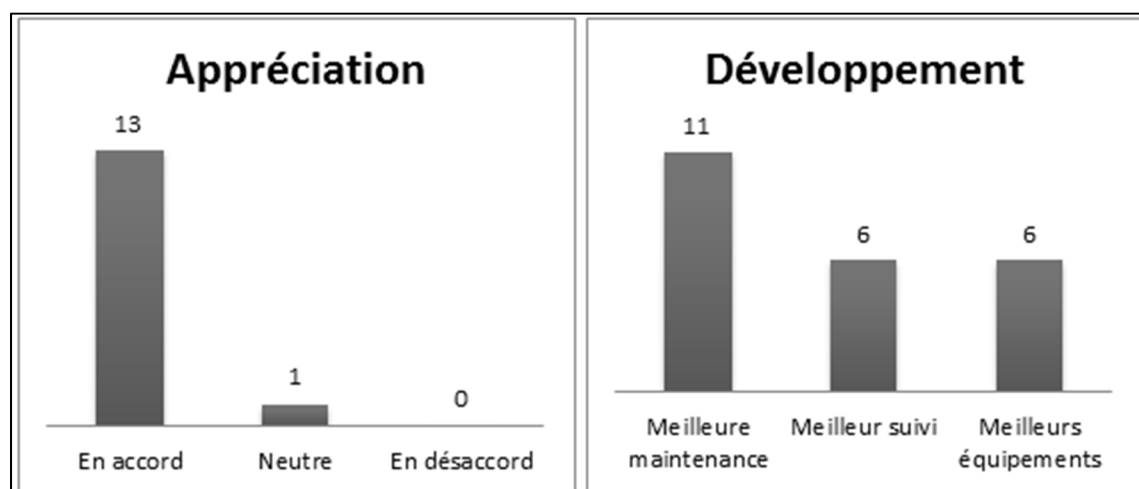


Figure 3.10 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.6

Question 2.6	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	13	93%	12%	[81% - 100%]	Oui
Neutre	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
En désaccord	0	0%	0%	S. O.	Non
Développement					
Meilleure maintenance	11	79%	19%	[60% - 98%]	Oui
Meilleur suivi	6	43%	23%	[20% - 66%]	Non
Meilleurs équipements	6	43%	23%	[20% - 66%]	Non

Tableau 3.6 Statistiques des données de la question 2.6

On mentionne, parmi les arguments d'une meilleure maintenance, la possibilité de faire plus que les maintenances correctives, comme des maintenances préventives planifiées, un plus grand nombre d'employés de maintenance pour aider à son efficacité, un plus grand nombre d'inspections sur les équipements, la possibilité de regrouper la maintenance des

équipements avec la maintenance des infrastructures (terrain et bâtiment) ainsi qu'une spécialisation des travailleurs de maintenance. Parmi les arguments du meilleur suivi, on parle, entre autres, du suivi documenté sur les maintenances effectuées, puisque la maintenance serait basée sur un système et non une personne. Parmi les arguments pour de meilleurs équipements, on retrouve l'amélioration des équipements, une meilleure qualité de produit due à de meilleurs équipements et une plus grande durée de vie des équipements.

La Figure 3.11 présente les résultats à la question 2.7 formulée ainsi : *Les opérateurs font-ils une partie de la maintenance sur leurs équipements?*

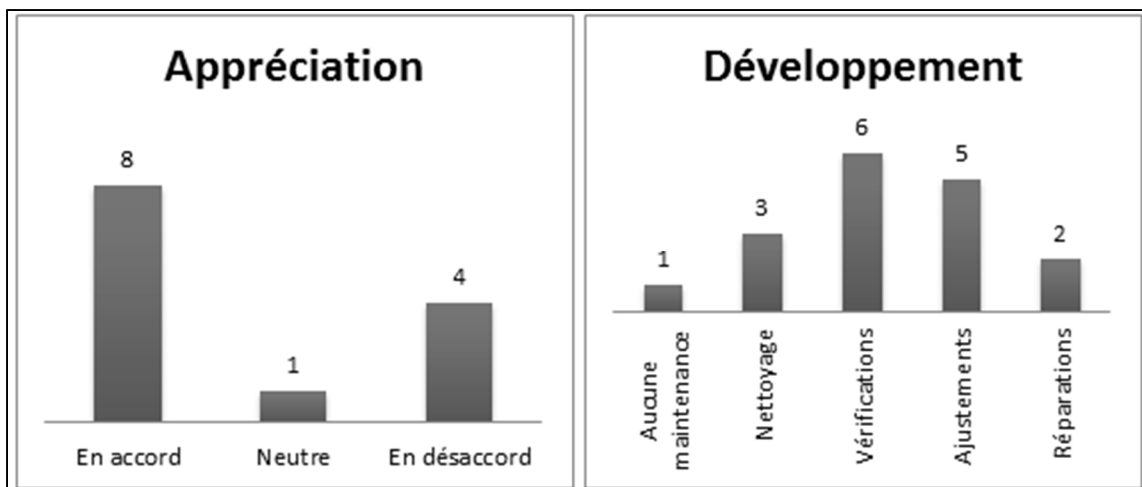


Figure 3.11 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.7

Question 2.7	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	8	57%	23%	[34% - 80%]	Non
Neutre	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
En désaccord	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Développement					
Aucune maintenance	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Nettoyage	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
Vérifications	6	43%	23%	[20% - 66%]	Non
Ajustements	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Réparations	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non

Tableau 3.7 Statistiques des données de la question 2.7

Parmi les vérifications, on retrouve celle des batteries, les tests, l'inspection des ponts roulants, les vérifications d'huile et de précision. Parmi les ajustements, on retrouve les ajustements opérationnels, les changements d'huile, le resserrage des écrous, le remplissage du liquide de coupe, la lubrification et l'alignement. Parmi les réparations, on retrouve celle des rideaux de sécurité et d'autres réparations mineures.

La Figure 3.12 présente les résultats à la question 2.8 formulée ainsi : *Qui est responsable de l'état des équipements?* On demandait aux participants de placer en ordre croissant la responsabilité de chaque département quant à l'état des équipements. On présente donc en bleu le nombre de participants ayant attribué la principale responsabilité de l'état des équipements au département en question. On présente ensuite en rouge le nombre de participants ayant attribué une responsabilité secondaire à l'entretien ou l'état des équipements au département et en vert le nombre de participants ayant attribué une responsabilité de troisième rang, tel que demandé dans le questionnaire. Par exemple, dans le cas d'une réponse hypothétique formulée ainsi : « C'est avant tout la responsabilité des opérateurs de signaler tout problème lié à leur équipement, mais rien n'est possible si le mécanicien n'est pas minutieux. C'est aussi la responsabilité du gestionnaire de s'assurer que

chacun connaisse sa responsabilité. », on aurait classé les réponses ainsi : opérateur : 1, mécanicien : 2, gestionnaire : 3.

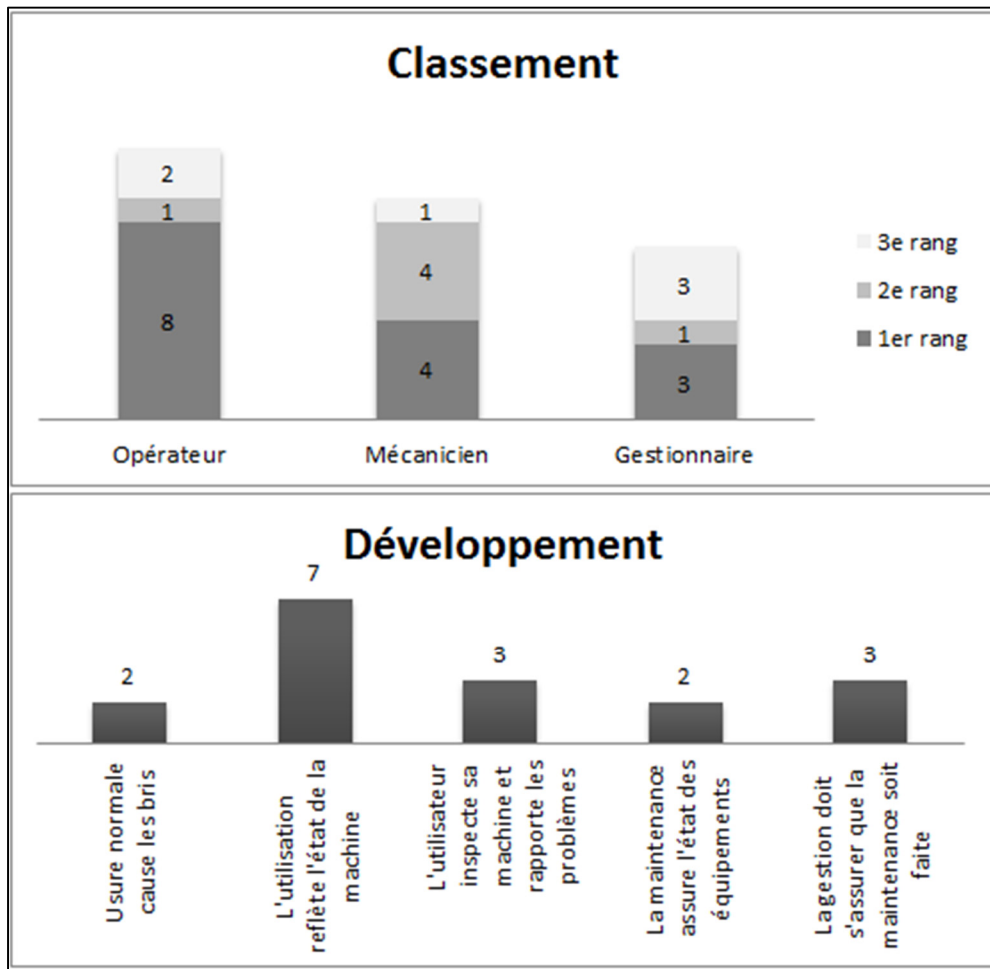


Figure 3.12 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 2.8

Question 2.8	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Développement					
Usure normale cause les bris	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
L'utilisation reflète l'état de la machine	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
L'utilisateur respecte sa machine et rapporte les problèmes	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
La maintenance assure l'état des équipements	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
La gestion doit s'assurer que la maintenance soit faite	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non

Tableau 3.8 Statistiques des données de la question 2.8

Ce ne sont pas tous les répondants qui ont classé les trois catégories en ordre de responsabilité. Certains participants ont mentionné que personne n'était responsable de l'état des équipements et qu'il était normal que de vieux équipements brisent de temps à autre et certains indiquent qu'un seul département a une responsabilité sur l'état des équipements. D'autres rapportent que la façon dont la machine est utilisée ou traitée reflète son état.

3.1.3.3 Résultats des observations

En termes de maintenance, le but des observations est d'obtenir des données au sujet du type de maintenance effectué dans l'entreprise et des besoins de maintenance de celle-ci, en plus de pouvoir évaluer la qualité générale des pratiques de maintenance. Huit tâches de maintenance ont été observées et leur nature est distribuée de la façon présentée à la Figure 3.13, sur laquelle on remarque une majorité d'interventions de maintenance corrective.

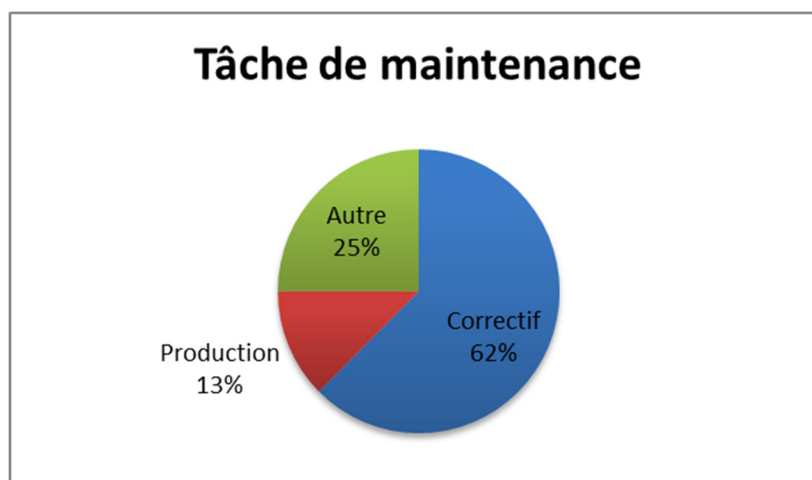


Figure 3.13 Types de tâche de maintenance

Parmi les tâches correctives, il y a eu l'alignement d'un arbre de machine-outil suite à une collision, le branchement d'un palan à chaîne dont le fil s'était sectionné, la réparation d'un quai de chargement défectueux et le diagnostic électrique d'une commande menant au remplacement d'un fusible. Une tâche de production de nature mécanique a aussi été observée. Il s'agit du démontage d'une pompe appartenant à un client en vue d'une

réparation. Les autres tâches étaient d'inscrire la nouvelle numérotation des palans et ponts roulants, et d'installer des tablettes dans un nouveau local qui servira de magasin de pièces.

Tel que mentionné par l'individu observé, les collisions dans les machines-outils entre l'outil de découpe et une pièce à usiner ou la structure sont un bris récurrent. Ce n'est que lors d'une seule intervention de maintenance observée que le participant a mentionné avoir affaire à un bris récurrent.

Les bonnes pratiques de maintenance décrites au CHAPITRE 1 recommandent qu'une intervention de maintenance respecte plusieurs étapes. Ces étapes, ainsi que leur respect, sont présentées dans la Figure 3.14. Le lecteur est invité à consulter le graphique suivant à l'aide du formulaire d'observation présenté en ANNEXE V. Les résultats sont montrés en nombre d'observations pour lesquelles les situations se sont présentées ou non, sur le total des huit observations effectuées.

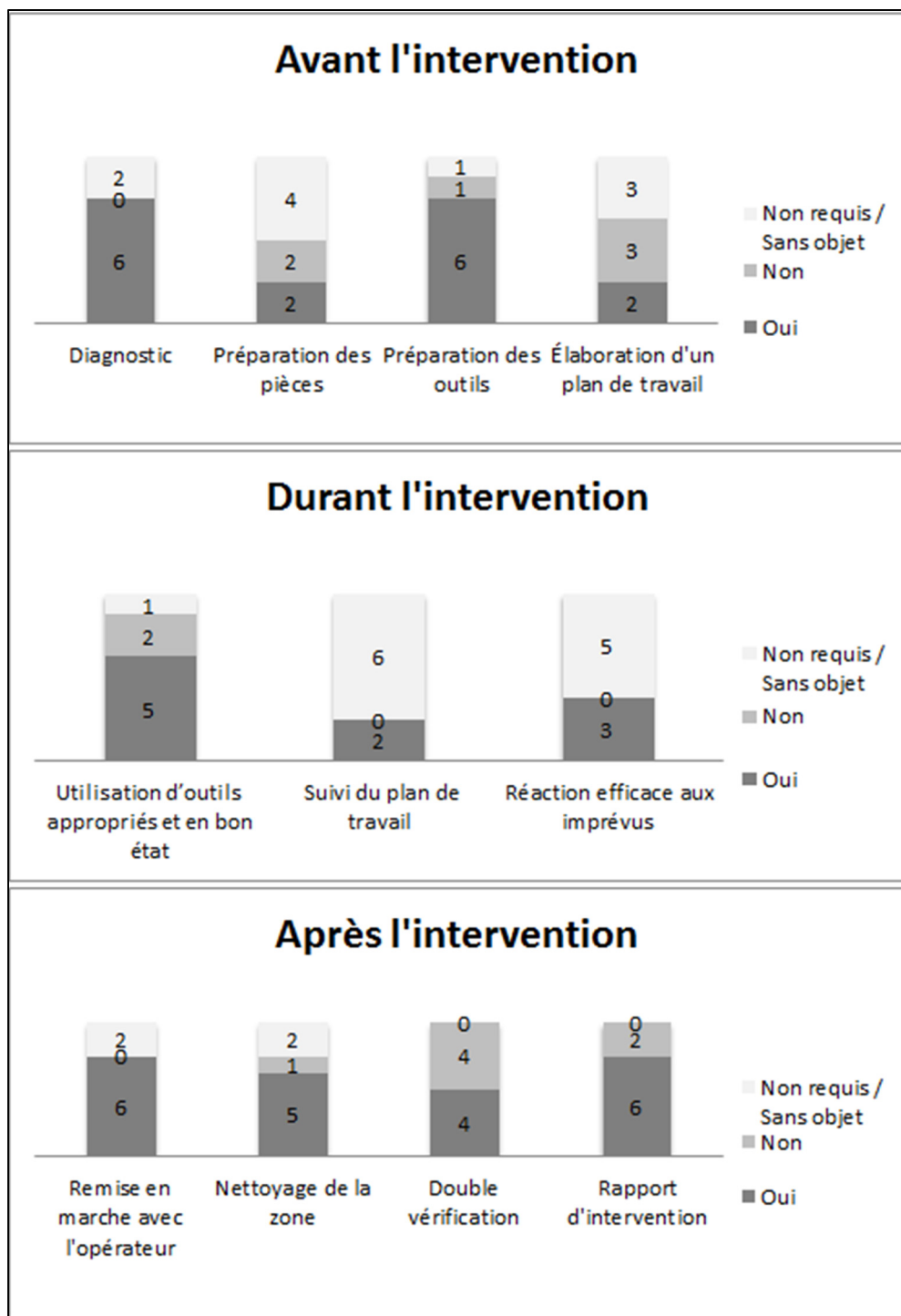


Figure 3.14 Déroulement des interventions de maintenances observées

À partir de la Figure 3.14 on constate, sur les 8 observations réalisées, qu'il manque parfois de préparation (pièces et outils). L'élaboration du plan de travail n'est pas toujours faite. On utilise parfois des outils à des fins auxquelles ils n'ont pas été conçus (situation de catachrèse) ou qui ne devraient pas être utilisés. On omet un nettoyage de la zone suite à une tâche. On n'effectue pas toujours de double vérification ni de rapport d'intervention.

En plus de ces données, les participants ont apporté certains commentaires. Entre autres, on mentionne un manque d'organisation dans la planification des interventions de maintenance préventive et corrective et dans la préparation du matériel. On mentionne aussi que la production est plus importante que la maintenance et c'est pour cette raison qu'un mécanicien peut être assigné aux opérations lorsqu'il n'y a pas d'urgence. D'un autre côté, les mécaniciens prennent l'initiative d'améliorer les équipements pour éviter que certains bris ne se reproduisent.

3.1.3.4 Résultats de la consultation de la documentation

La seule documentation obtenue au sujet de la maintenance est un historique des maintenances effectuées tenu par le service de maintenance. On y retrouve des informations telles que la date d'intervention, l'équipement ayant subi une opération de maintenance, la nature de l'intervention, le temps d'exécution des travaux et le nom du mécanicien ayant effectué le travail requis. L'historique des maintenances porte sur une période temporelle allant de janvier 2013 à septembre 2017 et est réalisé avec le logiciel MsExcel™.

Dans la documentation il est possible d'identifier les interventions de maintenance qui sont de type correctif et de type préventif. La distribution des maintenances ainsi que le nombre total d'heures pour chaque type de maintenance sont présentés dans la Figure 3.15.

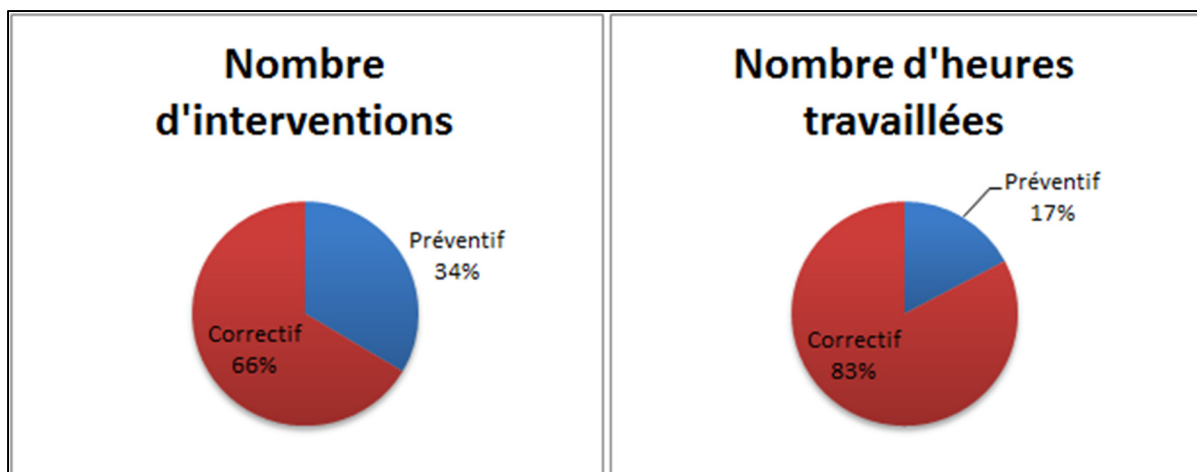


Figure 3.15 Distribution des types d'interventions de maintenance

On constate, selon ces graphiques, qu'une majorité des interventions en maintenance sont de type correctif. Plus précisément, sur un total de 162 interventions de maintenance, 121 sont de type correctif alors que seulement 61 sont de type préventif. De plus, sur un total de 965,75 heures de travail, 798,75 ont été investies dans la maintenance corrective contre 167 heures dans la maintenance préventive.

Les bris récurrents sont aussi une grande source de perte de productivité. La Figure 3.16 présente le nombre total d'heures de travail investies pour chaque équipement. La nomenclature des équipements de l'entreprise est utilisée ici.

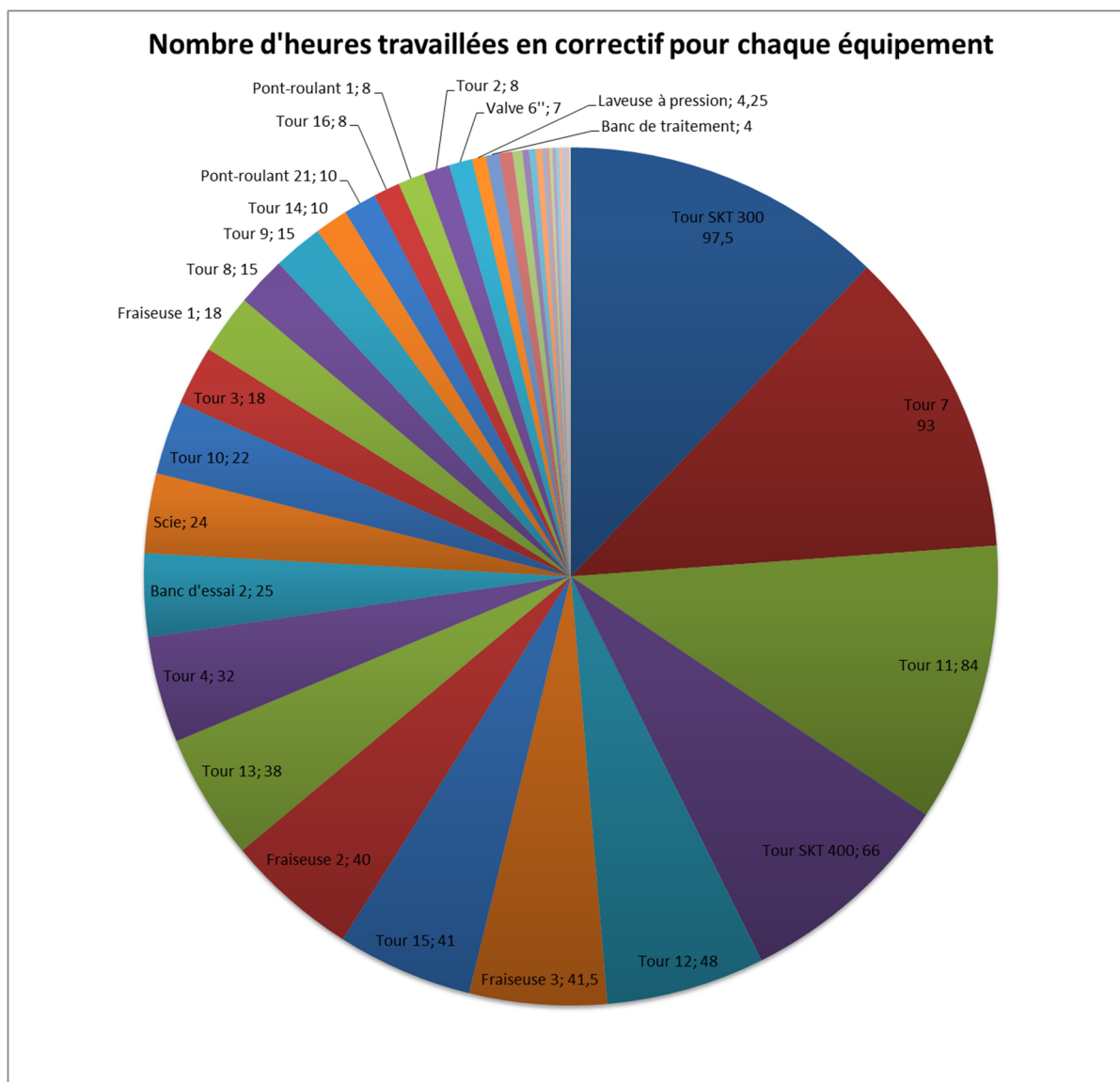


Figure 3.16 Nombre d'heures travaillées en correctif par équipement sur un total de 798,75 heures

On peut ainsi constater que seulement cinq équipements occupent près de 50% du temps alloué aux maintenances correctives. Ces équipements sont les tours SKT 300, 7, 11 et SKT 400. La Figure 3.17 montre que quatre de ces cinq mêmes équipements représentent aussi le plus grand nombre de bris et provoquent le plus grand nombre d'arrêts de production non planifiés.

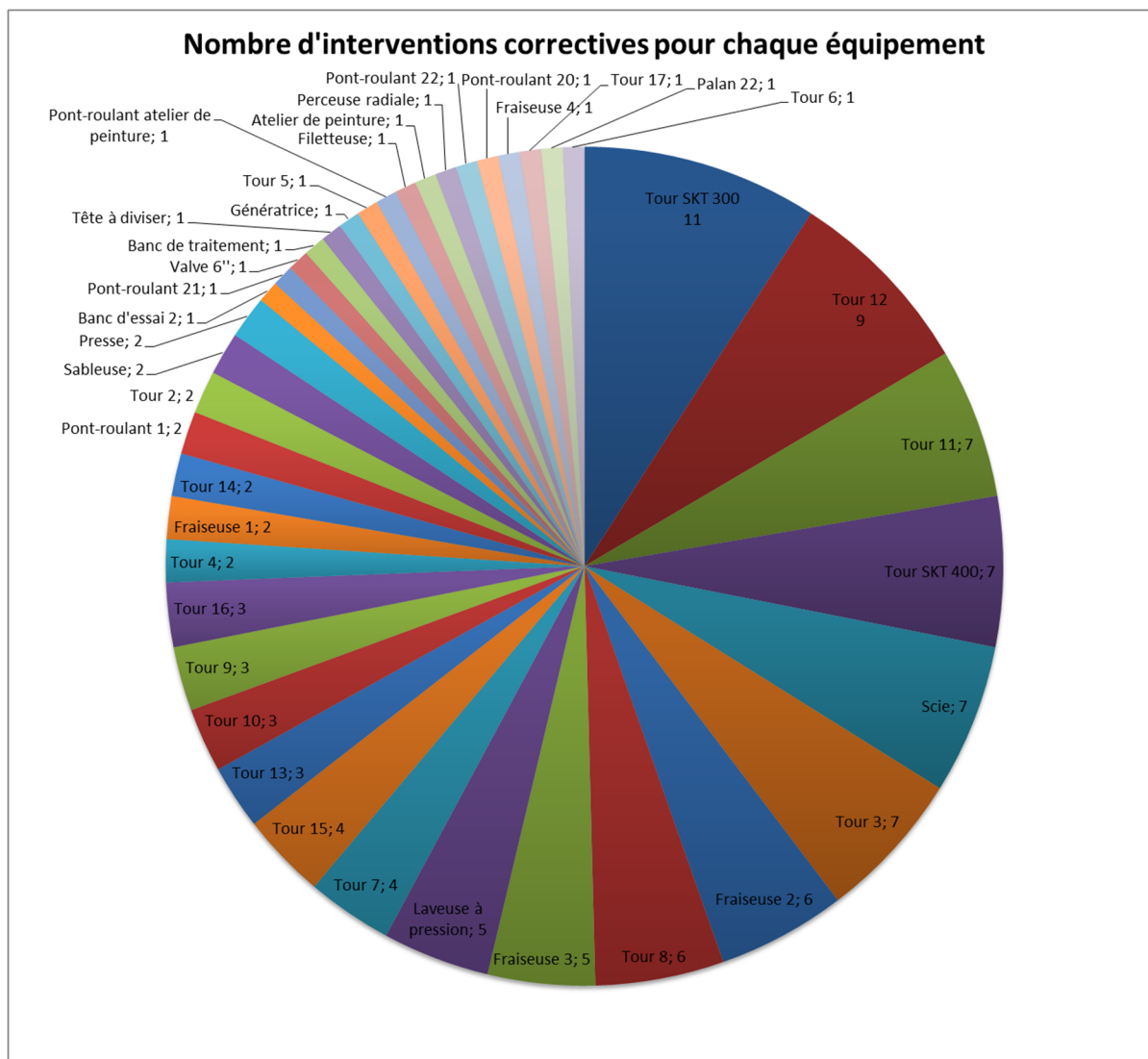


Figure 3.17 Nombre d'interventions correctives par équipement sur un total de 121

Cette distribution permet d'identifier les équipements qui brisent les plus souvent. Ici, les quatre équipements les plus problématiques sont les tours SKT 300, 12, 11 et SKT 400.

3.1.4 Niveau SST de l'entreprise

3.1.4.1 Éléments à retenir de la littérature

Pour Sakouhi (2014), il faut inclure la SST dans la culture d'entreprise et en faire une valeur. Comme dans le cas du partenaire industriel, plusieurs PME québécoises se regroupent sous une mutuelle de prévention. Ceci leur permet, en plus d'économiser sur leurs cotisations à la CNESST, d'améliorer leur performance à ce niveau. La loi exige de certains groupes prioritaires d'employeurs de développer un programme de prévention. De plus, une entreprise qui possède un programme de prévention se doit aussi d'implanter un comité SST paritaire.

La pyramide de Bird est un outil qui représente le nombre d'événements, classés par gravité, selon le rapport habituel de l'entreprise. Selon cet outil, lorsqu'il y a 600 incidents sans blessure, il y a 30 accidents mineurs (blessures légères sans perte de temps), 10 accidents majeurs (blessures avec perte de temps) et un accident mortel (Bird & Germain, 1996). Un accident est considéré « avec perte de temps » s'il entraîne une absence du travailleur pour une durée supérieure à la journée de l'événement.

3.1.4.2 Résultats des entrevues

Cette section présente les différents résultats reliés à la SST. Le questionnaire est divisé en quatre sections, dont une consacrée à la SST. De façon générale, il ressort de ces entrevues une bonne satisfaction des participants quant à la culture SST de l'entreprise.

La Figure 3.18 présente les résultats à la question 3.1 formulée ainsi : *Beaucoup d'efforts sont-ils faits en matière de SST dans votre entreprise?*

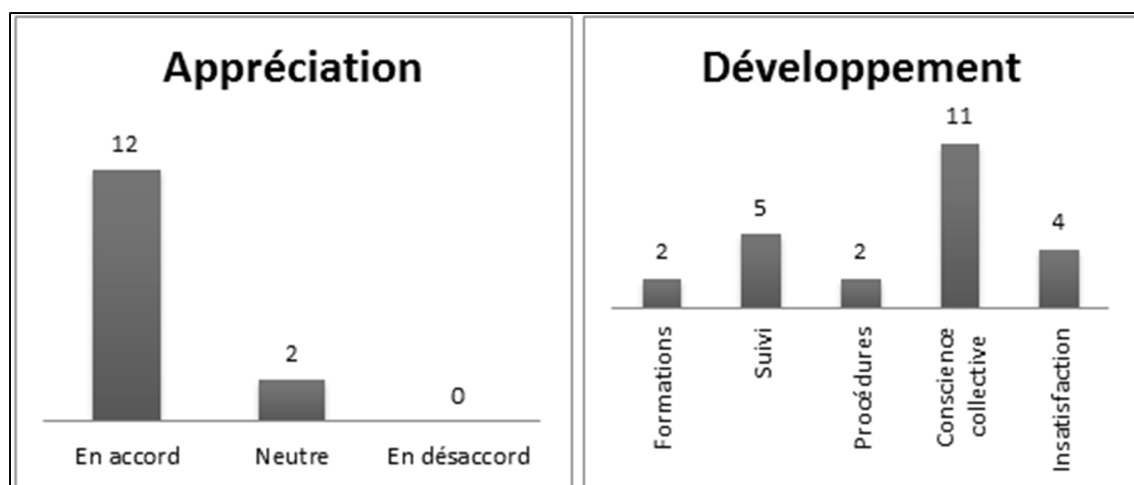


Figure 3.18 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.1

Question 3.1	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	12	86%	16%	[69% - 100%]	Oui
Neutre	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
En désaccord	0	0%	0%	S. O.	Non
Développement					
Formations	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Suivi	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Procédures	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Conscience collective	11	79%	19%	[60% - 98%]	Oui
Insatisfaction	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non

Tableau 3.9 Statistiques des données de la question 3.1

On constate ici que l'entreprise a la réputation d'investir beaucoup d'efforts dans la SST, tel qu'indiqué par les résultats. Selon les répondants, l'entreprise donne des formations, effectue des suivis de ses dossiers SST, prescrit des procédures de travail, mais surtout, elle a su développer une conscience collective orientée vers la SST par l'implantation d'un comité SST, des inspections, l'adhésion à une mutuelle de prévention et le port des ÉPI. Ceci permet

donc à 12 sur 14 participants d'indiquer qu'ils considèrent que beaucoup d'efforts sont faits en SST. Malgré tout, 4 participants sur 14 ont mentionné une insatisfaction.

La Figure 3.19 présente les résultats à la question 3.2 formulée ainsi : *Trouvez-vous qu'il y a des risques associés à la maintenance des équipements de votre entreprise?*

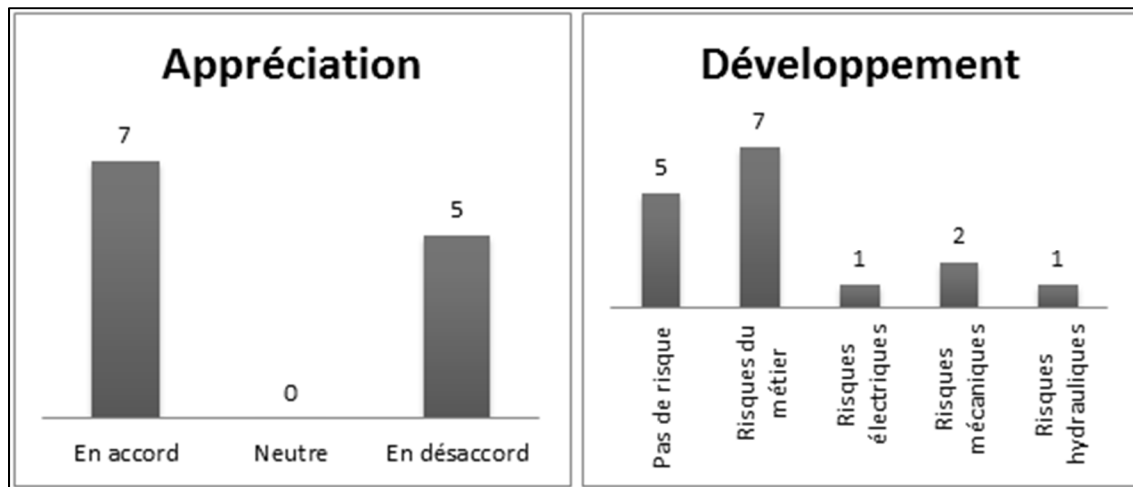


Figure 3.19 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.2

Question 3.2	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
Neutre	0	0%	0%	S. O.	Non
En désaccord	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Développement					
Pas de risques	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Risques du métier	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
Risques électriques	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Risques mécaniques	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Risques hydrauliques	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non

Tableau 3.10 Statistiques des données de la question 3.2

Les résultats sont plutôt partagés pour cette question. 5 participants sur 14 croient que les tâches de maintenance ne comportent aucun risque puisqu'il y a des procédures de travail comme le cadenassage et que les employés s'entraident mutuellement pour un travail plus sécuritaire. Cependant, 7 participants considèrent qu'il y a des risques électriques, mécaniques et hydrauliques associés à leur métier. Ceux-ci identifient que les risques en présence sont : les chocs électriques, les différents écrasements, les mouvements mécaniques des machines, les tâches moins routinières et la négligence de certains employés. Certains participants croient aussi qu'un équipement mal entretenu pourrait possiblement être dangereux.

La Figure 3.20 présente les résultats à la question 3.3 formulée ainsi : *Craignez-vous certaines blessures en lien avec l'entretien de vos équipements?*

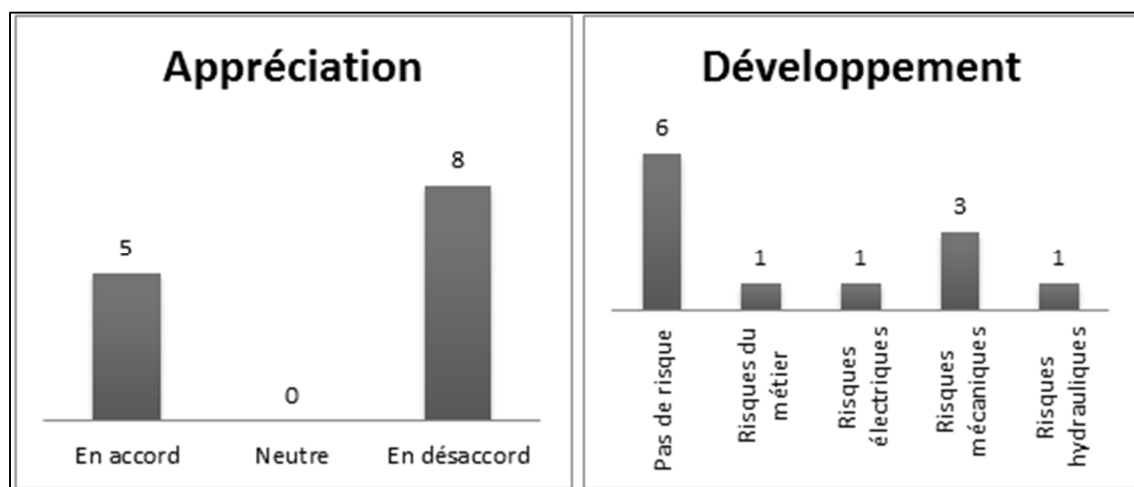


Figure 3.20 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.3

Question 3.3	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
Neutre	0	0%	0%	S. O.	Non
En désaccord	8	57%	23%	[34% - 80%]	Non
Développement					
Pas de risques	6	43%	23%	[20% - 66%]	Non
Risques du métier	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Risques électriques	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Risques mécaniques	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
Risques hydrauliques	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non

Tableau 3.11 Statistiques des données de la question 3.3

Les résultats de cette question sont plutôt mitigés. Huit participants ne craignent pas les blessures en lien avec la maintenance des équipements, dont six qui renforcent leur affirmation en indiquant qu'il n'y a pas de risque. Parmi leurs arguments, il existe des procédures comme le cadenassage et des équipements appropriés comme des ponts roulants (ponts roulants régis par une procédure) pour encadrer les travaux de maintenance. D'autres participants mentionnent qu'ils prendraient action s'il y avait des risques comme argument pour indiquer qu'ils ne voient pas de risque. D'un autre côté, cinq participants craignent certaines blessures lors de la maintenance de leurs équipements, puisque les risques sont présents. Un participant mentionne entretenir cette peur dans le but de toujours prendre les précautions nécessaires et suivre les procédures en place sans agir rapidement et par habitude.

La Figure 3.21 présente les résultats à la question 3.4 formulée ainsi : *Selon-vous, votre entreprise dispose-t-elle d'un comité SST ?*

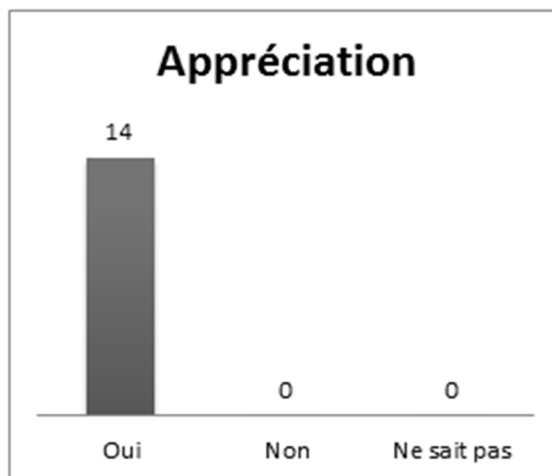


Figure 3.21 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.4

On voit ici que 100% des participants savent qu'il existe un comité SST au sein de leur entreprise. Par contre, lorsqu'on leur demande, à la question 3.41, quelle est sa composition, on voit que plusieurs ne connaissent pas cette information, tel qu'illustré à la Figure 3.22.

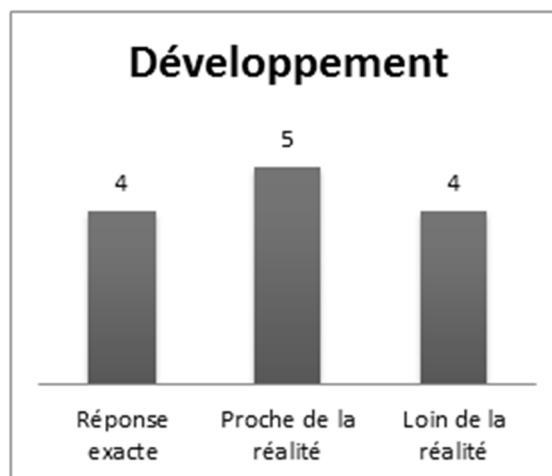


Figure 3.22 Répartition de la connaissance de la composition du comité SST à la question 3.41

Étant donné qu'il s'agit d'un aspect qui a été consulté dans la documentation de l'entreprise présentée à la section 3.1.4.4, cette question sert simplement à valider si le participant connaît

la composition du comité SST. En effet, on constate que seuls 4 participants sur 14 connaissent la composition exacte du comité, alors que 5 la connaissent à peu près et 4 ne la connaissent pas. La connaissance des membres du comité est primordiale pour la communication des employés avec ce comité.

Lorsqu'on demande aux participants, à la question 3.42, quelles sont les activités du comité SST, voici ce qu'ils ont répondu :

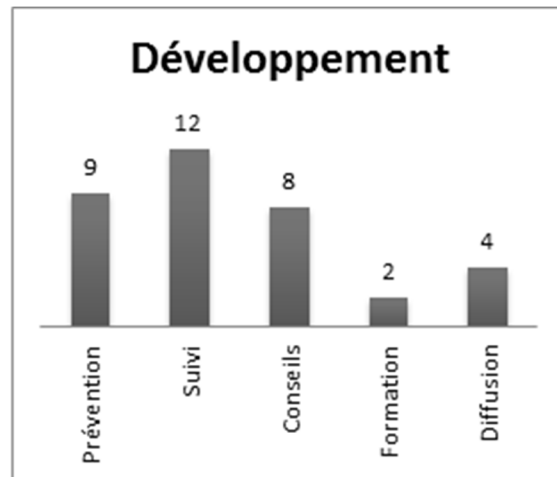


Figure 3.23 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.42

Question 3.4		Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
				ME	IC	
Appréciation						
	Oui	14	100%	0%	S. O.	Oui
	Non	0	0%	0%	S. O.	Non
	Ne sait pas	0	0%	0%	S. O.	Non
Développement 1						
	Réponse exacte	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
	Proche de la réalité	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
	Loin de la réalité	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Développement 2						
	Prévention	9	64%	22%	[42% - 87%]	Non
	Suivi	12	86%	16%	[69% - 100%]	Oui
	Conseils	8	57%	23%	[34% - 80%]	Non
	Formation	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
	Diffusion	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non

Tableau 3.12 Statistiques des données de la question 3.4

Tel que présenté à la Figure 3.23, neuf participants considèrent que le comité SST joue un rôle dans la prévention des accidents et situations dangereuses en procédant à des analyses de risques, en choisissant les ÉPI, en animant des rencontres et par la recherche de nouvelles méthodes de travail plus sécuritaires. 12 participants indiquent que le comité SST effectue le suivi des dossiers d'accidents du travail, en fait l'analyse et propose des correctifs. Huit participants croient que le comité joue un rôle de conseiller pour les enjeux concernant la SST. De plus, selon quelques participants, le comité SST effectue des formations et exécute la diffusion des procédures et règlements relatifs à la SST.

La Figure 3.24 présente les résultats à la question 3.5 formulée ainsi : *Trouvez-vous que les procédures de SST sont bien respectées?*

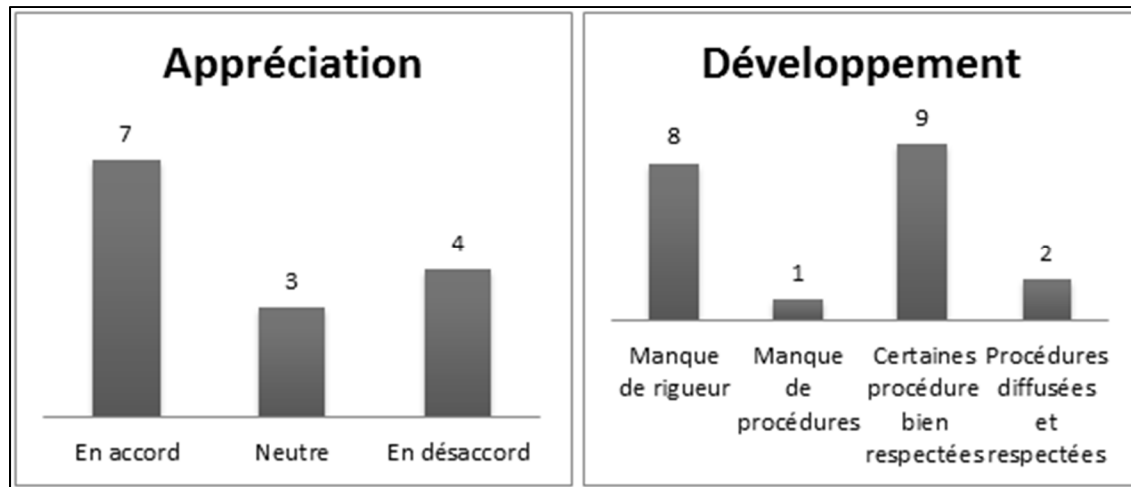


Figure 3.24 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 3.5

Question 3.5	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
Neutre	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
En désaccord	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Développement					
Manque de rigueur	8	57%	23%	[34% - 80%]	Non
Manque de procédures	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Certaines procédures bien respectées	9	64%	22%	[42% - 87%]	Non
Procédures diffusées et respectées	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non

Tableau 3.13 Statistiques des données de la question 3.5

Ici, la moitié des participants croient que toutes les procédures internes sont bien respectées et 4 participants sur 14 identifient que parfois certaines procédures internes ne sont pas respectées. Selon 8 participants, il y aurait des déficiences dans leur implantation et leur maintien. D'autres participants indiquent que certaines procédures internes (travail en hauteur, par exemple) sont très bien respectées et que la direction est très stricte sur leur respect.

3.1.4.3 Résultats des observations

La Figure 3.25 présente le respect des différentes procédures lors des interventions de maintenance observées auprès des participants. Les résultats en bleu représentent une procédure respectée, les résultats en vert représentent une procédure qui est non requise.

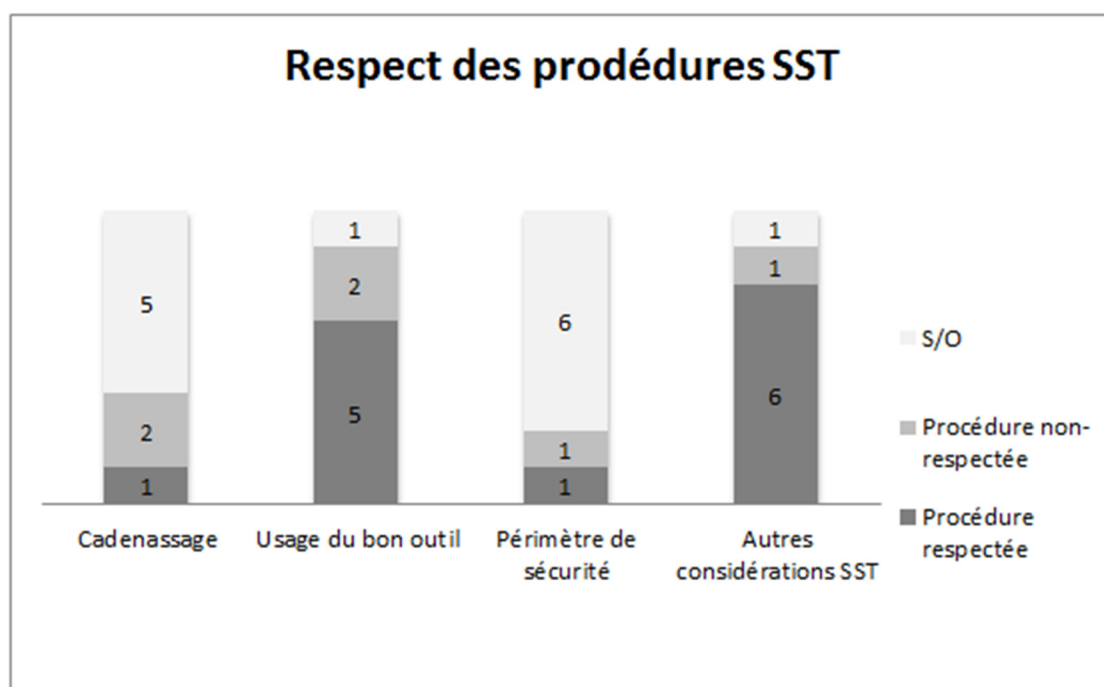


Figure 3.25 Respect des procédures SST lors des interventions de maintenance observées

Aux différentes étapes des interventions, certaines mesures SST s'imposent. Le respect des procédures SST a été noté lors des observations. Les observations se déroulaient en trois étapes, soient avant l'intervention, durant l'intervention et après l'intervention. Avant l'intervention, on observait simplement si le participant prenait la SST en considération dans sa préparation. Durant l'intervention, c'est le respect des procédures de base qui a été observé. Après l'intervention, aucune observation des procédures SST n'était faite, car les observations post-intervention visaient à évaluer l'efficacité de la maintenance.

3.1.4.4 Résultats de la consultation de la documentation

Parmi les documents de l'entreprise, il est possible de retrouver un livret décrivant la politique de l'entreprise au sujet de la SST. On retrouve dans ce livret, outre la politique SST de l'entreprise, le programme de prévention, la documentation au sujet du comité SST, les mesures d'urgence et d'évacuation (non étudiées dans le cadre de ce mémoire) ainsi que les procédures de travail. Un registre de rapports d'accidents dépersonnalisés a aussi été fourni par le partenaire industriel pour des fins d'analyse de tendances.

Puisque l'entreprise est membre d'une mutuelle de prévention, elle a l'obligation de développer un programme de prévention. Le but du programme de prévention consiste en l'élimination ou au contrôle des dangers. Dans ses grandes lignes, le programme de prévention exige des employés qu'ils travaillent conjointement avec les membres administratifs pour améliorer la sécurité des opérations dans le but de rechercher l'excellence en SST. Le programme de prévention comporte aussi des directives pour le comité SST et des procédures de travaux dangereux.

Le comité SST du partenaire industriel a pour mandat de faire respecter les politiques en SST de l'entreprise. Il s'agit d'un comité constitué de deux représentants de l'employeur, deux représentants des employés syndiqués et un représentant des bureaux administratifs. Afin de parvenir à l'identification, l'élimination et au contrôle des risques, le comité SST a pour fonction de faire de la prévention et de la sensibilisation auprès du personnel, d'agir à titre de conseiller pour la direction en émettant des recommandations, de gérer les plaintes et suggestions des employés en lien avec la SST, d'enquêter sur les accidents de travail et incidents pour émettre des suggestions de correctifs, d'étudier les postes de travail et de choisir les ÉPI les mieux adaptés aux besoins des employés.

Il existe plusieurs procédures de travail chez le partenaire industriel de cette étude. Ces procédures sont présentées dans le livret SST. Voici une liste des procédures fournies dans le livret :

- Procédure de cadenassage et mise à zéro d'énergie;
- Procédure de déclaration d'événement accidentel;
- Procédure d'entreposage;
- Procédure de manutention;
- Procédure de travail en hauteur;
- Procédure de travail en lieu isolé;
- Procédure d'utilisation des chariots élévateurs;
- Procédure d'utilisation des élingues et ponts roulants;
- Procédure de fonctionnement du banc d'essai;
- Procédure de travail sur la presse;
- Procédure de travail sur les tours et fraiseuses;
- Procédure de travail sur l'extraction des roulements;
- Procédure de port des ÉPI;
- Procédure de travail à la meule.

Une liste des rapports d'accidents et incidents a aussi pu être consultée. Cette liste inclut, entre autres et selon la classification du partenaire industriel, la nature de la lésion, la partie du corps affectée et la cause. Les événements accidentels ont été regroupés par gravité des dommages. La Figure 3.26 montre la distribution des accidents par gravité.

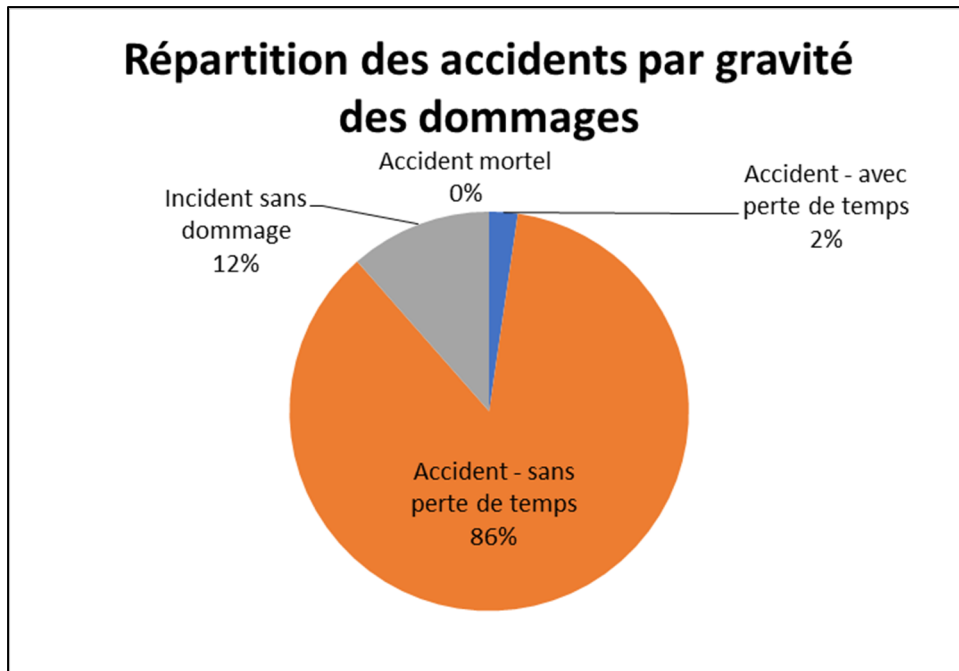


Figure 3.26 Répartition des accidents rapportés par gravité des dommages

Afin de mieux connaître les différents risques présents au sein de l'entreprise, on peut évaluer les différentes causes d'accidents. La Figure 3.27 présente le nombre d'accidents par classe de cause pour les rapports fournis par l'entreprise.

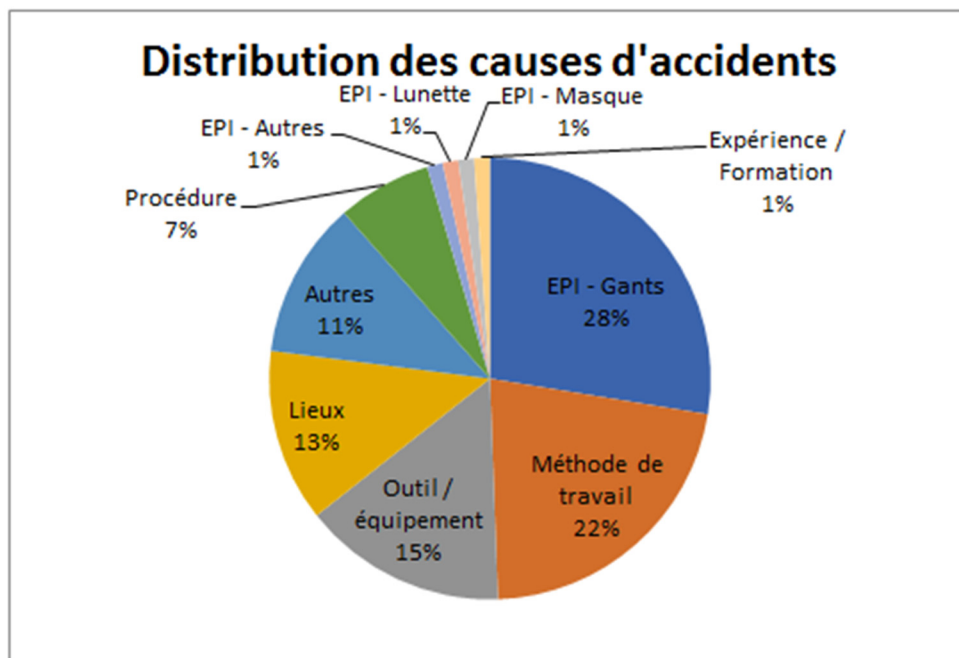


Figure 3.27 Distribution des causes d'accidents

Il est intéressant ici de constater que près de la moitié des accidents sont reliés au port des gants de protection et aux méthodes de travail. On constate aussi à la Figure 3.28 que la majorité des blessures sont aux doigts et aux mains.

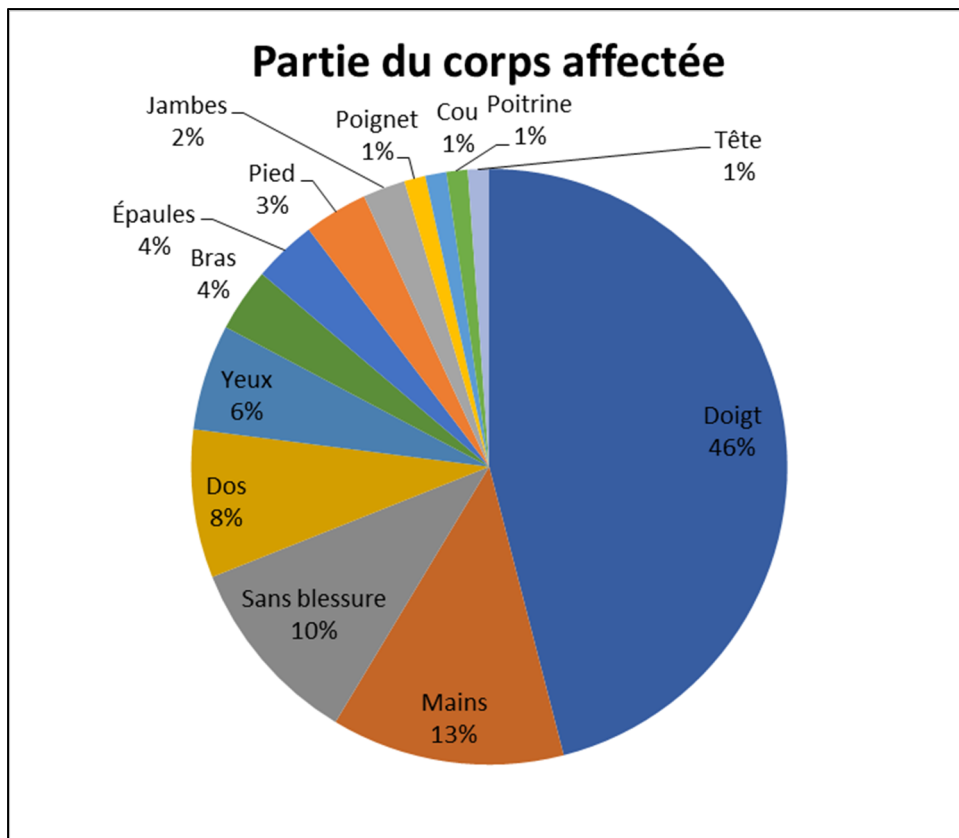


Figure 3.28 Distribution des accidents par partie du corps affectée

Enfin, il est aussi possible d'étudier la distribution des accidents par nature de la lésion. La Figure 3.29 présente cette distribution.

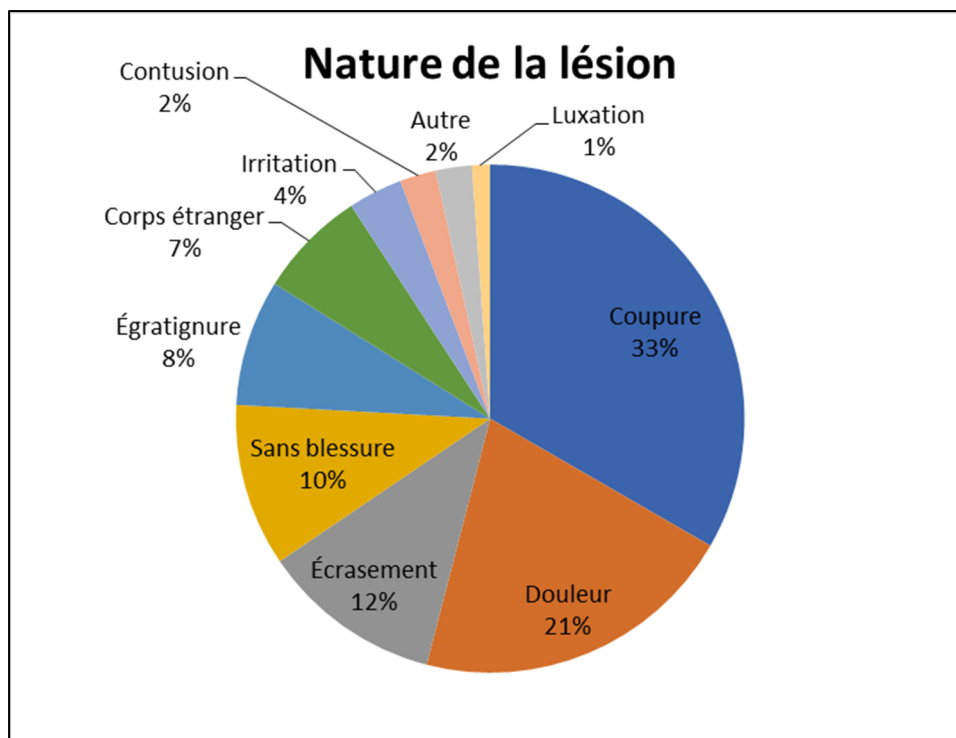


Figure 3.29 Distribution des accidents selon la nature des lésions

Ainsi, environ le tiers des lésions sont des coupures et près de 20 % causent une douleur à l'employé, dont la nature n'est pas précisée.

3.1.5 Niveau Lean de l'entreprise

3.1.5.1 Éléments à retenir de la littérature

Le Lean est une philosophie d'élimination des gaspillages basée sur l'amélioration continue. Il permet notamment d'atteindre une meilleure productivité, et ce, à un moindre coût. Il propose plusieurs outils (voir la section 1.1.1) et lignes directrices et malgré cela, les entreprises doivent interpréter et adapter leur approche à leur contexte spécifique.

En amélioration continue, il est important d'avoir une vision à long terme. Il s'agit en effet du premier principe énoncé par Liker (2004). Parmi les autres principes énoncés à la section 1.1, on suggère une culture généralisée au sein de l'entreprise pour atteindre la qualité du

premier coup, de standardiser les tâches pour libérer les travailleurs de certaines contraintes cognitives, de prendre des décisions réfléchies et prudentes tout en agissant avec rapidité et de continuer de s'améliorer sans cesse.

Historiquement, le Lean présente plusieurs incompatibilités avec les facteurs humains (Hasle, 2014). Plusieurs cas sont présentés à la section 1.1.3 et il est important d'impliquer tous les travailleurs, pas seulement au niveau de leur implication ou participation à l'amélioration des procédés, mais aussi pour tenir compte des conditions réelles de travail dans la démarche. Quelques aspects négatifs sont attribués au Lean au sujet des facteurs humains et on ne peut pas s'improviser expert en Lean.

3.1.5.2 Résultats des entrevues

Cette section présente les résultats des entrevues pour des questions liées au Lean. Comme dans les sections 3.1.3 et 3.1.4, les réponses consolidées des participants sont présentées par un premier graphique montrant les réponses des participants pour la partie appréciative de la question et un second graphique montrant les réponses regroupées de la partie à développement de la même question.

La Figure 3.30 présente les résultats à la question 4.1 formulée ainsi : *Connaissez-vous la notion Lean ou amélioration continue?*

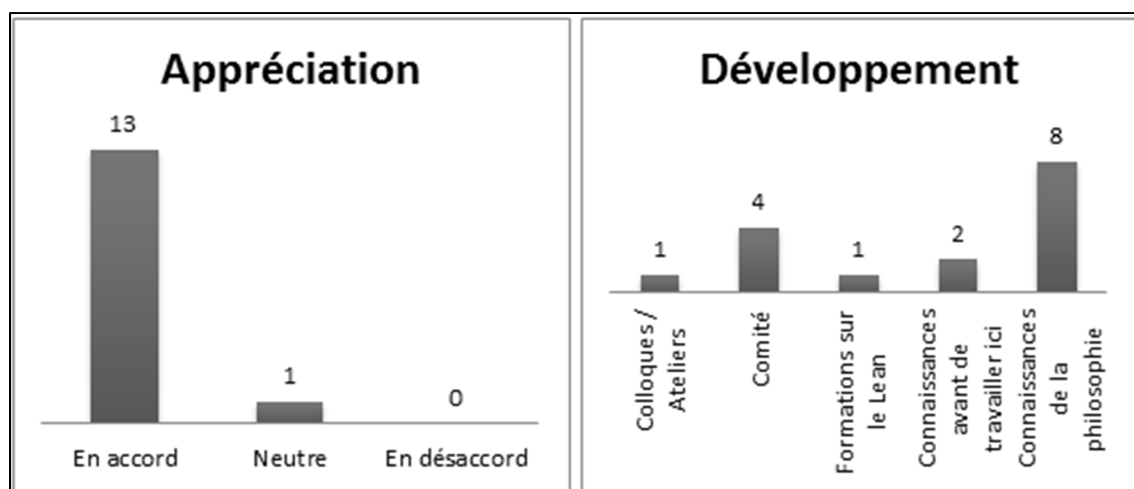


Figure 3.30 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.1

Question 4.1	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	13	93%	12%	[81% - 100%]	Oui
Neutre	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
En désaccord	0	0%	0%	S. O.	Non
Développement					
Colloques/Ateliers	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Comité	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Formation sur le Lean	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Connaissances avant de travailler ici	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Connaissances de la philosophie	8	57%	23%	[34% - 80%]	Non

Tableau 3.14 Statistiques des données de la question 4.1

La majorité des participants (93%) ont affirmé posséder des connaissances au sujet du Lean. Le graphique des réponses à développement montre la répartition des sources d'apprentissage.

On constate qu'un répondant a participé à un colloque ou un atelier sur le Lean et qu'un participant a suivi une formation sur le Lean. Quatre des participants en ont appris plus sur la philosophie du Lean lors de leur participation au comité d'implantation du Lean. Deux

participants avaient déjà certaines connaissances du Lean avant leur emploi au sein de l'entreprise partenaire, ayant déjà travaillé dans le Lean dans un autre emploi. Huit participants possédaient certaines connaissances sur le Lean. Ils savaient, par exemple, qu'il s'agit d'une amélioration des outils et procédés et de saisir les opportunités de changement. Ils savent aussi que le Lean vise l'efficacité et la sécurité des méthodes de travail. Des participants ont indiqué avoir acquis ces connaissances au sein même de l'entreprise partenaire.

La Figure 3.31 présente les résultats à la question 4.2 formulée ainsi : *Votre entreprise vous a-t-elle consulté(e) pour vous impliquer dans le processus d'amélioration continue?*

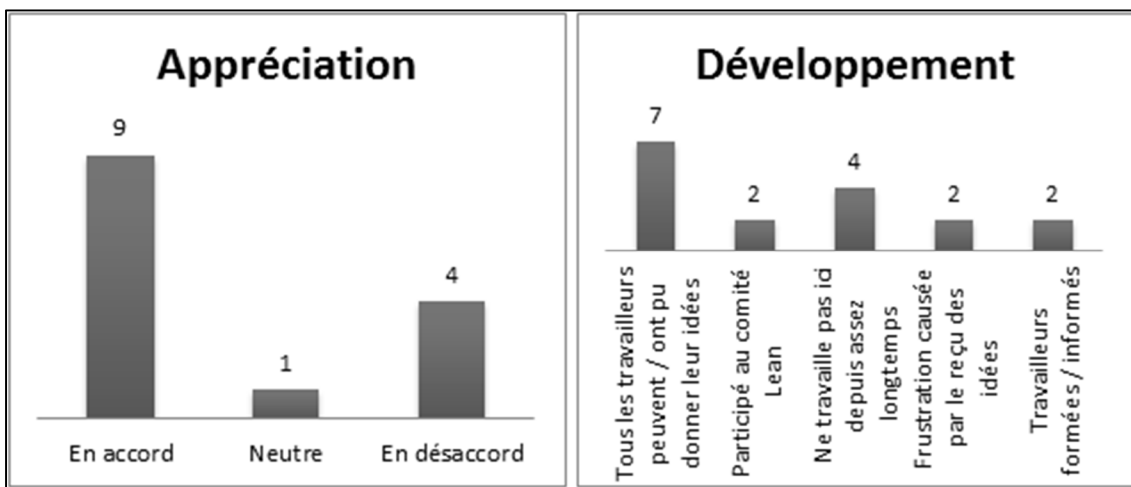


Figure 3.31 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.2

Question 4.2	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	9	64%	22%	[42% - 87%]	Non
Neutre	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
En désaccord	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Développement					
Tous les travailleurs peuvent / ont pu donner leurs idées	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
Participé au comité Lean	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Ne travaille pas ici depuis assez longtemps	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Frustration causée par le reçu des idées	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Travailleurs formés / informés	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non

Tableau 3.15 Statistiques des données de la question 4.2

Pour la question 4.2, 9 participants sur 14 se considèrent impliqués dans le processus d'amélioration continue. Par contre, quatre participants trouvent qu'ils n'ont pas été consultés, d'où leur désaccord.

Dans leurs témoignages, les participants qui se sentent impliqués argumentent que tous les employés ont pu donner leur avis et faire des suggestions puisque l'entreprise démontre son intention de les impliquer et que la consultation demeure ouverte au moment de la réalisation des entrevues. Deux participants ont aussi participé au comité d'implantation du Lean. Quatre participants n'ont pas été consultés parce qu'ils n'étaient pas en emploi lors du processus d'implantation du Lean. Deux participants ont mentionné s'être vus rejeter leurs idées. Deux participants indiquent que les employés du partenaire industriel ont été formés et informés sur le Lean lors de son implantation.

La Figure 3.32 présente les résultats à la question 4.3 formulée ainsi : *Aimeriez-vous jouer un rôle plus important dans le processus d'amélioration continue ?*

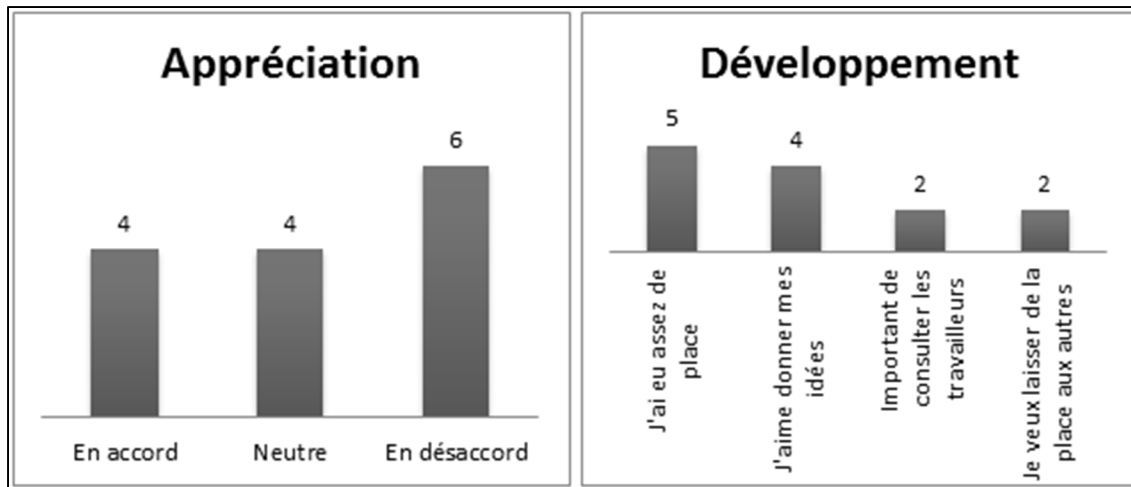


Figure 3.32 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.3

Question 4.3	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Neutre	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
En désaccord	6	43%	23%	[20% - 66%]	Non
Développement					
J'ai eu assez de place	5	36%	22%	[13% - 58%]	Non
J'aime donner mes idées	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Important de consulter les travailleurs	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Je veux laisser de la place aux autres	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non

Tableau 3.16 Statistiques des données de la question 4.3

À la question 4.3, l'avis des répondants est mitigé entre la volonté d'occuper une plus grande place dans le processus d'amélioration continue et la satisfaction d'en avoir assez fait. Ceux qui voudraient jouer un rôle plus important défendent qu'ils aiment donner leurs idées et qu'ils comprennent l'importance d'avoir été consultés, étant donné que ce sera à eux d'utiliser les outils implantés en partie suite à leurs idées. Les autres (5) souhaitent plutôt laisser plus de place aux autres, car ils considèrent en avoir assez eu ou ne ressentent pas le besoin d'occuper plus de place dans l'implantation du Lean.

La Figure 3.33 présente les résultats à la question 4.4 formulée ainsi : *Votre département utilise-t-il certains outils du Lean?*

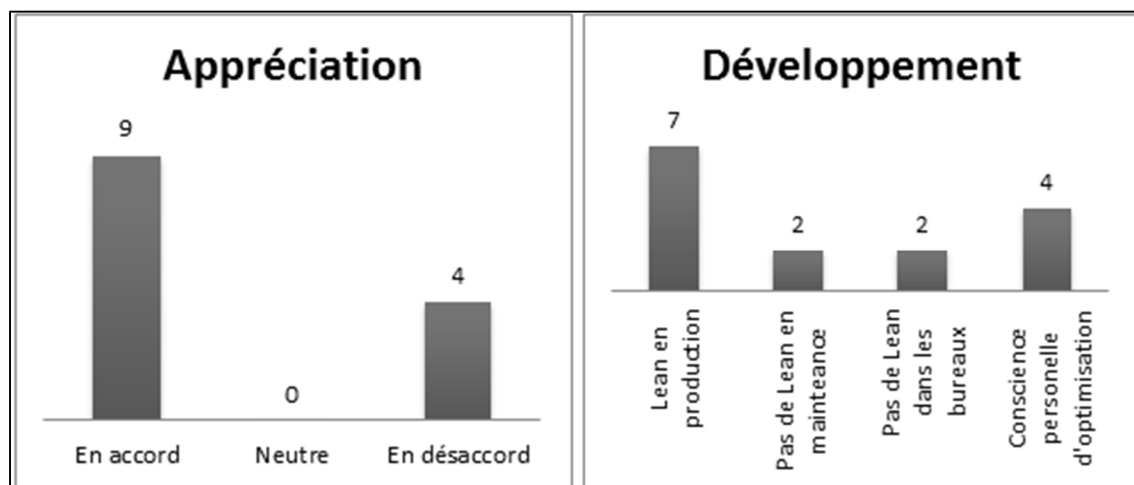


Figure 3.33 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.4

Question 4.4	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	9	64%	22%	[42% - 87%]	Non
Neutre	0	0%	0%	S. O.	Non
En désaccord	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non
Développement					
Lean en production	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
Pas de Lean en maintenance	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Pas de Lean dans les bureaux	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
Conscience personnelle d'optimisation	4	29%	21%	[8% - 50%]	Non

Tableau 3.17 Statistiques des données de la question 4.4

À la question 4.4, on remarque que certains départements utilisent le Lean et d'autres non. Entre autres, le département de production semble être le seul où l'on utilise les outils du Lean. Le procédé a été cartographié et les équipements relocalisés pour optimiser les déplacements. Le département de maintenance et les secteurs administratifs, quant à eux, ne semblent pas avoir adopté le Lean, même si certains participants croient que ce serait une

bonne chose. Par contre, quatre participants ont mentionné avoir le réflexe au quotidien d'optimiser leur travail pour être plus efficaces.

La Figure 3.34 présente les résultats à la question 4.5 formulée ainsi : *Si en accord (à la question 4.4), ces éléments auraient-ils un effet sur votre SST?*

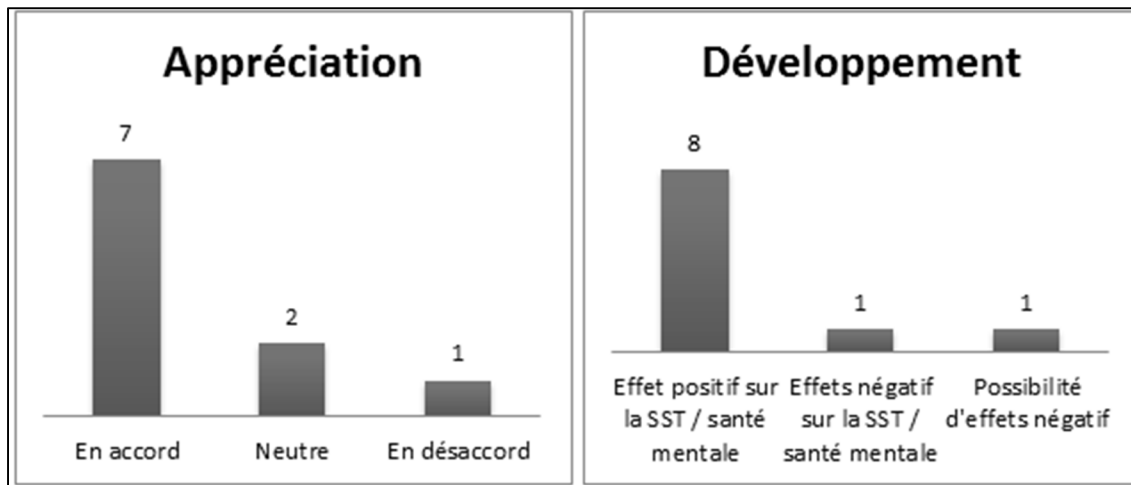


Figure 3.34 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.5

Question 4.5	Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
			ME	IC	
Appréciation					
En accord	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
Neutre	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
En désaccord	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Développement					
Effets positifs sur la SST / santé mentale	8	57%	23%	[34% - 80%]	Non
Effets négatifs sur la SST / santé mentale	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non
Possibilité d'effets négatifs	1	7%	12%	[0% - 19%]	Non

Tableau 3.18 Statistiques des données de la question 4.5

Parmi les participants ayant mentionné utiliser les outils du Lean, huit ont indiqué ressentir des effets positifs sur leur santé physique et mentale. Quelques participants mentionnent

toutefois des effets négatifs ou une possibilité d'effets négatifs tel qu'observé dans d'autres entreprises selon les sections 1.1.2 et 1.1.3.

La Figure 3.35 présente les résultats à la question 4.6 formulée ainsi : *Sentez-vous que l'implantation du Lean est centrée sur le respect de la personne?*

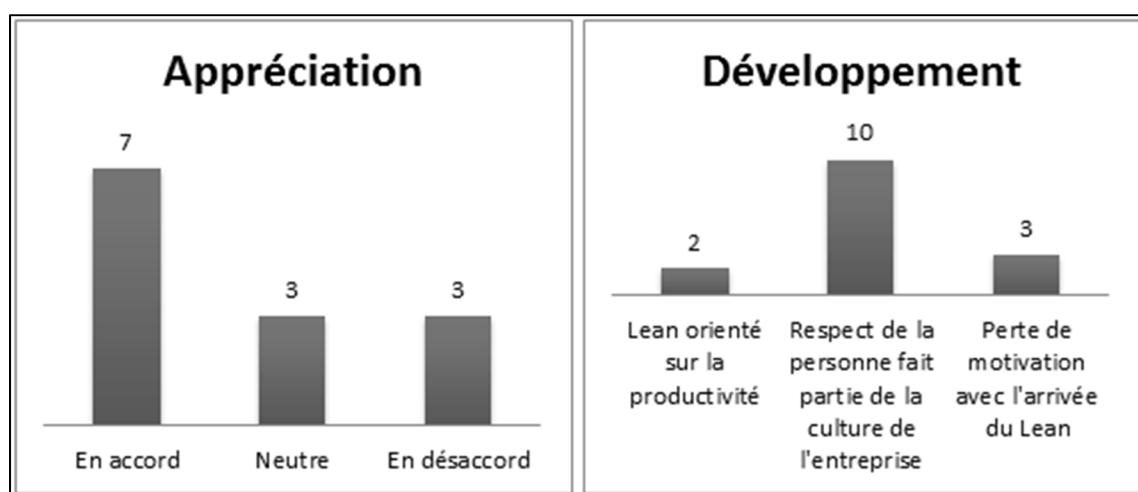


Figure 3.35 Nombre de participants pour chaque réponse à la question 4.6

Question 4.6		Effectif	\hat{p}	Niveau 95 %		Opinion majoritaire ?
				ME	IC	
Appréciation	En accord	7	50%	23%	[27% - 73%]	Non
	Neutre	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
	En désaccord	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non
Développement	Lean orienté sur la productivité	2	14%	16%	[0% - 31%]	Non
	Respect de la personne fait partie de la culture de l'entreprise	10	71%	21%	[50% - 92%]	Oui
	Perte de motivation avec l'arrivée du Lean	3	21%	19%	[2% - 40%]	Non

Tableau 3.19 Statistiques des données de la question 4.6

Parmi les participants ayant répondu à la question 4.6, sept trouvent que le Lean a été implanté en incluant le respect de la personne plutôt qu'en étant seulement orienté vers la productivité. Trois trouvent que l'arrivée du Lean n'a pas eu d'incidence sur les conditions

de travail et trois autres croient que l'individu n'a pas été pris en compte lors de l'implantation du Lean.

3.1.5.3 Résultats des observations

Puisque les résultats de la section 3.1.4.3 traitent de l'efficacité des interventions en maintenance, ceux-ci sont aussi valides pour l'analyse du niveau Lean de l'entreprise. On réfère donc à ces résultats dans la discussion.

En plus de ces données d'observations, quelques commentaires ont été portés sur l'utilisation des outils du Lean. En effet, parfois, la mise en œuvre du 5S semble ne pas avoir donné les résultats escomptés.

3.1.5.4 Résultats de la consultation de la documentation

Les données de documentation fournies par l'entreprise au sujet du Lean sont contenues dans un journal de bord d'implantation de la nouvelle chaîne de valeur.

Tout d'abord, afin que chacun s'approprie la philosophie du Lean, l'entreprise a fourni à plusieurs de ses employés une formation de deux jours sur la méthode Toyota. Cette formation porte sur les 14 principes de cette méthode, les différentes sources de gaspillage et les outils d'amélioration continue. Les employés n'ayant pas pu participer à cette formation ont, pour la plupart, reçu une formation de quatre heures sur les principes de base.

Au sujet de l'implication des participants, on retrouve dans la documentation plusieurs indices concernant la consultation des employés. Avant même l'implantation de la nouvelle chaîne de valeur proposée, les employés ont pu donner leur opinion sur le projet lors d'une présentation par le «*comité architecte*». Il a alors été possible aux employés de proposer des alternatives à cette chaîne de valeur, poser des questions et émettre des commentaires. Dans la phase d'implantation, il y avait une équipe d'implantation fixe formée d'employés de tous les départements. Cette équipe confiait ensuite de petits mandats à des sous-comités pour leur

étude et leur implantation. Il a ainsi été possible pour chaque employé de s'impliquer dans un sous-comité d'implantation. Celui-ci devait simplement obtenir l'approbation de son superviseur. Pour finir, un cahier a été mis à la disposition des employés dans la cafétéria afin qu'ils puissent y partager leurs idées, craintes et commentaires.

3.2 Synthèse des résultats de l'étude de terrain

Tout d'abord, les données de maintenance montrent un déséquilibre entre les maintenances correctives et les maintenances préventives. On constate que les bris récurrents nuisent à la disponibilité des équipements et, par conséquent, à la productivité de l'usine. Les participants croient que l'implantation d'un département de maintenance en bonne et due forme serait pertinente.

Au niveau SST, le partenaire industriel semble avoir la confiance de ses employés, qui affirment se sentir en sécurité au quotidien. L'entreprise fait les efforts requis, entre autres par l'utilisation de procédures de travail et l'adoption d'un comité SST.

Le département de production de cette PME a récemment été cartographié pour être plus efficace. Certains participants apprécient la nouvelle chaîne de valeur et d'autres moins. Les participants ont toutefois été formés et consultés dans le processus d'implantation. De plus, les autres secteurs et départements de l'entreprise n'ont pas encore été étudiés du côté Lean. Les participants ayant vécu l'implantation du Lean semblent satisfaits de l'approche utilisée.

3.2.1 Énoncés tirés de l'analyse statistique

Voici une série d'énoncés qu'il est possible de tirer des opinions qui sont statistiquement majoritaires, tel que ressenti par les participants :

1. Les équipements de l'entreprise fonctionnent bien en général;
2. Les équipements de l'entreprise ont une bonne fiabilité;
3. Certains équipements brisent plus souvent que d'autres;

4. Les bris récurrents ont des conséquences importantes;
5. Les bris récurrents affectent la productivité de l'entreprise;
6. L'implantation d'un département de maintenance serait une bonne idée;
7. L'implantation d'un département de maintenance permettrait une meilleure maintenance;
8. Beaucoup d'efforts sont faits en matière de SST au sein de l'entreprise;
9. Les employés de l'entreprise ont une conscience collective orientée vers la SST;
10. Les employés savent qu'il existe un comité SST dans leur entreprise;
11. Les employés savent que le comité SST effectue le suivi des dossiers SST;
12. Les employés de l'entreprise connaissent la notion de Lean ou d'amélioration continue;
13. Le respect de la personne fait partie de la culture de l'entreprise.

3.3 Discussion des résultats de l'étude de terrain

Dans les trois premiers chapitres de ce mémoire est présentée une étude de cas exploratoire visant à proposer une démarche d'implantation de département de maintenance qui soit directement Lean tout en étant centré sur la SST. Le public visé par cette démarche est constitué de PME ayant déjà adopté le Lean dans leur département de production. Jusqu'ici chacun des trois concepts de l'étude, soient la maintenance, la SST et le Lean, ont été étudiés séparément.

Tout d'abord, ce projet regroupe quatre sources de données : la littérature scientifique, les entrevues semi-dirigées, les observations de terrain et la documentation du partenaire industriel. En premier lieu, des liens seront créés entre les différentes sources de données. Pour la validité interne de l'étude, il est recommandé de regrouper trois sources de données sous la forme d'une triangulation. Si pour certaines variables il est possible d'obtenir des données dans les quatre sources, ces quatre sources sont comparées.

3.3.1 Triangulation

Cette section compare les différentes sources de données par concept. Les concepts seront ensuite regroupés dans la section 3.4.

3.3.1.1 Maintenance

Dans la triangulation entre les éléments issus de la littérature, ceux tirés des entrevues et, enfin, celles visualisées dans les observations, il est possible de créer certains liens.

Tout d'abord, la littérature est claire : la littérature (Baluch et al., 2012; Smith & Hawkins, 2004; Stevenson et al., 2012) indique que la maintenance fait partie intégrante des activités d'une entreprise et il doit y avoir un équilibre entre les maintenances préventives et correctives afin d'optimiser les coûts associés à la maintenance (Stevenson et al., 2012). Or, les données d'entrevues et d'observations ne montrent que peu de présence de maintenance préventive chez le partenaire industriel. La documentation, quant à elle, montre une proportion de 34% des maintenances préventives contre 66% de maintenances correctives en nombre d'interventions, alors que le temps alloué aux maintenances préventives n'est que de 17% contre 83% de maintenances correctives. L'équilibre entre les maintenances préventives et correctives dont il est question dans la littérature indique qu'il est acceptable d'avoir recours à quelques maintenances correctives. Toutefois, elles sont les moins souhaitables dues au coût élevé en pertes de production qu'elles provoquent.

On remarque toutefois aux questions 2.1, 2.2 et 2.5 que la majorité des participants sont satisfaits du service de maintenance. La fiabilité des équipements et le fonctionnement général sont en effet des indices d'une maintenance adéquate tel qu'identifié dans la littérature (Barabady & Kumar, 2008). Les données d'observations ne permettent pas d'évaluer la satisfaction des clients du département de maintenance, mais il est toutefois possible de croire que les bonnes pratiques sont utilisées la majorité du temps. La

documentation de la maintenance ne permet pas non plus d'évaluer la satisfaction interne au sujet du service de maintenance.

Certains bris récurrents ont été mentionnés en entrevue et un bris récurrent a été noté durant les observations. On pourrait donc se concentrer sur ces causes significatives de pannes pour accroître rapidement et facilement la fiabilité des équipements, tel que mentionné dans la littérature. De plus 11 participants sur 14 ont mentionné que les bris récurrents affectent la productivité. La documentation permet aussi d'évaluer la présence de bris récurrents. Selon cette source de données, les bris récurrents de seulement cinq équipements représentent plus de la moitié du temps investi en maintenance corrective.

La mise en place d'un département de maintenance fait partie d'une saine gestion de la maintenance tel qu'indiqué dans la littérature (Laloux, 2009; Westerkamp, 2013). 13 participants sur 14 croient aussi que l'implantation d'un département de maintenance serait bénéfique pour l'entreprise et, ce, pour plusieurs raisons. On mentionne, entre autres, une amélioration potentielle du service de maintenance, du suivi des maintenances et de la performance des équipements. Les observations montrent que ces besoins sont réels. Un département de maintenance selon les meilleures pratiques permettrait aussi une élaboration plus efficace des plans d'interventions par la définition de procédures standardisées et par la planification. Les données recueillies dans la documentation ne permettent pas d'identifier les besoins de maintenance de l'entreprise, mais rappelons qu'elles étaient notées dans un classeur Excel. L'utilisation d'un logiciel de GMAO serait donc de mise.

3.3.1.2 SST

Selon la littérature (Québec, 1979; Sakouhi & Nadeau, 2016; Westerkamp, 2013) une attention particulière doit être portée à la SST et toute entreprise devrait en faire une priorité, tel qu'explicité en section 1.3.1. On constate d'ailleurs à la question 3.1 que beaucoup d'efforts sont faits en SST et que la conscience des individus est orientée en faveur de la SST. La documentation décrit aussi plusieurs procédures encadrant les travaux. La

documentation indique aussi que la SST occupe une place importante dans les priorités de l'entreprise. Par contre, certains témoignages d'employés indiquent que certains efforts pourraient encore être faits.

Les questions 3.2 et 3.3 montrent que plusieurs risques de SST associés aux activités de la maintenance sont inhérents à l'activité elle-même. On parle ici par exemple de risques mécaniques, électriques et hydrauliques. Malgré la connaissance des risques du métier, des blessures mineures se produisent, tel qu'inscrit dans le registre des accidents.

Les questions 3.4, 3.41 et 3.42 permettent de déterminer le niveau de connaissance des employés au sujet du comité SST de l'entreprise. Il a été possible de comparer les réponses des participants avec la documentation de l'entreprise. On constate que plusieurs ne connaissent pas la composition exacte du comité SST, mais que son mandat est bien connu. En effet, les réponses des participants correspondent globalement à la réalité décrite dans la documentation.

La documentation de l'entreprise décrit précisément plusieurs procédures encadrant les tâches de maintenance. Plusieurs participants trouvent que les procédures sont bien respectées, mais d'autres indiquent que certains efforts restent à faire. Les observations vont dans le même sens.

Finalement, la pyramide de Bird indique la façon dont devraient se répartir les incidents déclarés dans une entreprise afin de maximiser la prévention. La question 3.6 des entrevues indique que certaines blessures mineures ne seraient pas toujours déclarées et plusieurs raisons sont évoquées. Dans les données de la documentation, si l'on place la distribution des accidents par gravité sous forme de pyramide, on retrouve la représentation de la pyramide de Bird selon les données propres au partenaire et illustrée à la Figure 3.36.

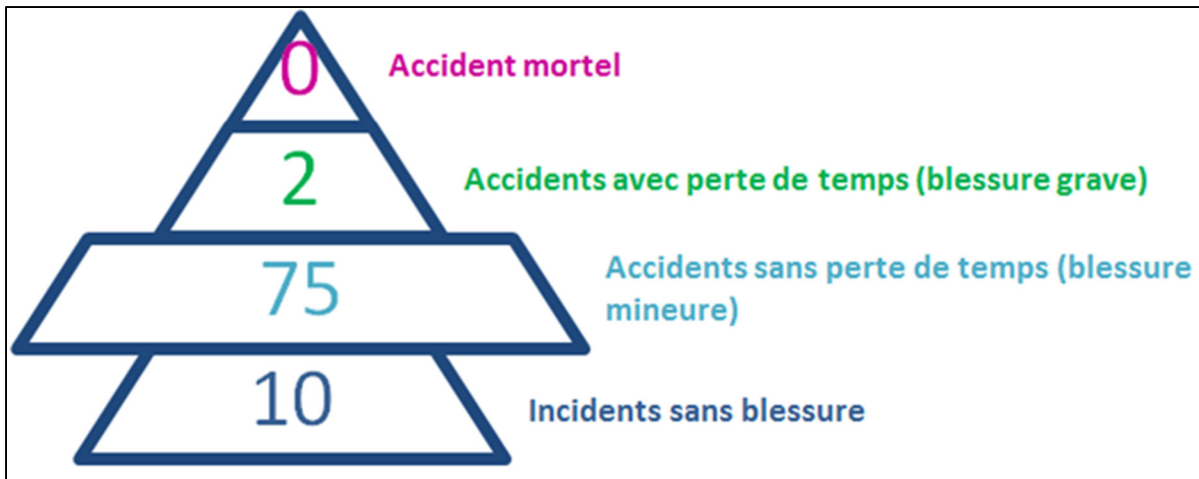


Figure 3.36 Répartition des incidents par gravité selon la pyramide de Bird

3.3.1.3 Lean

La question 4.1 permet de mieux comprendre le niveau général de connaissance du Lean de la part des employés de l'entreprise. Ils peuvent avoir acquis ces connaissances au sein même de l'entreprise ou dans des emplois et formations antérieures. On constate qu'une grande majorité (93%) de participants dit connaître certaines notions du Lean. La littérature indique d'ailleurs que l'implication et la formation de tous sont importantes. On discute aussi à la section 1.1 de l'importance de rester une entreprise apprenante et ceci se traduit dans les connaissances de ses employés. Les observations réalisées n'ont pas permis d'évaluer le niveau de connaissance du Lean des participants. La documentation de l'entreprise mentionne toutefois une formation de deux jours ou de quatre heures sur la méthode Toyota pour tous ses employés bien qu'un seul participant ait mentionné en entrevue avoir été formé sur le Lean dans son développement à la question 4.1.

Parmi les principes du Lean, on retrouve aussi l'importance d'impliquer chacun des employés dans la démarche d'implantation. Ce besoin se traduit dans les 14 principes de la méthode Toyota et est clairement explicité dans la maintenance productive totale. Ce sont, en effet, les employés qui auront à évoluer dans de nouvelles conditions, à utiliser les outils et à accomplir de nouvelles tâches. En entrevue, 9 participants sur 14 ($\approx 64\%$) ont mentionné

s'être sentis impliqués dans l'implantation du Lean, alors que quatre ne l'ont pas été, n'étant pas encore à l'emploi de l'organisation lors du déploiement. Pourtant, à la question 4.2, quelques participants indiquent que la consultation des employés se poursuit encore au moment des entrevues. D'autres participants sont aussi déçus de proposer des idées et que celles-ci ne soient pas retenues. À la question 4.3, 6 participants sur 14 considèrent avoir occupé assez de place dans l'implantation du Lean quand certains considèrent qu'ils devraient laisser plus de place aux autres. Au sujet de l'implication des participants, on retrouve dans la documentation plusieurs indices concernant la consultation des employés. Ceux-ci ont tout d'abord pu donner leur opinion sur le projet lors d'une présentation de la nouvelle cartographie de chaîne de valeur qui allait être adoptée. Il a ensuite été possible à chaque employé de s'impliquer dans un comité d'implantation pourvu qu'il obtienne l'approbation de son superviseur. On mentionne aussi qu'un cahier a été mis à la disposition des employés afin qu'ils puissent y partager leurs idées, craintes et commentaires.

La documentation reçue indique les étapes d'implantation du Lean dans la chaîne de production. On ne constate rien dans les autres départements comme la maintenance ou les secteurs administratifs. Neuf participants ont indiqué utiliser des outils Lean, alors que quatre ont indiqué ne pas en utiliser. Dans la littérature, les 14 principes de Liker énoncés à la section 1.1 (Liker, 2004) sont surtout centrés sur l'amélioration de la productivité et l'élimination des gaspillages, mais rien n'indique qu'il faut seulement se concentrer sur la production. Il faut, au contraire, avoir une culture organisationnelle centrée sur l'amélioration des processus, et ce, dans tous les départements.

Parmi ceux qui ont indiqué utiliser des outils Lean dans leurs tâches, la majorité des participants indique que ceux-ci ont des effets positifs sur leur santé. Certains participants ont toutefois indiqué la présence ou la crainte d'effets négatifs sur leur santé causés par l'utilisation d'outils Lean. La littérature (Bruère, 2013; Hasle, 2014) indique l'existence possible d'effets négatifs sur la santé humaine lorsque l'implantation du Lean est inadéquate. Il pourrait alors y avoir, par exemple, des troubles musculo-squelettiques causés par la

standardisation de tâches répétitives, du stress causé par les délais et de la fatigue causée par les nombreux changements et heures de travail prolongées (Hasle, 2014).

À la question 4.6, on demande aux participants s'ils ont trouvé, de façon générale, que l'implantation du Lean s'est faite dans le respect de la personne. En effet, la littérature (Sakouhi & Nadeau, 2016; S. K. Womack et al., 2009) démontre qu'il est primordial que chacun se sente respecté dans le processus d'implantation du Lean afin d'obtenir le meilleur taux d'adhésion possible. Aussi, il est possible d'utiliser le Lean pour améliorer les conditions de travail des employés. Selon les données d'entrevue, une majorité de participants se sont sentis respectés dans l'implantation et affirment qu'effectivement le Lean est là pour améliorer la productivité, mais doit se faire de façon humaine. On dit d'ailleurs qu'il s'agit d'une entreprise qui a à cœur le bien-être de ses employés. On appuie, d'ailleurs, ces dires sur des faits tels que la consultation continue des employés dès l'élaboration d'un plan d'implantation. Ces affirmations sont aussi confirmées dans la documentation où l'on explique comment cette consultation s'est maintenue grâce au cahier mis à la disposition des employés.

3.4 Éléments à considérer dans l'implantation du département de maintenance

Cette section présente le regroupement des trois concepts du projet de recherche. Les niveaux de performance en termes de maintenance, SST et Lean ont été mesurés chez une PME québécoise afin de déterminer les critères à prendre en considération lors de la conception d'un département de maintenance pour qu'il soit Lean dès son implantation tout en étant centré sur la SST. La démarche d'implantation est ensuite présentée à la section 3.5.

3.4.1 L'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST

Ces recommandations s'ajoutent aux pratiques habituelles d'implantation d'un département de maintenance. Elles s'inspirent de la littérature traitant de l'adaptation d'un département de maintenance à la réalité du Lean (Baluch et al., 2012) et celle abordant les risques associés à

la maintenance (Emami-Mehrgani et al., 2014; Québec, 2001; Westerkamp, 2013). Ces recommandations sont aussi basées sur l'étude de terrain réalisée au sein d'une PME québécoise.

L'implantation d'un département de maintenance est requise au sein du partenaire industriel tel qu'indiqué par les résultats de l'étude de cas. Toutefois, il est important de bien faire les choses du premier coup. Ces recommandations sont des pistes proposées pour obtenir le succès escompté dans cette démarche.

Selon les résultats obtenus, l'entreprise devrait augmenter le nombre d'interventions de maintenance préventive de façon à atteindre un meilleur équilibre entre les maintenances préventives et correctives. Ceci lui permettra d'éliminer plusieurs coûts occasionnés par un bris d'équipement tel qu'indiqué dans la section 1.2.3.

De plus, un bris d'équipement pourrait aussi causer un accident du travail, en plus d'imposer un stress additionnel aux employés et aux clients en comparaison à un arrêt planifié. De façon générale, les coûts d'un remplacement correctif sont en moyenne trois fois plus élevés que ceux d'un remplacement préventif (Julien, 2006).

Les bris récurrents peuvent aussi être étudiés pour optimiser les maintenances préventives. On peut observer la fréquence à laquelle se produisent ces bris et choisir la fréquence moyenne des maintenances préventives selon son degré de tolérance aux arrêts non planifiés. Ces améliorations au niveau de la maintenance des équipements pourraient augmenter le niveau de sécurité des installations ainsi que la facilité à atteindre une démarche plus proche du JAT. Ces concepts (maintenance, amélioration continue et SST) sont effectivement reliés.

Certains risques ont été associés à la maintenance et quelques participants ont des craintes en ce qui a trait à la maintenance de leurs équipements, il est important d'agir rapidement à cet égard.

Du côté SST, l'entreprise démontre qu'elle fait déjà les efforts pour assurer la sécurité de ses travailleurs. On remarque la présence de procédures pour les travaux à risque, l'adhésion à une mutuelle de prévention, la mise en place d'un comité SST et l'utilisation d'ÉPI.

Pour ce faire, l'entreprise devrait se munir d'une grille d'évaluation de risque indiquant son niveau d'acceptabilité. La grille développée conjointement par la Commission de la santé et la sécurité du travail (CSST) (maintenant CNEST) et l'Institut de recherche en santé et sécurité du travail (IRSST) (Paques et al., 2004) pourrait être un outil adapté à cette évaluation. Cet outil sert d'aide pour la priorisation des actions correctives et proactives en SST. Pour analyser les risques, il est aussi pertinent de les connaître. Il existe plusieurs méthodes pour identifier les risques. Les participants aux entrevues ont pu identifier plusieurs risques dans leurs tâches quotidiennes. Leur consultation est donc précieuse pour l'identification des risques. Les observations ont aussi permis d'identifier plusieurs risques. Il est possible pour l'entreprise de transposer ces observations dans des audits internes SST réalisés par les membres du comité SST. Il est aussi possible d'identifier les risques en analysant le passé, soit les historiques d'accidents. Plusieurs risques ont effectivement pu être identifiés dans les rapports d'accidents. Une fois les risques identifiés, l'analyse permettra de prioriser, de façon paritaire, les mesures à prendre pour y remédier.

Pour accroître sa capacité à identifier les risques, l'entreprise pourrait faire la promotion de son comité SST. En effet, seuls quelques participants connaissent la composition du comité SST. Les autres employés ne savent donc pas à qui s'adresser pour la déclaration d'un risque qu'ils ont observé. L'entreprise pourrait aussi encourager ses employés à la déclaration de tous les accidents mineurs et incidents sans blessure, ce qui permettrait d'agir de façon proactive sur la prévention. Finalement, l'entreprise pourrait gagner à renforcer de respect de ses procédures internes par ses employés.

Il est recommandé d'utiliser une méthode de consultation qui respecte la confidentialité des employés pour ce qui a trait à leur satisfaction quant aux changements Lean. Il faut un

système qui permette aux employés de présenter leurs idées de façon confidentielle, tout en leur permettant de suivre l'évolution de leur proposition.

Les employés de l'entreprise manifestent leur créativité dans la fabrication d'outils sur mesure pour des tâches précises. Ceci est positif pour l'amélioration continue, mais l'ergonomie et la sécurité de ces outils doivent être étudiées par un professionnel avant leur utilisation.

La prise en considération de ces différentes recommandations, jumelée à la mise en place traditionnelle et l'adaptation d'un département de maintenance devrait donc aider à réaliser l'objectif de cette étude : Créer une démarche d'implantation d'un département de maintenance en centrant ses activités sur la SST.

3.5 Démarche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST

Cette étude de cas exploratoire est la réponse à la question de recherche dont le résultat est la démarche proposée. Cette démarche est basée sur la littérature, regroupant des éléments des trois concepts de l'étude. Elle est, de plus, renforcée par les résultats de recherche obtenus lors d'une étude de terrain auprès d'un partenaire industriel. L'implantation d'un département de maintenance dans une entreprise doit suivre l'approche PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). Cette démarche couvre la partie *Plan* de cette approche, les autres parties (*Do-Check-Act*) appartenant à l'entreprise. Elle étaye ainsi les étapes à réaliser pour l'organisation du département de maintenance, l'intégration de la maintenance aux activités de l'entreprise et l'intégration de la SST aux activités de maintenance. Une bonne planification de cette démarche est à la base de l'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST.

3.5.1 Représentation textuelle de la démarche d'implantation

Voici la démarche d'implantation proposée :

1. Organisation du département de maintenance

Tel que décrit par Westerkamp (2013), l'organisation d'un département de maintenance comporte plusieurs éléments étudiés à la section 1.2.1.

a. Définir les besoins de maintenance

Seuls les employés (travailleurs et gestionnaires) de l'entreprise peuvent déterminer les besoins en maintenance. Le questionnaire et les observations réalisées dans le cours de cette étude sont une des approches possibles pour déterminer quelles sont les lacunes actuelles en maintenance.

b. Nombre d'employés

Tel qu'indiqué dans la littérature à la section 1.2.1, le nombre optimal d'employés du département de maintenance est le nombre minimal pouvant répondre aux besoins de maintenance

c. Organigramme

Il existe plusieurs organigrammes possibles dans un département de maintenance. Pour une PME, une simple organisation linéaire à un niveau comportant un seul superviseur de maintenance devrait suffire pour un maximum de quinze employés (Blackburn & Tétreault, 2011). Des organigrammes plus complets sont aussi possibles pour les grandes organisations (Westerkamp, 2013)

d. Locaux et équipements

Choisir des locaux et équipements adaptés aux besoins de maintenance et au nombre d'employés du département de maintenance. Localiser les ateliers de maintenance de façon à limiter les déplacements vers l'usine.

e. Sous-traitance

Il est possible d'avoir recours à la sous-traitance pour les travaux de maintenance spécialisés ou pour la location de main d'œuvre par période

d'achalandage élevé. Le lecteur est invité à approfondir sa lecture au sujet de la sous-traitance puisqu'il ne s'agit pas d'un sujet couvert par cette étude.

2. Intégration de la maintenance aux activités de production de l'entreprise

Pour être Lean, le département de maintenance doit vivre en harmonie avec celui de la production. L'intégration des activités de maintenance à la production doit donc être planifiée.

a. Planifier des arrêts propres à la maintenance préventive

Tel qu'indiqué dans la section 1.2.3, l'importance de la maintenance préventive pour augmenter la productivité n'est plus à démontrer. On doit donc planifier du temps pour arrêter la production et réaliser les maintenances préventives

b. Préparation des maintenances préventives

La clé d'une bonne maintenance préventive est sa planification. On peut trouver de l'information sur les maintenances préventives à accomplir dans les manuels du manufacturier, dans les historiques des réparations effectuées et selon l'expérience des mécaniciens et opérateurs. Le Lean comporte un pilier important qui met l'humain au premier plan (J. P. Womack & Jones, 1996). Les employés peuvent avoir un apport précieux dans l'élaboration des programmes de maintenance préventive. La planification des maintenances préventives inclut aussi le temps prévu pour l'arrêt, l'affectation des ressources humaines nécessaires et la préparation des pièces de remplacement et outils.

c. Intégrer les activités TPM

La TPM est à la base d'une saine maintenance Lean. Celle-ci permet de développer l'appartenance des opérateurs envers leur équipement. Le lecteur est invité à revisiter la section 1.2.2. ou à se référer à des experts du domaine pour accomplir cette étape.

d. Élimination des gaspillages associés à la maintenance

Les principales pertes associées à la maintenance des équipements sont énumérées à la section 1.2.2. Pour pouvoir éliminer les gaspillages, il est

important de les identifier. La littérature et la méthodologie de recherche de cette étude permettent d'identifier certaines pertes associées à la maintenance.

3. Gestion SST

Pour compléter la démarche, l'entreprise doit y intégrer la SST. Pour ce faire, les éléments suivants doivent être pris en compte

a. Règlementation

Plusieurs lois et règlements sont à respecter en maintenance comme dans d'autres activités.

b. Identification des risques

L'identification des risques peut être faite de plusieurs façons (Paques et al., 2004). La méthodologie proposée de cette étude permet une identification rapide des risques connus des employés et des risques auxquels ils sont exposés.

c. Élimination / contrôle des risques

Pour éliminer les risques associés à la maintenance, la méthode habituelle peut être utilisée, soit celle présentée à la section 1.3.4. Dans la hiérarchisation des moyens de contrôle, on retrouve en ordre d'efficacité : élimination à la source, réduction du risque, séparation de l'humain et du risque, dispositif de protection et équipement de protection individuelle (Paques et al., 2004).

3.5.2 Représentation graphique de la démarche d'implantation

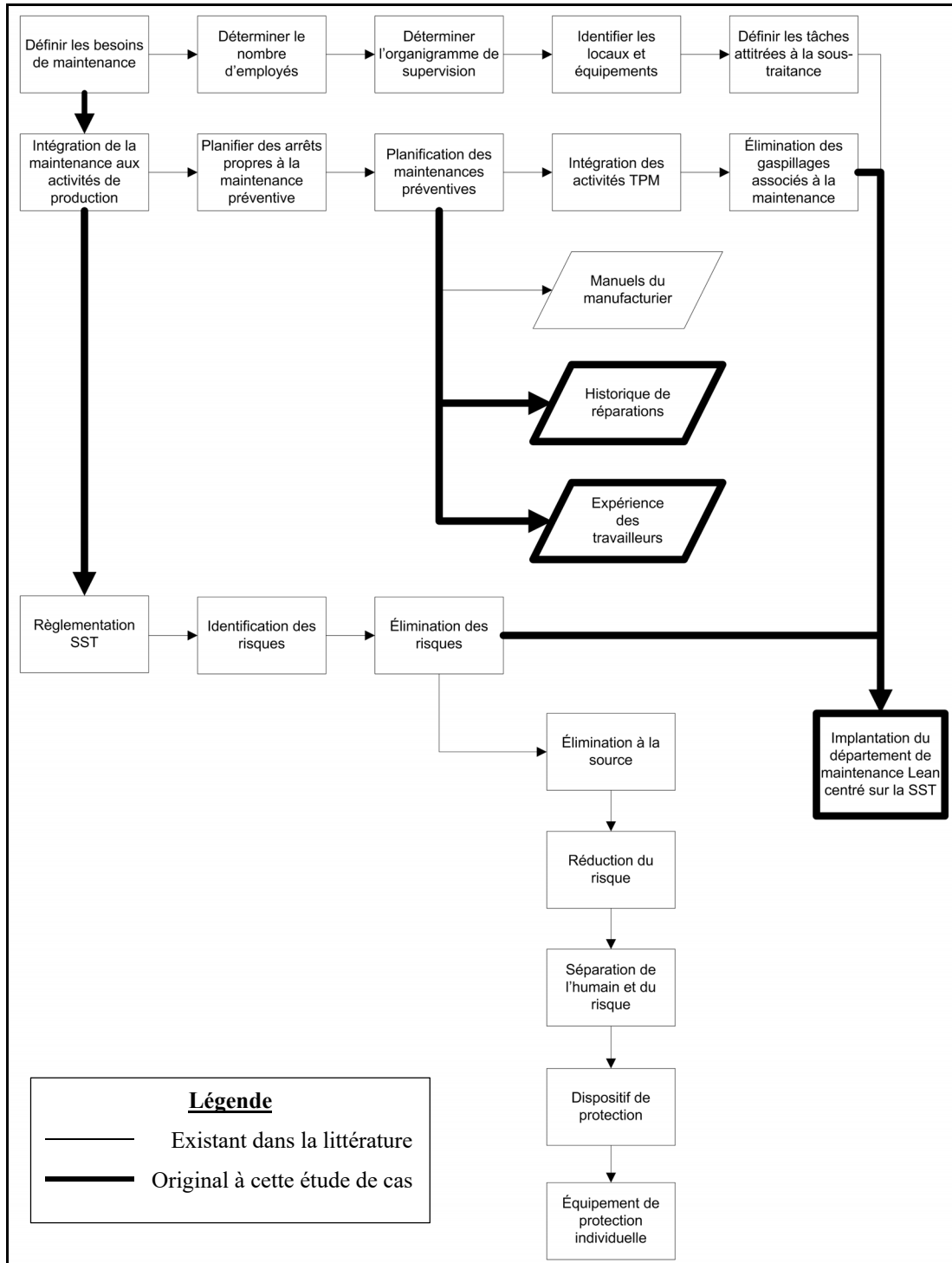


Figure 3.37 Représentation graphique de la démarche d'implantation

CHAPITRE 4

ANALYSE DES RÉSULTATS

4.1 Limitations méthodologiques de l'étude

Tel qu'élaboré au chapitre 2, ce projet de recherche comporte quelques limitations méthodologiques de par sa nature exploratoire.

4.1.1 Échantillonnage

En plus d'être limité à 14 participants, l'échantillonnage est réalisé au sein d'une seule PME, ceci étant le maximum possible dans la fenêtre de temps allouée pour l'étude de terrain. Il est donc impossible de généraliser les résultats obtenus de ce projet ainsi que ses conclusions.

4.1.1.1 Taille de l'échantillon

Étant donné la petite taille de l'échantillon, la marge d'erreur des entrevues est plutôt grande, ce qui fait en sorte qu'il n'est pas possible de valider statistiquement les données lorsque moins de 10 participants sur 14 ont donné le même élément de réponse, ceci permettant d'atteindre un intervalle de confiance supérieur à 50%. Tel qu'expliqué à la section 3.1.2, les résultats n'atteignant pas ce seuil sont conservés pour l'ajout d'informations qualitatives qu'ils apportent. La même réflexion est aussi utilisée pour les données d'observations qui ont un échantillon de 8 tâches observées.

4.1.1.2 Échantillonnage volontaire

Selon Statistiques Canada, l'échantillonnage volontaire est une forme d'échantillonnage non probabiliste qui occasionne plusieurs biais. Par exemple, il est possible que les individus intéressés par le sujet d'étude soient plus portés à participer que ceux qui ne sont pas touchés

par celui-ci. Dans le cadre de ce projet, aucune conclusion n'est tirée des non-réponses ou non-participations. De plus, comme l'échantillon de volontaires est limité, il n'a pas été possible de sélectionner les participants afin de créer un échantillon qui représente les proportions de l'entreprise pour ce qui est de la fonction et de l'ancienneté des participants.

4.1.1.3 Biais et limites des données de terrain

Dans le contexte qualitatif de cette étude, des participants ont été rencontrés pour des entrevues et des observations, en plus d'obtenir des données dans la documentation de l'entreprise. Ainsi, le devis de recherche a été présenté au comité d'éthique de la recherche de l'École de technologie supérieure (ÉTS) en vue d'être approuvé. Le certificat d'éthique est présenté en ANNEXE VI et une reconnaissance de ce certificat par le comité d'éthique de l'UQAT est présentée en ANNEXE VII. Pour sa présentation au comité d'éthique, le devis de recherche doit être documenté avec, notamment, les questionnaires d'entrevues, les grilles d'observations, les limites et exclusions potentielles, etc. Ainsi, une fois sur le terrain, le cadre de recherche ne permettait pas d'élaborer sur certaines questions ou observations selon l'orientation qu'elles prenaient. Ceci limite la quantité de données qu'il a été possible de récolter.

De plus, dans un contexte d'entrevues semi-dirigées, le participant répond à la question posée selon sa réalité expérientielle. Il est possible qu'il omette certains éléments pertinents ou qu'il modifie sa réponse pour des raisons qui lui appartiennent ou de façon inconsciente.

Dans la consultation de la documentation, les données des bris antérieurs ont été consultées. Toutefois, les informations au sujet de la criticité des équipements ne s'y trouvent pas. Il n'est donc possible de dresser qu'un portrait global de l'état du parc d'équipements.

4.1.2 Fiabilité de l'étude

Le questionnaire et la fiche d'observation ne sont pas validés puisque ces documents ont été créés sur mesure pour cette étude originale. Il est donc recommandé d'être prudent dans l'utilisation et l'interprétation de ces données. De plus, certaines données sont confidentielles et ne sont donc pas présentées dans ce mémoire.

4.2 Limites de la démarche d'implantation

La démarche proposée n'est validée que sur un seul cas. Il appartient à l'utilisateur de l'interpréter avec prudence et de l'adapter à sa situation actuelle. Cette démarche propose une approche d'implantation globale en mettant l'accent sur une série de points fondamentaux à considérer.

La littérature propose une démarche traditionnelle pour l'implantation d'un département de maintenance (Laloux, 2009; Westerkamp, 2013). L'adaptation d'un département de maintenance au Lean est détaillée dans la littérature (Baluch et al., 2012; Liker, 2004; Smith & Hawkins, 2004). La démarche proposée dans ce mémoire ajoute plusieurs éléments qui ne sont pas couverts par la littérature pour intégrer la SST à l'implantation d'un département de maintenance adapté au Lean. C'est ce qui rend cette étude innovatrice. Tout d'abord, l'adaptation du département de maintenance au Lean se fait dès sa conception. Comme les besoins de maintenance de l'entreprise et les principes du Lean sont déjà connus des employés, il est possible de réaliser cette étape avant de vivre les aléas et gaspillages de la maintenance non-Lean mentionnés à la section 1.2.2. De plus, dans la planification des maintenances préventives, la littérature indique qu'il faut considérer les recommandations du fabricant. Les résultats de l'étude ont aussi montré qu'en observant les historiques de maintenances effectuées et en consultant les travailleurs sur leur expérience au sujet de l'équipement, il est possible d'identifier les causes dominantes de défaillances. On peut alors concentrer ses efforts initiaux sur ces causes pour obtenir rapidement un gain de productivité. Ensuite, comme les risques de l'entreprise et de la maintenance sont déjà connus, il est

possible d'intégrer les requis SST dès la conception du département de maintenance par les méthodes habituelles. Cette démarche permettra donc d'intégrer l'adaptation Lean et la SST à l'implantation d'un département de maintenance.

CONCLUSION

Pour rester compétitive dans le contexte économique québécois actuel, une entreprise doit performer dans trois grandes sphères : la qualité des produits, la productivité et la SST. La qualité des produits et la productivité sont atteintes, en partie, par une bonne performance des équipements et des procédés alors que la SST repose sur les valeurs d'une entreprise. Le but de ce projet était d'arrimer la SST à la demande grandissante que les entreprises ont en termes de productivité et qualité pour un département de maintenance. Ce projet de recherche répond aux demandes de l'industrie par son objectif de conception d'un département de maintenance Lean intégrant la SST, tout en permettant l'efficacité dudit département de maintenance.

Tout d'abord, la littérature scientifique au sujet du Lean et de l'amélioration continue en général, la maintenance et la SST a été explorée au CHAPITRE 1. Ensuite, une étude de terrain a été réalisée au sein d'une PME manufacturière québécoise selon la méthodologie présentée au CHAPITRE 2. Les résultats de cette cueillette de données ainsi que leur analyse ont indiqué, par des énoncés majoritaires et par triangulation, des critères servant à bonifier la démarche d'implantation. Les données, les résultats et la démarche d'implantation sont présentés au CHAPITRE 3. Parmi les critères identifiés, les plus constructifs étaient que certains équipements brisent plus souvent que d'autres, affectant la productivité de l'entreprise et que l'implantation d'un département de maintenance serait bénéfique pour l'entreprise et la maintenance des équipements. La triangulation des données a permis d'établir qu'il faut augmenter le nombre de maintenances préventives, apprendre des bris récurrents, connaître les risques existants et leur acceptabilité, déclarer plus d'incidents mineurs et valider ergonomiquement les outils fabriqués sur-mesure. Finalement, le CHAPITRE 4 a présenté une discussion sur les limites de cette démarche et son côté innovateur.

La démarche d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST répond à la question de recherche, à savoir comment procéder si une entreprise souhaite implanter un département de maintenance alors qu'elle utilise déjà le Lean dans sa production.

L'étude étant exploratoire, il n'est toutefois pas possible d'en généraliser les conclusions. Il serait donc intéressant de réaliser la même étude au sein d'autres entreprises.

ANNEXE I

LISTE DES PUBLICATIONS

2017 Coutu, S., Nadeau, S., Ateme-Nguema, B. Implantation d'un département de maintenance intégrant Lean et santé et sécurité du travail. Congrès annuel AQHSST, 16 au 18 mai 2017, Victoriaville, Canada. Financement (CRSNG).



2018 Coutu, S., Nadeau, S., Ateme-Nguema, B. Developing a Design and Implementation Methodology of a Lean and Safe Maintenance Department. Accepté (Oct) ICOH 2018, 29 avril- 4 mai 2018, Dublin, Irlande.



ANNEXE II

CONCEPTION D'UNE MÉTHODOLOGIE D'IMPLANTATION D'UN DÉPARTEMENT DE MAINTENANCE LEAN CENTRÉ SUR LA SST : AFFICHE DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE PRÉSENTÉE AU CONGRÈS ANNUEL DE L'AQHSST 2017

Conception d'une méthodologie d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST

Sébastien Coutu (sebastien.coutu.2@ens.etsmtl.ca)
Sous la direction de:
Sylvie Nadeau (ETS)
Barthelemy Ateme-Nguema (UQAT)





Contexte

Maintenance

Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de *management* durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.¹

Taux de défaillance d'une composante sur sa durée de vie²



Les différents types de maintenance³

- Maintenance proactive (entretien l'équipement pour éviter un bris récurrent)
- Maintenance conditionnelle (inspecter pour compléter ou remplacer des composants de los premiers signes de faiblesse)
- Maintenance préventive (entretenir les équipements de façon régulière en planification d'atelier qu'ils ne soient)
- Maintenance corrective (Réparer l'équipement suite à un bris)

Lean³


Mieux connu sous le nom de *Toyota Production System*, le Lean est un système d'optimisation de la production ayant permis aux constructeurs automobiles japonais de devenir des leaders mondiaux à la suite de la Deuxième Guerre Mondiale. Le Lean est adopté par plusieurs entreprises dans le but d'obtenir le même succès.

Les principes du Lean

- Élimination des gaspillages
- Qualité des produits
- Qualité du service au client
- Croissance de productivité
- Augmentation de la valeur du produit

Santé et sécurité du travail⁴

Bien qu'étant parfois négligé dans les parties intégrées, la santé et sécurité du travail devrait représenter une priorité pour tous les employeurs et employés.⁵



La pyramide de Bird représente la hiérarchie relative des types d'incidents. Il est important de limiter et signaler les incidents à tous les niveaux pour combattre les blessures au travail.

Problématique

Sources de gaspillage en maintenance⁶

- Trop de maintenance (Coûts élevés)
- Manque de maintenance (Trop de défaillances)
- Déplacements (des travailleurs, des pièces ou des équipements)
- Invariants (Trop de pièces inutilisées ou manque de pièces cruciales)

La SST dans le Lean³

L'humain doit être au centre du processus d'implantation du Lean.

Risques associés au Lean⁴

- Troubles musculo-squelettiques dus aux tâches répétées
- Stress causé par l'intensification du travail

Risques associés à la maintenance⁷


- Nature manuelle du travail
- Isolation des travailleurs
- Opérations non-routinières
- Opérations d'urgence

Solution envisagée

Maintenance Lean centrée sur la santé et sécurité du travail

Peut-on développer un modèle d'implantation d'un département de maintenance Lean qui soit centré sur l'humain plutôt que sur la productivité pour une petite ou moyenne entreprise ?

- ✓ Une maintenance efficace
- ✓ Des travailleurs en sécurité
- ✓ Une amélioration continue



C'est génial pour les petites et moyennes entreprises en pleine expansion!

Il n'a pas tort! Les PME orientent souvent leurs efforts en amélioration continue vers la production, jusqu'à ce que la maintenance ne puisse plus fournir à la demande.⁸ Il serait donc appréciable que nos PME aient accès à une approche éprouvée à cet effet.

À venir

- Approbation du projet par un comité d'éthique de la recherche
- Étude de cas auprès d'une PME ayant déjà adopté le Lean dans sa production
 - Entrevues avec des travailleurs
 - Observation des méthodes de travail
- Analyse des données recueillies
- Génération du modèle
- Conférence
- Publication scientifique

Contribution à la société

En plus de faire avancer les connaissances en santé et sécurité du travail, ce projet a pour objectif de donner aux petites et moyennes entreprises (qui représentent 99,7% des entreprises avec employés au Québec) une approche leur permettant une croissance efficace et sécuritaire. Il s'agit en effet d'une première tentative documentée dans la littérature scientifique pour l'implantation d'un département de maintenance intégrant directement la philosophie du Lean et la santé et sécurité du travail. Que ce soit au travail ou auprès de sa famille, chaque employé est précieux.

Références

1. Lakatos, C. (2002). Management de la maintenance selon TQM. 8001. 2008. In L'Équipe.
2. Stevenson, W. J., Bennett, C., & Young, V. A. (2012). La gestion des opérations: produits et services. Chelmsford: McGraw-Hill.
3. Imai, J. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill. Retrieved November 10, 2014.
4. Jamniker, D., & Linn, S. (2006). Occupational health and safety management: Practices of human factors and ergonomics. 673-707.
5. Lewson, E., Nadeau, S., & Mowbray, P. (2015). PME et SST: L'état de la recherche en santé et sécurité.
6. Balach, R., Alomari, C. S., & Mohan, S. (2012). TQM and lean manufacturing: a critical review. *Contemporary journal of contemporary research in business*, 4(2), 850-857.
7. Linn, S. (2005). Types and sources of fatal and severe occupational accidents in industrial maintenance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(1-2), 87-93.
8. Hesse, P. (2014). Lean production: an evaluation of the possibilities for an employee-responsive small enterprise. *Applied Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 2(1), 6-13.

Remerciements au CRSNG pour le soutien financier

Figure A 4.1 Affiche de vulgarisation présentée au congrès annuel de l'AQHSST 2017

ANNEXE III

DEVELOPING A DESIGN AND IMPLEMENTATION METHODOLOGY OF A LEAN AND SAFE MAINTENANCE DEPARTMENT : AFFICHE ÉVALUÉE PAR LES PAIRS PRÉSENTÉE AU CONGRÈS ANNUEL DE L'ICOH 2018

ICOH2018 Abstract Submission

Developing a design and implementation methodology of a lean and safe maintenance department

S. Coutu^{1,*}, S. Nadeau¹, B. Ateme-Nguema²

¹ École de technologie supérieure, Montréal, Canada

² Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, Canada

Keywords: Lean, OHS, Maintenance


Introduction: Most maintenance departments are implemented and improved as a result of the company's growth. Subsequently, if the company chooses to adopt a Lean approach, it will adapt its production operations according to the specific principles and tools of that approach. Finally, once the production is Lean adapted, the company will reorganize its maintenance department to meet the principles of the Lean approach. On the other hand, what if a company already operates according to the Lean production approach before the creation of a maintenance department? The aim of this project is to develop a design and implementation model of a Lean-type maintenance department focused on occupational health and safety (OHS).

Methods: As a first step, the approach was to establish a profile of the current situation of the company regarding the three key concepts of this study: Lean, OHS and maintenance. Some data collected are the testimonials of the company's employees about these concepts. Participants went through semi-directed interviews. In addition, the employees performing maintenance tasks on equipment


(operators performing basic routine maintenance and the others performing more advanced maintenance) were also observed in these maintenance tasks.

Result: The results are a profile of the industrial partner drawn up according to a study of the frequency of the participants' answers as well as the risk observation tables analysed according to a model developed by J.-J. Paques from the *Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et Sécurité du Travail* (IRSST). The implementation model was developed according to the results obtained.

Discussion: This case study focuses mainly on a small and medium-sized enterprise (SME) in growth, as it corresponds to their background. Moreover, since not all SME's can afford nor have the knowledge for such studies, this model will be a good starting point for similar firms and companies.



Developing a design and implementation methodology of a lean and safe maintenance department



By : Sébastien Coutu (sebastien.coutu.2@ens.etsmtl.ca)

Supervisors:
Sylvie Nadeau (ETS)
Barthélemy Ateme-Nguema (UQAT)

Context

Most maintenance departments are implemented and improved as a result of the company's growth¹. Subsequently, if the company chooses to adopt a Lean approach, it will adapt its production operations according to the specific principles and tools of that approach. Finally, once the production is Lean adapted, the company will reorganize its maintenance department to meet the principles of the Lean approach.

On the other hand, what if a company already operates according to the Lean production approach before the creation of a maintenance department? The aim of this project is to develop a design and implementation model of a Lean-type maintenance department focused on occupational health and safety (OHS).

Problem

Some risks haven't been evaluated for this kind of approach. There are several known mismatches between Lean and OHS and between maintenance and OHS. Lean maintenance, for instance, is well known in the scientific literature². Being sometimes neglected in small and medium enterprises (SME), OHS should be priority number one in every organization and for every employee³.

Lean risks

Here are some examples of known risks associated with Lean⁴:

- Musculo-skeletal disorder due to repetitive tasks
- Stress caused by work load intensification.

The literature review revealed that human should be in the center of the Lean implementation process⁵.

Maintenance risks

Here are some examples of known risks associated with maintenance form the literature review^{1,2}:

- Manual nature of the task (often called "Hazard of the trade")
- Workers isolation
- Non-routine tasks
- Emergency tasks

Question

Can we implement a maintenance department that is Lean from the beginning while being OHS centered?

Benefits

This case study focuses mainly on a small and medium-sized enterprise (SME). Moreover, since not all SME's can afford nor have the knowledge for such studies, this model will be a good starting point for similar companies or firms.

Method

As a first step, the approach was to compare, with the literature, the partner company's profile regarding the three key concepts of this study: Lean, OHS and maintenance.

Some data collected are the testimonials of the company's employees about these concepts. Fourteen participants took part to a semi-directed interview.

In addition, eight employees performing maintenance tasks on equipment (operators performing basic routine maintenance and the others performing more advanced maintenance) were observed during these maintenance tasks.

The partner's documentation was also consulted to complete the triangulation of the three other sources of information.

Results

The aim of this study is to develop an implementation approach for a Lean oriented maintenance department that is centered on OHS. The results of the study are separated in three categories which are maintenance, Lean and OHS. This section shows the **OHS related** results of this study.

Semi-directed interviews

Questions were asked about risks related with Lean maintenance. Here is a list of the outgoing risk elements.

Risk Category	Most frequent risks	Other risks
No risks	11	0
Hazards of the trade	8	0
Electrical risks	2	0
Mechanical risks	5	0
Hydraulic risks	2	0

Observations

OHS procedures compliance was part of the observation list. Here's how they are respected. This list shows that some procedure are not respected.

Procedure	Respected	Not respected
Lock out	2	1
Using the right tool	5	2
Security perimeter	1	1
Other OHS concerns	6	1

Documentation

Documentation about OHS committee, prevention plan, accident reports was consulted to complete missing data. Here is the Bird Pyramid⁶ data of the 88 registered incidents which shows a lack of minor incidents declaration.




0	Mortal accident
2	Accident with serious injuries
75	Accident with minor injuries
10	Incident without injuries (near miss)

Conclusion

In accordance to the results shown in orange in the previous section, this exploratory study shows that most attention must be put on **hazards of the trade** and **mechanical risks** in the maintenance department implementation process. Some attention must be put on **procedures compliance** to achieve the best results and also on **incident without injuries declaration** for this company.

References

1. Laloux, G. (2009). *Management de la maintenance selon ISO 9001*. 2008 AFNOR éditions.
2. Stevenson, W. J., Benedetti, C., & Youssef, Y. A. (2012). *La gestion des opérations, produits et services*. Chandernagore: McGraw-Hill.
3. Liker, J. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. *McGraw-Hill*. Retrieved November, 6, 2011.
4. Zimolong, B., & Elke, G. (2008). Occupational health and safety management. *Handbook of human factors and ergonomics*, 673-707.
5. Lescuré, E., Nadeau, S., & Morency, F. (2015). PME et SST: Quand la résilience est un mobile d'affaires.
6. Bakuch, N., Abdullah, C. S., & Moharar, S. (2012). TPM and lean maintenance—A critical review. *International Journal of Contemporary Research in Business*, 4(2), 650-657.
7. Lind, S. (2008). Types and sources of fatal and severe non-fatal accidents in industrial maintenance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11-12), 927-933.
8. Hasle, P. (2014). Lean production—an evaluation of the possibilities for an employee-responsive lean practice. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 24(1), 40-53.

Acknowledgments: NSERC, ÉTS and AQHSST

Images: <http://www.freepeople.com>

Figure A.4.2 Affiche évaluée par les pairs présentée au congrès annuel de l'ICOH 2018



Le génie pour l'industrie

ANNEXE IV

QUESTIONNAIRE D'ENTREVUES SEMI-DIRIGÉES

Développement d'une méthodologie de conception et d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST

Cette entrevue permettra d'évaluer votre perception de la maintenance effectuée sur les équipements de votre entreprise et sur la santé et sécurité du travail des interventions de maintenance, ainsi que votre implication dans les processus d'amélioration continue. Elle est séparée en trois volets portant sur ces points respectifs.

Ce questionnaire doit-être rempli par Sébastien Coutu, étudiant au M.Sc.A., pour assurer l'anonymat du participant.

Vous pouvez mettre fin à l'entrevue en tout moment sans justification.

Section 1 : Questions générales

Fonction :

- Opérateur
- Mécanicien
- Gestionnaire

Ancienneté du participant au sein de l'entreprise:

- 0-1 ans
- 1-5 ans
- 5-10 ans
- 10-20 ans
- 20 ans et plus

Quelle est votre formation ?

Avez-vous une formation ou une expérience spécifique en SST? Détaillez SVP.

Section 2 : Maintenance des équipements

2.1 - Trouvez-vous que les équipements fonctionnent bien en général ?

- En accord Neutre En désaccord

Veillez détailler votre réponse.

2.2 - Trouvez-vous que les équipements de votre entreprise ont une bonne fiabilité ?

- En accord Neutre En désaccord

Veillez détailler votre réponse.

2.3 - Certains équipements brisent-ils plus souvent que d'autres ?

- En accord Neutre En désaccord

Veillez détailler si possible. (Bris récurrents ? Quels équipements ? Quelles composantes ?
Quelle fréquence ? Autres détails ?)

2.4 - Les bris récurrents, s'ils sont présents, ont-ils des conséquences importantes (pertes de production, risques SST, autres) ?

- En accord Neutre En désaccord

Veillez détailler votre réponse.



Le génie pour l'industrie

2.5 - Trouvez-vous qu'une maintenance adéquate est effectuée aux équipements de votre entreprise ?

- En accord Neutre En désaccord

Veillez détailler votre réponse.

2.6 - Croyez-vous que l'implantation d'un département de maintenance serait une bonne idée ?

- En accord Neutre En désaccord

Pourquoi ?

2.7 - Les opérateurs font-ils une partie de la maintenance sur leurs équipements ?

- En accord Neutre En désaccord

Laquelle ?

2.8 - Qui est responsable de l'état des équipements ?

- Opérateur Mécanicien Direction

Veillez détailler votre réponse.

Section 3 : Santé et sécurité au travail

3.1 - Beaucoup d'efforts sont-ils faits en matière de SST dans votre entreprise ?

- En accord Neutre En désaccord

Veuillez détailler votre réponse.

3.2 - Trouvez-vous qu'il y a des risques associés à la maintenance des équipements de votre entreprise ?

- En accord Neutre En désaccord

Lesquels ?

3.3 - Craignez-vous certaines blessures en lien avec l'entretien de vos équipements ?

- En accord Neutre En désaccord

Lesquelles ?

3.4 - Selon-vous, votre entreprise dispose-t-elle d'un comité SST ?

- Oui Non Ne sait pas

3.41 - Quelle est sa composition ?

3.42 - Quelles sont ses activités ?



Le génie pour l'industrie

3.5 - Trouvez-vous que les procédures de SST (cadenassage, par exemple) sont bien respectées ?

En accord

Neutre

En désaccord

Veillez détailler votre réponse.

3.6 - Croyez-vous que tous les incidents / accidents / maladies professionnelles (de n'importe quelle gravité) sont déclarés dans votre entreprise ?

En accord

Neutre

En désaccord

Veillez détailler votre réponse.

Section 4 : Amélioration continue

4.1 - Connaissez-vous la notion Lean ou amélioration continue ?

- En accord Neutre En désaccord

Veillez détailler votre réponse.

4.2 - Votre entreprise vous a-t-elle consulté(e) pour vous impliquer dans le processus d'amélioration continue ?

- En accord Neutre En désaccord

Veillez détailler votre réponse.

4.3 - Aimerez-vous jouer un rôle plus important dans le processus d'amélioration continue ?

- En accord Neutre En désaccord

Si en accord, en quoi croyez-vous que votre implication pourrait améliorer le processus d'amélioration continue ?

4.4 - Votre département utilise-t-il certains outils du Lean (par exemple, ateliers Kaizen, approche 5S ou autres) ?

- En accord Neutre En désaccord

Si en accord, veuillez donner des exemples.



Le génie pour l'industrie

4.5 - Si en accord, ces éléments auraient-ils un effet sur votre SST qui serait positif ou négatif ?

En accord

Neutre

En désaccord

Lequel, selon vous?

4.6 - Sentez-vous que l'implantation du Lean est centrée sur le respect de la personne ?

En accord

Neutre

En désaccord

Veillez détailler votre réponse.



Le génie pour l'industrie

ANNEXE V

FICHE D'OBSERVATION

Développement d'une méthodologie de conception et d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la SST

Ces observations permettront d'évaluer la composition de votre travail, l'efficacité des procédures de santé et sécurité au travail (SST) que vous mettez en œuvre, la qualité des interventions de maintenance ainsi que votre appréciation générale des tâches de maintenance qui vous sont attribuées.

Cette fiche d'observation doit-être remplie par Sébastien Coutu, étudiant au M.Sc.A., pour assurer l'anonymat du participant.

Vous pouvez mettre fin à l'observation en tout moment sans justification.

Tâche de maintenance attribuée :

- Correctif Préventif Conditionnel

Autres commentaires :

Réaction du participant à l'appel de cette tâche selon la perception de l'observateur :

- Engouement
 Appréhension
 Surprise
 « C'est un bris récurrent »
 Neutre
 Autre

Autres commentaires :

Durée de la tâche : _____

Comment le participant organise-t-il son travail :

1- Avant l'intervention

- Diagnostique
- Préparation des pièces
- Préparation des outils
- Élaboration d'un plan de travail
- Prise en considération de la SST

Autres commentaires :

2- Durant l'intervention

- Procédure de cadenassage (si nécessaire)
- Utilisation d'outils appropriés et en bon état
- Périmètre de sécurité (si nécessaire)
- Suivi du plan de travail
- Réaction efficace aux imprévus

Autres commentaires :

3- Après l'intervention

- Remise en marche avec l'opérateur
- Nettoyage de la zone
- Double vérification
- Rapport d'intervention

Autres commentaires :

ANNEXE VI

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE L'ÉTS



Comité d'éthique de la recherche
École de technologie supérieure

Date : 28 juin 2017

H20170404

Nouvelle

OBJET : **Titre du projet :** Développement d'une méthodologie de conception et d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la santé et sécurité au travail (SST)

Responsable du projet : Sylvie Nadeau

Décision : APPROBATION FINALE

Madame Nadeau,

Les modifications et précisions demandées par le CÉR dans sa lettre du 15 juin 2017 ayant été apportées adéquatement, **votre projet peut aller de l'avant.**

Une copie du formulaire d'information et de consentement approuvé par le CÉR est jointe à la présente lettre (version 28 juin 2017). Veillez utiliser cette version du formulaire durant le recrutement des participants.

L'approbation éthique de votre projet n'est valable que pour une année. Vous devrez donc annuellement demander le renouvellement de l'approbation au Comité, sans quoi le projet sera considéré comme terminé. Dans la perspective où il devait être terminé, vous devrez fournir un rapport final suivant le modèle disponible sur la page Internet de l'ÉTS. Ce rapport est attendu pour le 31 décembre 2018.

Veillez agréer, Madame Nadeau, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

DATE DE FIN DE L'APPROBATION

28 juin 2018

Laurence Marck
Coordonnatrice
Comité d'éthique de la recherche

RAPPORT FINAL ATTENDU

31 décembre 2018

c.c. : Sylvain G. Cloutier, Directeur DAPRP
 Paul Gervais, Président du CÉR

ANNEXE VII

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE L'UQAT



Le 3 juillet 2017

Madame Laurence Marck
Coordonnatrice
Comité d'éthique de la recherche
École de Technologie Supérieure

Objet : Réception de documents dans le cadre de l'Entente pour la reconnaissance des certificats d'éthique des projets de recherche à risque minimal

No de référence : H20170404

Projet intitulé : Développement d'une méthodologie de conception et d'implantation d'un département de maintenance Lean centré sur la santé et sécurité au travail (SST)

Chercheur principal : Pre Sylvie Nadeau, ÉTS en génie mécanique

Cochercheur UQAT : Pr Barthélemy Ateме-Nguema, département sciences de la gestion, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Madame,

Le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAT (CÉR-UQAT) accuse réception des documents qui nous ont été transmis par le CÉR de l'École de Technologie Supérieure en date du 28 juin 2017 pour le projet cité en rubrique.

En vertu de l'Entente pour la reconnaissance des certificats d'éthique des projets de recherche à risque minimal, le CÉR-UQAT a pris connaissance de la décision du CÉR de l'ÉTS et accepte la décision émise par celui-ci.

Je vous prie de recevoir, Madame, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Maryse Delisle
Conseillère en gestion de la recherche
Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains

MD/jc

c. c. Mme Sylvie Nadeau, ÉTS
M Bartélemy Ateме-Nguema, UQAT

Pour toute question : cer@uqat.ca

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdoulaye, B. (2010). *L'intégration des stratégies de maintenance à la gestion des opérations des systèmes manufacturiers*. Mémoire de maîtrise électronique. École de Technologie Supérieure, Montréal.
- Aromaa, S., Vääänen, A., Aaltonen, I., & Heimonen, T. (2015). *A model for gathering and sharing knowledge in maintenance work*. Paper presented at the Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics 2015.
- Association, C. S. (2012). *CSA Standard Z1004-12, Workplace Ergonomics—A Management and Implementation Standard* : Mississauga, ON: CSA.
- Babson, S. (1993). Lean or mean: The MIT model and lean production at Mazda. *Lab. Stud. J.*, 18, 3.
- Baluch, N., Abdullah, C. S., & Mohtar, S. (2012). TPM and lean maintenance—A critical review. *interdisciplinary journal of contemporary research in business*, 4(2), 850-857.
- Barabady, J., & Kumar, U. (2008). Reliability analysis of mining equipment: A case study of a crushing plant at Jajarm Bauxite Mine in Iran. *Reliability engineering & system safety*, 93(4), 647-653.
- Beaulieu-Paré, N. (2011). *Une méthode pour l'implantation et le maintien du Lean dans les entreprises manufacturières québécoises*. École de technologie supérieure.
- Bird, F. E., & Germain, G. L. (1996). *Practical loss control leadership* : Det Norske Veritas (USA).
- Blackburn, C., & Tétreault, S. (2011). *Gestionnaire, un métier à découvrir* (Vol. 1): Éditions BLACKBURN TÉTREAU.
- Bruère, S. (2013). Les liens entre le système de production lean manufacturing et la santé au travail: une recension de la littérature. *Revue multidisciplinaire sur l'emploi, le syndicalisme et le travail*, 8(1), 21-49.
- CNESST. (2018). http://www.csst.qc.ca/lois_reglements_normes_politiques/Pages/lois_reglements_correspondants.aspx.
- Desjardins-David, I., & Arteau, J. (2009). Méthodologie d'analyse des solutions SST pour convaincre les différents intervenants. *Revue Internationale sur l'Ingénierie des Risques Industriels*, 2(1).
- Dhillon, B. S. (2003). *Engineering safety: fundamentals, techniques, and applications* (Vol. 1): World Scientific Publishing Co Inc.

- Emami-Mehrgani, B., Nadeau, S., & Kenné, J.-P. (2014). Optimal lockout/tagout, preventive maintenance, human error and production policies of manufacturing systems with passive redundancy. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 20(4), 453-470.
- Emami-Mehrgani, B., Neumann, W. P., Nadeau, S., & Bazrafshan, M. (2016). Considering human error in optimizing production and corrective and preventive maintenance policies for manufacturing systems. *Applied Mathematical Modelling*, 40(3), 2056-2074.
- Flynn, J. R., & Vlok, P. (2015). Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry *9th WCEAM Research Papers* (pp. 101-118): Springer.
- Hancock, D. R., & Algozzine, B. (2016). *Doing case study research: A practical guide for beginning researchers* : Teachers College Press.
- Hasle, P. (2014). Lean production—an evaluation of the possibilities for an employee supportive lean practice. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 24(1), 40-53.
- Helman, J. (2012). Analysis of the potentials of adapting elements of Lean methodology to the unstable conditions in the mining industry. *AGH Journal of Mining and Geoengineering*, 36(3), 151-157.
- Jarebrant, C., Winkel, J., Johansson Hanse, J., Mathiassen, S. E., & Öjmertz, B. (2016). ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26(2), 191-204. doi:10.1002/hfm.20622
- Jogulu, U. D., & Pansiri, J. (2011). Mixed methods: A research design for management doctoral dissertations. *Management research review*, 34(6), 687-701.
- Julien, B. (2006). *Modélisation des meilleures pratiques pour l'évaluation des entreprises*. École de technologie supérieure.
- Kyriakidis, E., & Dimitrakos, T. D. (2006). Optimal preventive maintenance of a production system with an intermediate buffer. *European journal of operational research*, 168(1), 86-99.
- Laloux, G. (2009). *Management de la maintenance selon l'ISO 9001: 2008* : AFNOR éditions.
- Landsbergis, P. A., Adler, P. S., Babson, S., Johnson, J., Kaminski, M., Lessin, N., . . . Richardson, C. (1999). Lean production and worker health: A discussion. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 8(4), 499-523.
- Lescure, E., Nadeau, S., & Morency, F. (2015). PME et SST: Quand la résilience est un modèle d'affaires.
- Liker, J. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. *McGraw-Hill*. Retrieved November, 6, 2011.

- Lind, S. (2008). Types and sources of fatal and severe non-fatal accidents in industrial maintenance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11–12), 927-933.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193-203. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6)
- Longoni, A., Pagell, M., Johnston, D., & Veltri, A. (2013). When does lean hurt?—an exploration of lean practices and worker health and safety outcomes. *International Journal of Production Research*, 51(11), 3300-3320.
- Manirabona, A. (2010). La négligence criminelle en milieu de travail: pour une application cohérente des nouvelles dispositions du Code criminel. *Revue générale de droit*, 40(2), 467-504.
- Marlow, S., & Patton, D. (2002). Minding the gap between employers and employees: the challenge for owner-managers of smaller manufacturing firms. *Employee Relations*, 24(5), 523-539.
- Micheli, G. J., & Cagno, E. (2010). Dealing with SMEs as a whole in OHS issues: warnings from empirical evidence. *Safety Science*, 48(6), 729-733.
- Nadeau, S., & Morency, F. (2018). De-icing of aircraft: incorporating business risks and occupational health and safety. *Disaster Management*, 151.
- Nadeau, S., Morency, F., & Nsangou, J. (2015). Le lean mining et les défis associés à la SST.
- Papic, L., & Kovacevic, S. (2016, 15-18 Feb. 2016). *Human Factor in Mining Machines Maintenance Operations*. Paper presented at the 2016 Second International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO).
- Paques, J.-J., Bourbonnière, R., Daigle, R., Duchesne, D., Trudel, C., Villeneuve, J., . . . Schreiber, L. (2004). Sécurité des machines : Phénomènes dangereux, situations dangereuses, événements dangereux, dommages. In C. d. l. s. e. d. l. s. d. t. d. Québec (Ed.).
- Parker, S. K. (2003). Longitudinal effects of lean production on employee outcomes and the mediating role of work characteristics. *Journal of applied psychology*, 88(4), 620.
- Patton, M. Q. (2005). *Qualitative research* : Wiley Online Library.
- Québec, G. d. (1979). Loi sur la santé et la sécurité du travail. *LRQ chap. S—2.1, art*, 40-48.
- Québec, G. d. (1983). Règlement sur les comités de santé et de sécurité du travail. *Gazette officielle du Québec, Partie*.
- Québec, G. d. (1985). Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (LATMP). *Québec, ed. Vol LRQ, c. A-3.001. Québec: QC: Éditeur officiel du Québec*.

- Québec, G. d. (2001). Règlement sur la santé et la sécurité du travail. *Gazette officielle du Québec, Partie, 2*, 5020-5133.
- Reason, J. (1997). Managing the risks of organizational accidents. *Hampshire (England): Ashgate Publishing*.
- Reason, J., & Hobbs, A. (2003). *Managing maintenance error: a practical guide* : JSTOR.
- Sakouhi, A. (2014). *Pour une meilleure intégration de la santé et la sécurité du travail au lean manufacturing*. École de technologie supérieure.
- Sakouhi, A., & Nadeau, S. (2016). Integration of occupational health and safety into lean manufacturing: Quebec aeronautics case study. *American Journal of Industrial and Business Management*, 6(11), 1019.
- Särndal, C., Swensson, B., & Wretman, J. (1992). Model assisted survey sampling.
- Saurin, T. A., & Ferreira, C. F. (2009). The impacts of lean production on working conditions: A case study of a harvester assembly line in Brazil. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 403-412.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805.
- Shimbu, N. K. (1989). *Poka-yoke: Improving product quality by preventing defects* : CRC Press.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share* : Butterworth-Heinemann.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. *Harvard business review*, 77, 96-108.
- Stevenson, W. J., Benedetti, C., & Youssef, Y. A. (2012). *La gestion des opérations: produits et services* : Chenelière McGraw-Hill.
- Summers, A. E. (1998). Techniques for assigning a target safety integrity level. *ISA transactions*, 37(2), 95-104.
- Suryani, A. (2013). Comparing case study and ethnography as qualitative research approaches. *Jurnal Ilmu Komunikasi*, 5(1).
- Tapping, D., Luyster, T., & Shulzer, T. (2003). Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping and Sustaining Lean Improvements. *Journal for Healthcare Quality*, 25(6), 47.
- Westerkamp, T. A. (2013). *Maintenance Manager's Standard Manual (5th Edition)* : BNI Building News.
- Williams, H. (1958). Reliability evaluation of the human component in man-machine systems. *Electrical Manufacturing*, 61(4).
- Williamson, R. (2000). TPM: An often misunderstood equipment improvement strategy. *Maintenance Technology Magazine online*, 13(4).

- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard business review*, 74(5), 140-&.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world* : Simon and Schuster.
- Womack, S. K., Armstrong, T. J., & Liker, J. K. (2009). Lean job design and musculoskeletal disorder risk: A two plant comparison. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 19(4), 279-293.
- Yang, C. C., & Yang, K. J. (2013). An integrated model of the Toyota production system with total quality management and people factors. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 23(5), 450-461.
- Yin, R. K. (2009). Case study research: Design and methods fourth edition. *Los Angeles and London: SAGE*.
- Yun, C., Chung, T., Yu, C., Chung, C., Ming, Z., & Xin, S. (2004). *Application of reliability-centered stochastic approach and FMECA to conditional maintenance of electric power plants in China*. Paper presented at the Electric Utility Deregulation, Restructuring and Power Technologies, 2004.(DRPT 2004). Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on.

