

É

Sécurité des outils, des machines et des procédés industriels

Études et recherches

RAPPORT R-578



La maintenance

État de la connaissance et étude exploratoire

*Laurent Giraud
Daoud Ait-Kadi
Élise Ledoux
Joseph-Jean Paques
Sébastien Tanchoux*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

Mission *travaillent pour vous !*

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour.

De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2008

ISBN : 978-2-89631-298-6 (version imprimée)

ISBN : 978-2-89631-299-3 (PDF)

ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
septembre 2008



Sécurité des outils, des machines et des procédés industriels

Études et recherches

■ RAPPORT R-578

La maintenance

État de la connaissance et étude exploratoire

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Laurent Giraud¹, Daoud Ait-Kadi², Élise Ledoux¹,
Joseph-Jean Paques³ et Sébastien Tanchoux²*

¹Service de la recherche, IRSST

²Département de génie mécanique, Université Laval

³IRSST

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSS

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Cet état de connaissance et étude préliminaire porte sur les liens entre la maintenance et la santé-sécurité au travail. Elle vise à faire le point sur les liens entre la fonction maintenance dans les entreprises et la sécurité au travail. Une recension des écrits jusqu'en 2005, appuyée par une analyse des accidents graves et mortels survenus au Québec entre les années 1990 et 2001 et des visites en entreprises ont servis de base à l'étude.

L'analyse des résultats nous indique que les liens théoriques et analytiques entre maintenance et SST sont faibles. Les écrits de maintenance n'abordent que peu la dimension SST et vice-versa. Par ailleurs, peu d'études portent sur la santé et la sécurité du personnel de maintenance, bien que certaines soient très intéressantes. L'analyse des accidents graves et mortels survenus au Québec au cours de la période étudiée nous indique que l'efficacité du cadenassage, qui est l'une des méthodes de base, n'est pas optimale. D'autre part, la recension des écrits nous indique que les espaces clos sont une source très importante de décès dans les interventions de maintenance.

Cette étude préliminaire introduit aussi dans sa dernière partie une programmation de recherche à moyen terme sur la maintenance, programmation qui est en lien aussi avec celle sur le cadenassage, afin de réduire le nombre d'accidents chez le personnel de maintenance.

REMERCIEMENTS

Cet état de connaissance et étude exploratoire sur la maintenance n'aurait pu voir le jour sans l'apport précieux et généreux d'un grand nombre de personnes et d'entreprises qui nous ont aidés, supportés, conseillés, orientés ou ouvert leurs portes afin de nous permettre d'effectuer cette analyse.

Nous citerons dans le désordre, Amélie Matton, stagiaire, qui la première a travaillé sur le recueil des rapports d'accidents et a effectué les premières analyses de données; Sébastien Tanchoux, ex-étudiant à la maîtrise en génie mécanique, qui a effectué sa recherche sur un sujet particulier de ce rapport : le cadénassage; la CSST et son centre de documentation qui nous ont permis de disposer des rapports plus rapidement que prévu; le Bureau du coroner à Québec qui nous a ouvert ses portes pour recueillir quelques rapports non traités par la CSST; toutes les entreprises visitées spécifiquement pour cette étude ou lors d'autres études, visites qui sont toujours riches en enseignements et sources de réflexion à plus long terme, et finalement les collègues de l'IRSST, toutes équipes confondues – Sécurité-ergonomie, Organisation du travail et Sécurité-ingénierie, qui nous ont supportés tout au long de la rédaction.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. INTRODUCTION	1
2. PROBLÉMATIQUE.....	3
3. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	7
4. RÉSULTATS	9
4.1 Recension d'écrits.....	9
4.1.1 Des chiffres évocateurs et inquiétants.....	9
4.1.2 La maintenance et la SST	11
4.1.3 La maintenance	13
4.1.4 Cadre général des interventions de maintenance	14
4.1.4.1 Nature de l'intervention	14
4.1.4.2 Les niveaux de maintenance	14
4.2 Analyse des accidents graves et mortels au Québec.....	16
5. LES ÉTUDES DE CAS	23
5.1 Le cadenassage ou consignation	23
5.1.1 Les grandes étapes du cadenassage.....	23
5.1.2 Le règlement au Québec sur le cadenassage.....	24
5.1.3 Les liens entre le cadenassage et la sécurité	25
5.1.4 Les alternatives possibles au cadenassage	29
5.2 La conception des machines et la maintenabilité.....	29
5.2.1 Les objectifs de la maintenabilité	30
5.2.2 Liens entre maintenabilité et sécurité	31
5.3 Les espaces clos	33
5.4 Prise en compte des exigences de maintenance lors de la conception des machines – Le cas des convoyeurs à courroie	35
6. PROPOSITIONS DE RECHERCHE	37
6.1 Analyse des liens entre la maintenance et la SST.....	37
6.1.1 Problématique 37	
6.1.2 Objectifs et résultats.....	38
6.2 Protection du personnel lors des interventions de maintenance de courte durée.....	39
6.2.1 Objectifs et résultats.....	39
6.3 Intégration des exigences de maintenance lors de la conception des machines	39
6.3.1 Objectifs et résultats.....	40
7. CONCLUSION.....	41
8. RÉFÉRENCES	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Activités des travailleurs blessés mortellement par des machines et des équipements fixes en Australie de 1989 à 1992.....	10
Figure 2 : Nombre d'accidents mortels selon le secteur d'activité 1990-2001.....	18
Figure 3 : Activité de maintenance lors de l'accident.....	20
Figure 4 : Nature de l'accident lors de l'intervention de maintenance.	20
Figure 5 : Expérience et ancienneté lors de l'accident.	21
Figure 6 : Titre d'emploi du travailleur accidenté.	22
Figure 7 : Démarche de gestion du risque.	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Définition des niveaux de maintenance.	15
Tableau 2 : Répartition des décès, des rapports d'enquête disponibles et des rapports relatifs à une activité de maintenance au Québec entre 1990 et 2001.	17
Tableau 3 : Comparaison du nombre d'accidents mortels par rapport à la population active par secteur économique et par rapport aux indicateurs de SST.	19
Tableau 4 : Les trois grandes étapes du cadenassage.	24
Tableau 5 : Liens entre les objectifs de maintenabilité et les critères de maintenabilité.	32
Tableau 6 : Raisons de l'entrée dans les espaces clos.	34

1. INTRODUCTION

Les activités de maintenance sont une réalité dans l'ensemble des entreprises de tous les secteurs économiques (industries primaires et secondaires, agriculture, prestation de service, etc.) au même titre que les activités de production. L'objectif premier de la production est de produire le plus possible et le plus longtemps possible alors que l'objectif de la maintenance est de garantir la disponibilité maximale de l'outil de production, ce qui nécessite obligatoirement son arrêt pendant un temps donné pour y intervenir.

Il est raisonnable de penser qu'une grande partie des actions en santé et sécurité du travail a été orientée, avec succès, en direction du personnel de production compte tenu du nombre de travailleurs impliqués et des risques encourus. Cependant, peu de travaux ont été dédiés à la protection du personnel de maintenance lors de leurs interventions, hormis le cadenassage. Peu d'auteurs en santé et sécurité du travail et en maintenance font le lien entre maintenance et santé et sécurité au travail, même si intuitivement il semble logique que ce métier soit plus risqué que celui des opérateurs de machine. En effet, l'opérateur de la machine reste la majorité du temps en dehors des zones dangereuses de la machine alors que l'intervenant de maintenance doit souvent rentrer dans les zones dangereuses pour y effectuer ses interventions. Les résultats de cette étude exploratoire, dont une analyse des accidents graves et mortels survenus au Québec entre 1990 et 2001, montrent que la sécurité des intervenants de maintenance n'est pas totalement assurée actuellement.

La sécurité des interventions de maintenance est fortement liée à trois facteurs. Premièrement, elle dépend du matériel (les machines) qui doit être entretenu et de la configuration de l'espace qui entoure le matériel. La conception des machines est donc une étape importante de cette problématique. La disposition des machines l'est tout autant car l'accessibilité, tant du personnel que des pièces de rechange, y est étroitement liée. Deuxièmement, le personnel de maintenance est aussi un des facteurs. Ce personnel doit être adéquatement formé, doit connaître suffisamment la machine en cause et doit être bien outillé. Finalement, il ne faut pas négliger l'organisation de l'entreprise. Des interventions de maintenance préventive ou de maintenance prédictive (donc planifiées) sont rarement réalisées avec une pression temporelle forte alors que les interventions de maintenance correctives (non planifiées par définition) ont de fortes chances de l'être, surtout si la machine en cause est vitale pour la production.

Ce rapport fait le point sur une activité exploratoire qui avait pour objectifs de déterminer s'il existait des liens entre les activités de maintenance et la santé sécurité au travail, de faire le portrait rapide de la maintenance, de recenser les écrits relatifs à la maintenance et la SST et de fournir des pistes de solution par le biais d'une programmation thématique de recherche. Nous allons en premier détailler la méthodologie qui a été suivie, puis nous donnerons dans l'ordre les résultats de la recension des écrits et les résultats de notre analyse des accidents graves et mortels survenus au Québec.

Nous détaillerons ensuite plus spécifiquement quatre points : le cadenassage, la conception des machines, les espaces clos ainsi que les convoyeurs à courroie. Les deux premiers points seront étudiés car ce sont des pistes de prévention des accidents, pistes connues depuis fort longtemps, mais qui semblent peu ou mal appliquées à la vue du nombre d'accidents avec des machines. Les

deux derniers points sont quant à eux des exemples très instructifs d'interventions dangereuses ou de machines universellement utilisées dans les entreprises.

Le cadenassage est depuis longtemps utilisé pour protéger les intervenants de maintenance en contrôlant les différentes sources d'énergie présentes sur le lieu de travail des intervenants de maintenance [ED 754]. De plus, ce moyen de protection est le principal moyen cité par le Règlement sur la santé et la sécurité du travail au Québec (RSST, article 185) [RSST] :

Avant d'entreprendre tout travail de maintenance, de réparation ou de déblocage dans la zone dangereuse d'une machine, les mesures de sécurité suivantes doivent être prises, sous réserve des dispositions de l'article 186 :

1° la mise en position d'arrêt du dispositif de commande de la machine;

2° l'arrêt complet de la machine;

3° le cadenassage, par chaque personne exposée au danger, de toutes les sources d'énergie de la machine, de manière à éviter toute mise en marche accidentelle de la machine pendant la durée des travaux. »

La conception des machines, quant à elle, a un impact majeur sur les interventions de maintenance qui seront effectuées par la suite [Christensen 1999, ISO 12100-1:2003]. Ne pas tenir compte des besoins et exigences des futures interventions de maintenance lors de la conception engendrera tôt ou tard des situations dangereuses qui auraient pu être évitées lors de la conception, et ce, à moindre coût. Il est par exemple admis dans la norme ISO 12400-1 que si un phénomène dangereux est présent sur une machine et qu'aucun moyen de prévention n'est appliqué, ce phénomène dangereux entraînera tôt ou tard un dommage. De même, il est clairement explicité que les mesures de prévention prises au stade de la conception sont préférables à celles mises en œuvre par l'utilisateur (ISO 12100-1 :2003, chapitre 5.1.2).

Le cas des espaces clos, espaces qui ne sont pas conçus pour recevoir des personnes, compte tenu de leur géométrie, de la température, de leur ventilation ou de la concentration importante de gaz, et dans lesquels les intervenants de maintenance vont rentrer occasionnellement pour y effectuer des interventions va ensuite être détaillé. Et nous allons nous apercevoir que les décès sont nombreux dans ces espaces clos [NIOSH 1994]. Pour protéger les travailleurs qui doivent y rentrer, de nombreuses procédures ou permis d'entrée sont utilisés. Nous y retrouvons là un cas très semblable au cadenassage.

Puis les convoyeurs à courroie seront mis de l'avant à titre d'exemple, car ces machines sont universellement utilisées dans les industries et entreprises et elles viennent d'être le sujet de recherches à l'IRSST [Giraud 2004, Massé 2004].

Enfin, les propositions de programmation thématique sur la maintenance seront détaillées, propositions qui permettront de combler certaines lacunes identifiées au cours de la recherche ou qui permettront de générer de nouvelles solutions à des problèmes identifiés. Une conclusion parachèvera le tout.

2. PROBLÉMATIQUE

Les activités de maintenance sont une réalité dans toutes les entreprises de tous les secteurs économiques (industries primaires et secondaires, agriculture, prestation de service...), au même titre que les activités de production. Ces deux activités ont toutes deux pour objet les machines, même si leur finalité d'action sur ces dernières sont très différentes, voire opposées dans certains cas. L'objectif premier de l'activité de production est de produire le plus possible, le plus longtemps possible tout en respectant les objectifs de qualité, alors que l'objectif de la maintenance est de garantir la disponibilité maximale de l'outil de production. Cet objectif nécessite obligatoirement l'arrêt de la production pendant un temps donné.

Les interventions de maintenance sont à la croisée de plusieurs chemins. Elles sont fonction du matériel qui doit être entretenu et de la configuration de l'espace qui les entoure. La conception des machines est donc une étape importante pour que, subséquentement, les interventions puissent se réaliser en toute sécurité. La disposition des machines l'est tout autant, car l'accessibilité, tant du personnel que des pièces de rechange, en est très fortement tributaire. D'autre part, elles sont fonction également du personnel de maintenance qui va les effectuer. Ce dernier doit être adéquatement formé, connaître suffisamment la machine en cause et être outillé adéquatement. Enfin, elles dépendent également de l'organisation du travail. Des interventions de maintenance préventive ou de maintenance prédictive sont rarement réalisées avec une pression temporelle forte car elles sont planifiées, alors que les interventions de maintenance correctives ont de fortes chances de l'être, surtout si les pannes ou dysfonctionnements n'ont pas été prévus dans les plans de production ou que l'équipement en cause est un maillon incontournable pour la production.

La maintenance est définie comme étant « l'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 » [EN 13306]. Les opérations de dépannage, graissage, réparation, d'amélioration ainsi que les visites constituent des tâches de maintenance qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Cette fonction maintenance est une fonction transversale de l'entreprise, au même titre que les fonctions qualité, sécurité, ressources humaines, etc. [Francastel 2005].

Selon Francastel [Francastel 2005], les interventions de maintenance peuvent être classées en trois grandes catégories que sont la maintenance corrective, la maintenance préventive et la maintenance améliorative. Les opérations de maintenance les plus fréquentes sont les opérations de maintenance corrective, donc effectuées après défaillance, ou des opérations de maintenance préventive, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Actuellement, la pratique majoritaire dans l'industrie est la maintenance corrective. Cependant, elle tend à diminuer au fil des ans [Boucly 1998]. Elle consiste à utiliser l'équipement jusqu'à la défaillance imprévue, qui peut être brutale (rupture, explosion, etc.), ce qui entraîne une planification très difficile des actions correctives et un travail souvent dans l'urgence. Parler de maintenance corrective signifie que l'on entretient l'équipement seulement après la panne. Ce choix de politique de maintenance peut être dicté par le type de matériel utilisé ou par une

décision de la direction. Pour cela, il faut que l'entreprise ou le procédé de fabrication puisse tolérer les pannes (qui sont souvent de nature aléatoire) et les incertitudes liées à la remise en l'état des machines. Ce type de maintenance va aussi entraîner plus de contraintes temporelles pour les intervenants qui ne peuvent anticiper les tâches à réaliser.

Inversement, la maintenance préventive consiste en des révisions ou des interventions plus ou moins périodiques sur l'équipement, dans le but de réduire la probabilité de défaillance. Ces actions sont donc définies et préparées à l'avance, ce qui n'est pas possible dans le cas du correctif. De fait, ce type de maintenance permet de réduire le nombre de pannes et est plus adapté aux procédés de fabrication qui ne tolèrent pas les arrêts ou qui ont besoin d'une disponibilité maximale. Choisir une politique de maintenance basée sur la maintenance préventive ne dispense pas de faire de la maintenance corrective, car des défaillances surviendront toujours, mais moins souvent qu'avec une politique de maintenance corrective. La maintenance préventive peut ensuite se scinder en plusieurs catégories : la maintenance systématique ou la maintenance conditionnelle selon les critères qui sont retenus pour planifier les interventions de maintenance.

Enfin, la maintenance améliorative consiste à modifier l'équipement afin qu'il réponde aux exigences demandées en termes de fiabilité et de disponibilité. Pour cela, il peut être nécessaire de modifier des pièces, de rajouter des composants ou au contraire d'en retirer. Cette maintenance améliorative ne peut être faite que sur des machines dont l'historique est connu et sur lesquelles les données sont disponibles. Elle nécessite des ressources et des moyens importants de la part de l'entreprise, mais les résultats et les retombées des améliorations peuvent grandement contribuer à réduire les interventions de maintenance et à augmenter la productivité de l'entreprise.

Le personnel de maintenance représente en général 4 à 8 % de la main-d'œuvre totale, mais cette proportion peut monter, dans le cas de certaines industries fortement automatisées (sidérurgie, cimenteries, industrie pétrolière...), à près de 40 % de l'effectif total [Boucly 1987]. Malgré la faible importance de l'effectif, il n'en demeure pas moins que les activités de maintenance sont identifiées comme critiques et que leurs conséquences peuvent être préjudiciables pour la sécurité de tous les opérateurs tant de maintenance que de production [CSST 2000]. Au Québec, la main-d'œuvre dans les industries (PME et grandes entreprises) compte 380 000 personnes, ce qui peut se traduire par environ 22 800 personnes affectées à la maintenance (6 % de la main-d'œuvre), sans compter les entreprises de service, de transport et d'entreposage (162 800 personnes). Au Québec, le nombre de personnes affectées à la maintenance peut donc être estimé rapidement à environ 29 000, ce qui est loin d'être négligeable.

Il n'existe pas de connaissances particulières sur les accidents liés à l'activité de maintenance, mais de nombreuses sources bibliographiques estiment que ces accidents sont graves et il n'est pas rare qu'ils puissent conduire au décès du travailleur (cf. exemples tirés du fil de presse de la CSST). L'IRSST et l'INRS (France) ont estimé dans des rapports de recherche antérieurs que les actions de maintenance sont tout aussi dangereuses que les actions de production [Collinge 1999].

Auparavant, seuls les employés qui faisaient partie du service de maintenance pouvaient effectuer des interventions de maintenance. Avec l'apparition de la maintenance productive totale (ou TPM en anglais), la totalité du personnel de l'entreprise peut participer à la démarche de maintenance productive [Boucly 1998]. Par ailleurs, la recherche de diminution des coûts de maintenance peut aussi entraîner l'apparition d'interventions de maintenance sous-traitées avec une externalisation du risque vers les sous-traitants [Héry 2002], car le bilan de la sous-traitance sur le plan social peut être souvent négatif tout en entraînant sur le plan technique un affaiblissement des compétences du personnel et de la sécurité [Seillan 2000].

Par ailleurs, la fonction maintenance continue à évoluer et à se transformer. Après être passées de la maintenance corrective à la maintenance préventive puis à la maintenance conditionnelle, les entreprises avancent continuellement et vont maintenant vers une prise en compte des impératifs de maintenance lors du choix des équipements nouveaux et de leur conception : c'est le concept de coût global du cycle de vie (ou LCC, Life Cycle Cost en anglais).

3. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

L'approche utilisée dans cette recherche exploratoire est une approche convergente multisources de données. Pour cela, nous avons croisé les résultats tirés d'une recension d'écrits avec une analyse des accidents graves et mortels survenus au Québec entre les années 1990 et 2001 et l'étude de quelques cas spécifiques reliés aux espaces clos et aux convoyeurs à courroie.

La première partie consiste en une recension partielle des écrits jusqu'en 2005. Cette phase a permis d'identifier, de recueillir et d'analyser la bibliographie concernant la maintenance reliée à la santé et à la sécurité du travail et englobe spécifiquement les points suivants : lien entre maintenance et exploitation; évaluation de la maintenance; maintenabilité; stratégies de maintenance (corrective, préventive, prédictive, TPM); modèles d'organisation de la maintenance (interne, sous-traitance, conjointe).

En seconde partie, une analyse de tous les accidents graves et mortels survenus entre 1990 et 2001 qui ont donné lieu à un rapport d'accident de la part de la CSST a été réalisée. Dans le rapport d'accident dépersonnalisé, nous avons accès aux circonstances de l'accident, au titre d'emploi de l'accidenté ainsi que dans certains cas à son expérience et son ancienneté dans l'entreprise. Ces données ont permis de sélectionner les rapports d'enquête liés à une activité de maintenance, telle qu'énumérée dans la norme EN 13306 [EN 13306] au chapitre « Activités de maintenance ». Dans certains cas, des opérateurs de production ont effectué des interventions de maintenance qui ont été prises en compte, mais toutes les activités normales liées à la production ont été exclues de l'étude. Finalement, pour pouvoir affirmer qu'un accident est lié à une intervention de maintenance, il faut que l'accident ait lieu lors de l'intervention ou qu'une des causes principales de l'accident soit en lien avec une intervention de maintenance réalisée précédemment (mauvais diagnostic, mauvaise réparation, erreur lors de l'intervention, etc.).

Lors de l'étude, 574 rapports d'enquête étaient disponibles pour les 1 275 accidents du travail mortels enregistrés dans la base de données de la CSST. Pour sélectionner les rapports liés à des interventions de maintenance, il a été nécessaire de lire les résumés des rapports. Dans certains cas, la lecture du résumé ne permettait pas de conclure et le rapport devait être lu pour sélectionner ou non le rapport.

Les rapports sélectionnés (157 rapports pour 163 décès et 12 blessés) ont ensuite été codifiés selon une sélection de critères classés en six catégories :

- Catégorie A – 25 variables : informations sur l'activité de maintenance (préventive, corrective, localisation, date, heure, co-activité, etc.);
- Catégorie C – 13 variables : informations socio-économiques (CAEQ, sous-traitance, employeur, etc.);
- Catégorie O – 52 variables : informations sur l'entreprise (environnement physique de travail, procédures, cadencage, machine, protection des machines, organisation du travail, etc.);
- Catégorie S – 5 variables : informations sur l'accident et ses effets sur la personne (agent causal, siège de la lésion, dommage, etc.);
- Catégorie T – 18 variables : informations sur le travailleur (nombre de personnes, âge, sexe, ancienneté, titre d'emploi, etc.);

- Catégorie Z – 2 variables : informations sur les recommandations de la CSST à l'entreprise (si existantes).

La méthodologie utilisée pour traiter les études de cas consistait en une revue de la littérature classique ainsi qu'à l'utilisation des données et de l'expertise disponibles à l'IRSST.

4. RÉSULTATS

4.1 Recension d'écrits

Des écrits de différentes natures ont été recensés. Certains contenaient des données relatives aux accidents en général, d'autres étaient plus ciblés sur les accidents survenus lors d'interventions de maintenance et enfin, les derniers étaient plus centrés sur la maintenance au sens théorique du terme.

4.1.1 Des chiffres évocateurs et inquiétants

Une entreprise compte sur la disponibilité de son personnel et de ses équipements de travail pour atteindre ses objectifs de production. Pour cela, la maintenance doit veiller à la disponibilité de l'outil de production au moindre coût en assurant la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement.

Pour remplir cette fonction, le personnel de maintenance est amené à effectuer de nombreuses interventions telles que la localisation des composants défectueux, le diagnostic, le dépannage et la réparation des équipements ou encore la révision des matériels et leur surveillance. Ces différentes opérations, qui ne sont pas toujours répétitives, soulèvent généralement des problèmes de sécurité autant pour les intervenants que pour les installations ou pour le reste du personnel de l'entreprise. Elles sont considérées comme des situations à risque [ED 1521] et par conséquent doivent faire l'objet d'une attention particulière pour les maîtriser.

Il existe quelques études qui regroupent des chiffres et des statistiques d'accidents lors d'intervention de maintenance [Main 2002, AFIM 2004]. La majorité de ces études ne porte que sur des analyses consécutives à des accidents et non sur des évaluations préventives pour la sécurité des travailleurs. Néanmoins, toutes ces études révèlent des liens importants entre la maintenance et les accidents du travail.

Une enquête menée par l'ARIA (Analyse Recherche et Information sur les Accidents) basée sur une classification des circonstances des accidents en 2000 en France, indique que les travaux de maintenance et de démantèlement, qui représentent pourtant une faible partie du temps consacré aux équipements, constituent des périodes où le risque d'accident est sensiblement accru [ARIA 2000]. Cette enquête indique qu'entre 1992 et 2000, 6 % des accidents étudiés sont reliés à une activité de maintenance. Une analyse qualitative conduite par l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail sur 116 accidents mortels ou très graves en France en 1997 soulève le même point de vue en associant 20 % des accidents sur machines à des activités de maintenance [Agence 1998]. Les données de 1998 accentuent cette tendance avec une représentation légèrement supérieure à 20 % pour la maintenance [Agence 1998].

L'Association Française des Ingénieurs et responsables de Maintenance (AFIM) précise dans son guide national de la maintenance 2004 [AFIM 2004] que les accidents reliés aux opérations de maintenance sont plus sévères et que les intervenants de maintenance sont plus exposés par rapport à d'autres métiers. D'ailleurs, il est noté qu'en France les métiers de la maintenance

présentent une occurrence de maladies professionnelles de 8 à 10 fois plus élevée que la moyenne et une durée d'incapacité temporaire liée aux accidents de 53 jours, soit 12 jours de plus que la moyenne nationale. Un rapport français d'information sur le bilan et les conséquences de la contamination par l'amiante [Dériot 2005] indique que trois catégories de travailleurs sont particulièrement concernées : les travailleurs de « seconde œuvre » dans le bâtiment, le personnel de maintenance et d'entretien des immeubles et le personnel chargé du confinement et du retrait de l'amiante.

Une étude australienne, publiée en 2002, portant sur les activités des travailleurs blessés mortellement par des machines et des équipements fixes entre 1989 et 1992, confirme la contribution importante de l'activité de maintenance dans les accidents du travail [NOHSC 2000]. Ainsi, 48 cas sur les 221 étudiés (21,7 %) concernent l'activité de maintenance, plaçant ainsi cette dernière activité en première position devant les activités d'installation, de déchargement et de transport (Figure 1).

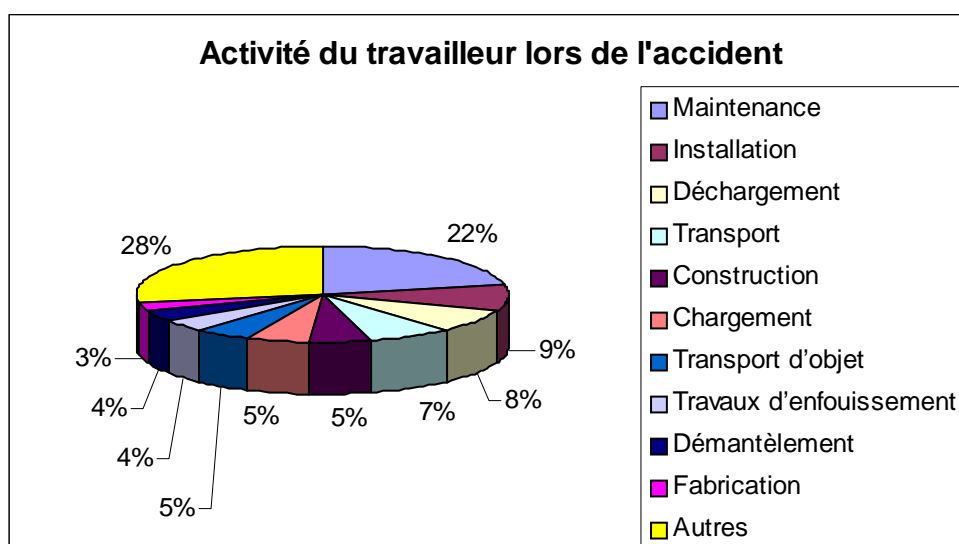


Figure 1 : Activités des travailleurs blessés mortellement par des machines et des équipements fixes en Australie de 1989 à 1992.

D'autres études, spécifiques à certains secteurs ou domaines d'activités, mettent également en avant les accidents du travail lors d'interventions de maintenance. Ainsi, une étude menée en 1992 par Underwood du UK Health Safety Executive (HSE) sur 2 100 accidents dans l'industrie chimique, entre 1982 et 1985, rapporte que 30 % des incidents retenus sont liés aux activités de maintenance [Underwood 1992]. Une étude conduite par Hale et collaborateurs (Hale et al., 1998), telle que citée par [Grusenmeyer 2000] sur 294 accidents survenus dans l'industrie chimique, montre également que 30 à 40 % d'entre eux sont reliés aux activités de maintenance. En 1989, Paques et collaborateurs [Paques 1989] reconnaissent que près d'un quart des accidents dans les scieries du Québec se produisaient au moment des interventions de travailleurs sur des machines à des fins d'entretien, de réparation ou de déblocage.

Parfois, la relation entre la maintenance et la sécurité des travailleurs est très forte. C'est le cas des accidents qui surviennent lors de travaux en espaces clos où le personnel de maintenance est alors confronté à des risques extrêmes. L'étude conduite par The National Institute for

Occupational Safety and Health (NIOSH) sur 109 accidents mortels en espaces clos, entre 1983 et 1993, est accablante à cet égard [NIOSH 1994]. La maintenance est à l'origine de 40,4 % des entrées dans ces espaces confinés ayant conduit à l'accident. En considérant l'activité d'inspection, qui n'était pas retenue dans cette étude comme une activité de maintenance, la maintenance atteint 50,5 % des raisons d'entrée.

Ces quelques chiffres montrent la forte problématique qui lie la maintenance et la sécurité. Cependant, il y a peu d'études semblables aux précédentes qui traitent globalement du problème et qui sont disponibles pour le Québec. De plus, l'utilisation du terme maintenance (ou entretien) couvre un domaine vaste, aux frontières floues, qui ne fait pas ressortir les particularités propres à cette activité. Peu d'études détaillent les circonstances des accidents ou font ressortir les multiples dimensions en jeu. En effet, généralement peu de précision est apportée lorsqu'il s'agit de savoir si l'accident est survenu lors d'une intervention de maintenance ou suite à un défaut de maintenance (suite à une mauvaise réparation ou suite à un dépannage défectueux de la machine). Cela peut conduire, dans certains cas, à une mauvaise évaluation des accidents, car un pourcentage non négligeable des accidents est alors affecté aux phases de production normale bien qu'il soit lié à la maintenance ([Hale 1998], tel que cité par [Grusenmeyer 2000]).

4.1.2 La maintenance et la SST

L'ensemble des études précédentes révèle la nécessité de mener une analyse des liens entre les activités de maintenance et la santé et la sécurité au travail pour mieux en comprendre les spécificités et les problématiques associées. Ceci est d'autant plus important que jusqu'à ce jour, la majorité des efforts pour réduire les accidents dans les lieux de travail a été concentrée sur les agents de production [Retour 1990], bien qu'il est souvent constaté que les travailleurs en maintenance sont disproportionnellement exposés à un plus grand nombre d'accidents.

Quelques études ont été menées en France sur les liens entre la maintenance et la SST [Brangier 1997, Grusenmeyer 1998, Grusenmeyer 2000, Grusenmeyer 2000b]. La première concerne spécifiquement les interventions de maintenance sous-traitées et l'impact de la sous-traitance sur la santé et la sécurité des travailleurs [Brangier 1997]. Les points les plus importants rapportés dans cette série de documents concernent les responsables de maintenance qui connaissent moins les machines qu'auparavant et les cahiers des charges des interventions qui sont moins détaillés et souvent sous-estimés en temps et en matériel. Par ailleurs, les sous-traitants sont souvent sélectionnés en priorité sur le coût de la prestation. Dans ce cas, la sécurité de la prestation peut en pâtir sauf si le donneur a un objectif de « qualité totale ». Les problèmes rapportés concernent aussi la transmission des informations aux intervenants et la réalisation de tâches non documentées. Enfin, les machines deviennent de plus en plus sophistiquées, avec des risques peu identifiés, ce qui nécessite un cadenassage complet de la machine avant intervention.

Les trois dernières concernent les interactions maintenance – exploitation qui sont un facteur important de sécurité ou d'insécurité [Grusenmeyer 2000, Grusenmeyer 1998, Grusenmeyer 2000b]. Dans le cas d'interventions de maintenance lors d'un arrêt programmé d'une chaufferie nucléaire [Grusenmeyer 1998], les principaux résultats issus de l'étude sont que le cheminement de l'information est déficient, car toutes les informations ne sont pas transmises entre les différents intervenants, des gains et des pertes d'information se produisent entre chaque étape ou

intervenants, et l'information est distribuée entre les différents intervenants et non partagée. Dans le cas d'interventions de maintenance corrective dans une fonderie d'aluminium, le principal résultat est que la frontière entre la production et la maintenance est floue [Grusenmeyer 2000]. De ce fait, des interventions diverses de maintenance peuvent être réalisées entièrement ou partiellement par la production, de concert ou non avec la maintenance, sans faire systématiquement l'objet d'une demande d'intervention.

Pour sa part, Janicik, dans le chapitre du livre *Safety Through Design* [Christensen 1999] décrit les liens entre la conception, la maintenabilité, la fiabilité et la sécurité. Il décrit aussi comment réduire les risques liés aux interventions de maintenance surtout lors de la conception. Mais les solutions sont très génériques et très larges : réduire la part de la maintenance corrective, prendre en compte les exigences de maintenance lors de la conception, réduire la quantité d'énergie nécessaire au procédé, substituer les produits dangereux (dans l'industrie chimique), utilisation de l'AMDEC et des arbres des fautes, etc. Janicik identifie aussi les tendances du futur concernant la maintenance, telles que l'augmentation de l'automatisation des machines et l'utilisation plus fréquente de la maintenance basée sur la fiabilité (ou RCM en anglais).

Des liens partiels ont déjà été identifiés entre les interventions de maintenance préventive et la sécurité [Batson 1999, Ray 2000]. L'analyse d'un audit de maintenance comparé aux données de santé et sécurité de 25 entreprises a montré une corrélation négative entre le score de la fonction maintenance et deux indicateurs de SST. Mais la taille de l'échantillon n'est pas suffisante pour généraliser les résultats.

Pour ce qui est des références plus générales sur la maintenance, la référence [ISDF 1999] est très pertinente. Cette référence détaille la maintenabilité, qui est l'aptitude à la maintenance, et indique que cette caractéristique est aussi importante que la fiabilité, la sécurité et le soutien logistique pour caractériser un bien d'équipement et la mission qui lui est confiée. C'est une des seules références orientées vers la maintenance qui fait un lien clair avec la sécurité du personnel.

Francastel [Francastel 2003] est aussi intéressant, car il cite bien la sécurité dans les fonctions élémentaires de la maintenance et traite aussi des risques des interventions de maintenance. Cependant, cette citation est succincte et se limite à mentionner que « *De toutes les activités industrielles, la maintenance est la plus exposée aux accidents du travail* » en citant les résultats de l'enquête sécurité de la fonction maintenance de l'AFIM [AFIM 2004]. À côté de cette citation, de nombreuses parties traitent de la sécurité lors des interventions de maintenance (les responsabilités devant les risques, les procédures de sécurité, la maîtrise de la sûreté de fonctionnement, etc.).

Les deux sources précédentes sont bien en avance sur d'autres qui occultent complètement les liens entre la maintenance et la SST [Levitt 1997, Terrell 1995, Manuele 1993].

Enfin, pour ce qui est de la sous-traitance, la référence [Francastel 2005] est instructive. Le chapitre 2.6.1. explique le recours à la sous-traitance en maintenance et les différents objectifs de la sous-traitance des interventions de maintenance sont de quatre natures :

- Objectifs économiques (obtention des mêmes résultats de maintenance à un coût inférieur);
- Objectifs de flexibilité (ajustement des dépenses de maintenance à l'utilisation du matériel et du chiffre d'affaires);
- Objectifs de garantie (obtention d'une garantie sur le travail effectué);
- Objectifs stratégiques et sociaux (réduction volontaire d'effectif, limitation de l'expertise, sous-traitance des travaux « dégradants ou insalubres », limitation des revendications sociales).

Seuls les trois premiers objectifs sont détaillés dans le document. Le quatrième, qui semble aussi très intéressant est totalement éludé, ce qui reflète bien l'état d'esprit actuel qui consiste à ne pas parler de ce qui peut être préjudiciable ou socialement critiquable (par exemple la sous-traitance des travaux « dégradants »). Enfin, la référence [Seillan 2000] permet aussi de compléter les liens entre la sous-traitance et la sécurité sous plusieurs aspects.

4.1.3 La maintenance

D'autres références occultent complètement les liens entre la maintenance et la SST [Levitt 1997, Terrell 1995, Manuele 1993]. En effet, dans ces trois sources qui sont des livres de référence sur la maintenance [Levitt 1997] ou la santé et sécurité au travail [Terrell 1995, Manuele 1993], même si elles traitent toutes de la sécurité, aucune ne fait de lien marqué entre le métier de maintenance et la sécurité au travail.

Levitt [Levitt 1997] résume la sécurité à deux pages et la SST occupe moins de 1 % du livre. Il insiste sur le côté pénal en disant qu' « une bonne maintenance peut diminuer les risques et montrer que l'on est une compagnie sérieuse qui contrôle au mieux les événements » (traduction de l'auteur). Il mentionne aussi que la maintenance est la ressource principale pour réduire les risques, car son personnel est en première ligne pour identifier les risques, réparer les problèmes potentiels qui peuvent affecter les autres travailleurs et être les avocats d'une meilleure sécurité. Mais cette vision est purement théorique.

Pour sa part, Terrell parle de la SST mais peu de la maintenance [Terrell 1995]. Il indique seulement que la maintenance préventive peut limiter les défaillances qui pourraient être dangereuses et permet de maintenir les éléments de sécurité en place et en fonction. Il mentionne tout de même que les protecteurs ne protègent pas le personnel de maintenance et que leur bon fonctionnement dépend de la maintenance. Cependant, Terrell ne cite que la maintenance préventive dans le but de stabiliser le niveau de danger des machines et l'efficacité des protections. Mais certains équipements ne doivent pas être entretenus par de la maintenance préventive (cas des équipements électroniques), car leur taux de défaillance est constant et ce type de maintenance est inefficace. De plus, Terrell ne parle jamais de fiabilité des machines ou des moyens de protection et il ne prend jamais en compte la protection des intervenants de maintenance.

Quant à lui, Manuele traite des pratiques et des principes fondamentaux de la sécurité au travail [Manuele 1993]. Il cite à deux reprises la maintenance : une fois en indiquant que l'intégration de la sécurité lors de la conception permet de réduire les sources de danger lors de la production

ou lors de la maintenance des machines, et une seconde fois où il mentionne que la maintenance préventive a des impacts importants sur la prévention et le contrôle des sources de danger.

4.1.4 Cadre général des interventions de maintenance

Comme cela a été mentionné rapidement auparavant, les différentes interventions de maintenance ne se situent pas toutes à un même niveau de complexité, d'urgence, de planification. Elles peuvent donc être classifiées selon plusieurs critères.

4.1.4.1 Nature de l'intervention

Les interventions peuvent être de nature corrective ou préventive [EN 13306]. Dans le premier cas, l'intervention ne peut être planifiée car ce type d'intervention est effectué suite à la défaillance ou à la dégradation de la fonction de la machine. Dans le second cas, l'intervention aura été planifiée et le matériel aura été préparé car ces interventions ont pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation de la machine.

Les interventions correctives peuvent être provisoires (action de dépannage) afin de remettre la machine le plus rapidement possible en fonction temporairement. Ce sont alors des interventions palliatives. Elles peuvent aussi être définitives en rétablissant directement la machine dans son état originel ou dans un état amélioré qui supprime la défaillance. Ce sont alors des interventions curatives. Dans les deux cas, ces interventions de maintenance sont souvent réalisées avec des contraintes temporelles fortes. Par exemple, les machines d'abattage des arbres en forêt sont sujettes régulièrement à des défaillances de la tête d'abattage (débarquement de la chaîne de coupe, casse de la chaîne, gauchissement de la plaque guide, etc.). Ces défaillances doivent alors être corrigées rapidement car les exploitants de ces machines sont payés selon le volume de bois coupé. Cette situation entraîne une contrainte temporelle forte pour les opérateurs de ces machines lors des réparations sur le terrain, contraintes temporelles conjuguées à des contraintes d'environnement (nature du sol, branchage, météo, température, neige, etc.).

Les interventions préventives ont pour objectif de réduire la probabilité de défaillance de la machine. Elles doivent donc être planifiées mais peuvent répondre à trois logiques :

- La *maintenance systématique* qui est effectuée selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (temps, produits, rotation, poids...);
- La *maintenance conditionnelle* qui est déclenchée par le franchissement d'un seuil prédéterminé et significatif de l'état de dégradation de la machine;
- La *maintenance prévisionnelle* qui est déclenchée par l'analyse de l'évolution de l'état de dégradation de la machine.

Ces interventions sont donc souvent réalisées avec des contraintes temporelles moins fortes, car elles peuvent être planifiées et préparées à plus ou moins longue échéance.

4.1.4.2 Les niveaux de maintenance

Les interventions de maintenance qui ont été décrites peuvent être classifiées en plusieurs niveaux de complexité croissante. Cette classification permet de prévoir à l'avance le niveau de

complexité, le niveau de formation requis pour les intervenants ainsi que les familles de moyens à mettre en œuvre. Le tableau ci-après (Tableau 1) permet de faire la synthèse entre plusieurs classifications possibles [ISDF 1999, FD X 60-000, Héng 2002].

Tableau 1 : Définition des niveaux de maintenance.

Niveaux	Actions	Moyens logistiques	Personnel
Premier	Réglages, contrôles et inspections simples Opérations élémentaires de maintenance préventive (niveaux, tests de voyants...) Remplacements de consommables et accessoires	Petit outillage Consommables	Utilisateur du bien Intervenant de maintenance
Deuxième	Maintenance préventive systématique (remplacement de filtres, vidanges, lubrification, graissage...) Réparations par échanges standard simples	Équipements de soutien d'utilisation simple Pièces de rechange portables	Utilisateur du bien ou intervenant de maintenance qualifié pour l'intervention
Troisième	Maintenance corrective, diagnostic, dépannage, réparation (remplacement d'un capteur, d'un injecteur, d'une résistance...) Maintenance préventive complexe (contrôle de l'isolement électrique, réglage des jeux, contrôle et révision de pompe)	Équipements de soutien complexes : outillage, moyens de contrôle et d'essais Pièces de rechange	Technicien de maintenance qualifié
Quatrième	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive (contrôle d'alignement du moteur et de la transmission...) Améliorations importantes (déculassage d'un moteur)	Gros outillage Moyens importants de contrôle et/ou d'essai Pièces de rechange et sous-ensembles	Technicien ou équipe spécialisée
Cinquième	Rénovation Reconstruction Gros travaux d'amélioration	Moyens logistiques importants et/ou spécifiques	Constructeur du matériel ou société spécialisée

Chaque augmentation de niveau entraîne généralement une augmentation de la complexité de la tâche, de sa durée, de la planification de l'intervention, des compétences requises et de la documentation requise. Il est logique de penser que cette augmentation de niveau va aussi être suivie d'une augmentation du risque associé à l'intervention due à l'augmentation des sources d'énergie à isoler, à l'augmentation des moyens logistiques, à l'augmentation du démontage de la machine ainsi qu'à l'augmentation de la taille des pièces démontées. Cependant, la conception de la machine peut limiter ou accentuer l'augmentation du risque. Pour contrer ces risques, il est alors possible de cadenasser la machine lors de l'intervention.

Par ailleurs, les deux premiers niveaux ne sont pas exclusivement réservés aux intervenants de maintenance comme le mentionne le tableau 1. En effet, les opérateurs de production sont appelés à effectuer ces travaux afin d'enrichir leur tâche et de les impliquer dans la maintenance des machines [Hohmann 2005].

4.2 Analyse des accidents graves et mortels au Québec

Pour le Québec, aucune étude antérieure ne présente une vision globale de cette problématique, notamment sur le nombre d'accidents du travail ou de maladies professionnelles touchant le domaine de la maintenance. Il n'est donc pas possible d'évaluer ou d'estimer directement le nombre d'accidents du travail relié à cette activité.

Afin d'appuyer les données recueillies et les différentes études effectuées dans d'autres pays et pour obtenir une estimation générale de l'impact de la maintenance sur les risques pour les travailleurs au Québec, une étude a été effectuée sur les accidents du travail mortels au Québec entre 1990 et 2001, soit sur une période de 12 ans. L'étude a été réalisée à partir des données disponibles à la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) pour les années concernées.

Entre 1990 et 2001, selon les rapports annuels de la CSST (Tableau 2), les accidents du travail ont entraîné 1 275 décès. Pour ces mêmes années, 574 rapports d'enquêtes étaient disponibles à la CSST sur le site du centre de documentation de la Commission¹. Ces rapports couvrent donc près de la moitié des accidents du travail mortels qui se sont produits entre 1990 et 2001 au Québec. Suite à la lecture et à l'analyse de ces rapports à l'aide d'une grille, 157 d'entre eux (soit 27 %) ont été retenus comme étant relatifs à une activité de maintenance : améliorer la machine, diagnostiquer, essayer, dépanner, localiser une panne, inspecter, modifier, reconstruire, réparer, réviser, surveiller le fonctionnement. Ces accidents retenus ont entraîné au total la mort de 163 travailleurs et causé des blessures à 12 autres travailleurs (travaillant avec ou auprès du travailleur décédé). Cet ensemble représente près de 13 % des décès reliés à un accident du travail et enregistrés par la CSST entre 1990 et 2001 (163 / 1 275).

À la lumière de ces résultats, il est concevable de penser que les activités de maintenance représentent au Québec une proportion significative des accidents mortels puisque 27 % des rapports analysés sont relatifs à une intervention de maintenance. Cette situation confirme les chiffres publiés par d'autres études au Québec et dans d'autres pays [Agence 1998, ARIA 2000, Grusenmeyer 2000, Mutawe 2002, NIOSH 1994, NOHSC 2000, Paques 1989, AFIM 2004, Underwood 1992, Windau 1998]. Il est toutefois important de souligner que ce chiffre ne reflète pas tout à fait la réalité, car plus de la moitié des rapports d'enquêtes, pour les années 1990 à 2001, n'était pas disponible ou publiée au moment de l'étude.

¹ Depuis, plusieurs rapports relatifs à ces années ont été ajoutés.

Tableau 2 : Répartition des décès, des rapports d'enquête disponibles et des rapports relatifs à une activité de maintenance au Québec entre 1990 et 2001.

Année	Décès suite à un accident	Rapports disponibles	Rapports relatifs à une activité de maintenance
1990	147	58	17
1991	112	38	6
1992	84	39	10
1993	108	46	13
1994	98	53	24
1995	115	59	14
1996	72	43	13
1997	109	50	11
1998	134	56	17
1999	95	44	7
2000	107	43	18
2001	94	45	7
Total	1 275	574	157

* Un accident entraîne quelquesfois plusieurs décès (163 décès pour 157 accidents)

L'étude des rapports [Tanchoux 2004] a permis d'extraire pour chaque accident un résumé des circonstances et des facteurs communs à plusieurs accidents. Les facteurs retenus sont :

- Année d'occurrence de l'accident;
- Classification des activités économiques du Québec (CAEQ);
- Résumé de l'accident;
- Activité du ou des travailleurs impliqués au moment de l'accident;
- Conséquences de l'accident (nombre de morts et de blessés);
- Nature de l'accident;
- Expérience dans la fonction exercée;
- Ancienneté dans l'entreprise;
- Titre d'emploi du travailleur;
- Mention du cadenassage.

Compte tenu du faible taux de rapports disponibles, l'année d'occurrence de l'accident ne peut permettre de tirer des conclusions fiables.

Pour ce qui est du secteur d'activité économique (CAEQ), les résultats montrent que les secteurs de l'« industrie du papier et des produits du papier (CAEQ 27**) », de l'« industrie du bois (25**) » et des « constructeurs, promoteurs et investisseurs généraux (40**) » représentent une grande partie des accidents étudiés avec respectivement 10,8 %, 8,9 % et 7 % du total des accidents (Figure 2). Les secteurs de l'« agriculture (01**) », des « industries des aliments (10**) », des « transports (45**) » et les « autres services publics (49**) » suivent de près les trois premiers secteurs. Au total, 20 % des secteurs (soit 7 secteurs – en rouge dans la Figure 2) sont responsables de près de 50 % des accidents mortels de maintenance. Seul le secteur des mines (06**), qui est un des trois secteurs d'activité économique à risque pour le Québec (tous

accidents confondus) avec celui de la construction et celui des forêts, ne se situe pas dans les secteurs les plus à risque pour les accidents de maintenance.

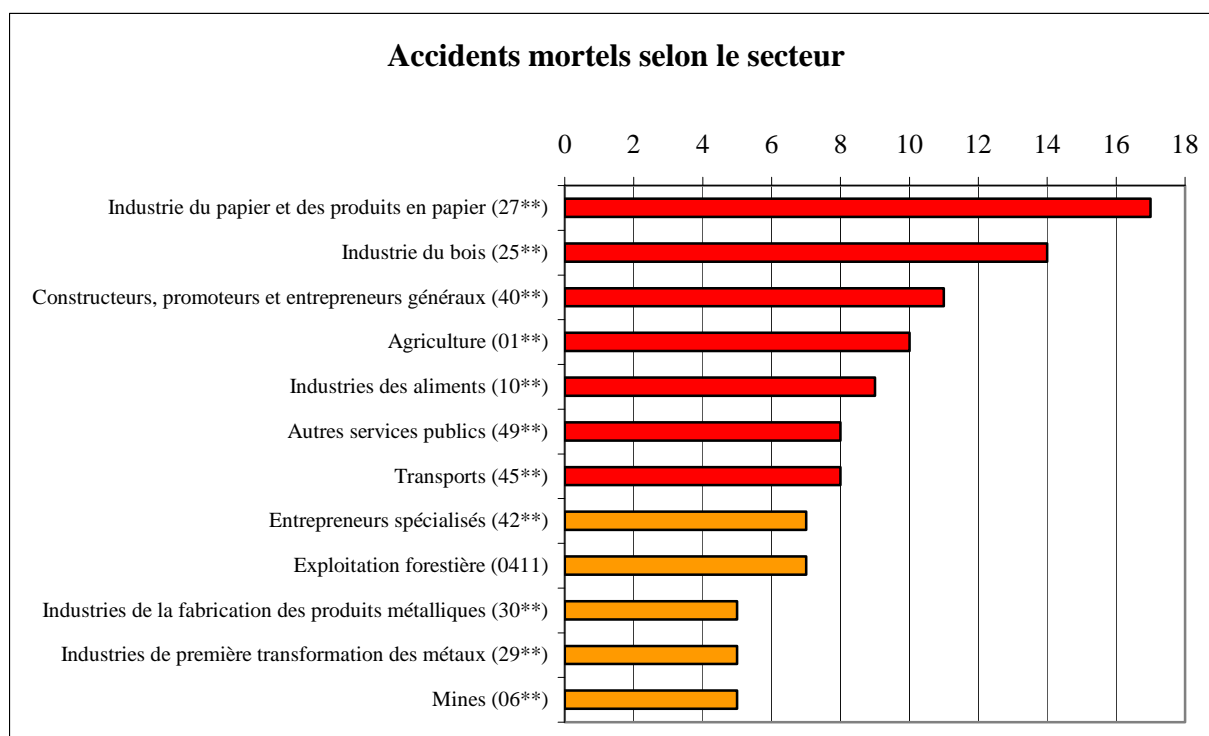


Figure 2 : Nombre d'accidents mortels selon le secteur d'activité 1990-2001.

Si l'on compare ces chiffres aux populations actives selon les secteurs économiques (Tableau 3), il appert que les secteurs qui engendrent le plus de décès d'intervenants de maintenance par rapport à la population active (toutes personnes confondues) sont les industries du papier et des produits en papier (27**), l'exploitation forestière (0411), les mines (06**) et l'industrie du bois (25**).

Deux de ces secteurs se retrouvent dans les secteurs avec un très fort taux de prévalence, l'industrie du bois (25**) et l'exploitation forestière (0411). Ceci semblerait dire qu'il est risqué de travailler dans ces secteurs, que l'on soit opérateur de production ou intervenant de maintenance. Pour ce qui est du secteur de l'industrie du papier et des produits en papier (27**), le taux de prévalence du secteur (qui représente le nombre de travailleurs absents chaque jour pour 1 000 travailleurs) est très proche du taux moyen pour l'ensemble de la main-d'œuvre du Québec. Mais comment expliquer le nombre élevé de décès d'intervenants de maintenance? Est-ce que le travail de maintenance est un travail extrêmement risqué compte tenu de la nature des machines, de leur complexité et de leurs commandes? Est-ce influencé par le ratio « personnel de maintenance »/« personnel de production » ? Ou bien y a-t-il une autre cause non connue ?

Tableau 3 : Comparaison du nombre d'accidents mortels par rapport à la population active par secteur économique et par rapport aux indicateurs de SST.

CAEQ	Accidents mortels 1990-2001	Population active (a)	Accident / 1 000 travailleurs	Taux d'incidence ETC (b)	Durée moyenne (jour) (b)	Taux prévalence ETC (b)
27** - Industrie du papier et des produits en papier	17	26 350	0,65	7,9%	39,1	8,5
25** - Industrie du bois	14	34 367	0,41	16,9%	41,2	19,1
40** - Constructeurs, promoteurs et entrepreneurs généraux	11	32 135	0,34	7,4%	102,2	20,7
01** - Agriculture	10	48 006	0,21	2,4%	69,8	4,5
10** - Industries des aliments	9	49 474	0,18	13,2%	39,4	14,3
49** - Autres services publics	8	31 704	0,25	4,6%	46,9	6
45** - Transports	8	124 930	0,06	5%	65	8,9
42** - Entrepreneurs spécialisés	7	67 409	0,10	6,6%	100,2	20,7
0411 - Exploitation forestière	7	14 797	0,47	7,9%	107,2	23,3
30** - Industries de la fabrication des produits métalliques	5	26 995	0,19	21,2%	37,2	21,6
29** - Industries de première transformation des métaux	5	21343	0,23	11,5%	33,2	10,4
06** - Mines	5	11 441	0,44	7,4%	82	16,6
Total de la main-d'œuvre du Québec	/	2 972 888	/	4,8%	55,9	7,4

(a) Sources : Statistique Canada - Recensement de la population de 1996, tableau personnalisé. Statistique Canada - Enquête sur l'emploi, la rémunération et les heures de travail (EERH), compilation spéciale révisée en mars 2004, données de 1995 à 1997. Traitement : IRSST, date de production des tableaux ou graphiques : 31 août 2005.

(b) Sources : Statistique Canada - Recensement de la population de 1996, tableau personnalisé. Statistique Canada - Enquête sur l'emploi, la rémunération et les heures de travail (EERH), compilation spéciale révisée en mars 2004, données de 1995 à 1997. DUGUAY, P., HÉBERT, F. et MASSICOTTE, P. (2003). Les indicateurs de lésions indemnisées en santé et en sécurité du travail au Québec : analyse par professions en 1995-1997, rapport de recherche, Montréal, IRSST, tableau 2.2. Traitement : IRSST, date de production 1er septembre 2005.

Les informations disponibles dans les rapports nous ont permis de déterminer la tâche effectuée par le travailleur au moment de l'accident. L'analyse de ces tâches effectuées au moment de l'accident [Tanchoux 2004] montre que les activités de réparation et de dépannage constituent une très forte proportion des accidents relevés avec 45,9 % (Figure 3). L'inspection et le contrôle, le nettoyage et le déblocage des équipements arrivent ensuite avec respectivement 14,6 %, 14,6 % et 14,1 %. Enfin, les activités de diagnostic/localisation, graissage, récupération et supervision n'arrivent qu'à la fin avec un total de 11 % des accidents.

Les accidents étudiés ne concernent généralement qu'un travailleur. À quelques rares occasions, deux travailleurs ou plus sont accidentés. En effet, les 157 accidents étudiés ont affecté 175 personnes : 163 personnes sont décédées et 12 personnes ont été blessées.

Pour ce qui est de la nature de l'accident, une forte proportion des travailleurs (34 %) se retrouvent coincés entre un objet fixe et un objet en mouvement lors des activités de maintenance

étudiées (Figure 4). Cette proportion grimpe à 42 % si l'on associe les écrasements qui sont aussi consécutifs à un déplacement (vertical) d'une partie de la machine. L'électrocution (16 %), le fait d'être frappé par un objet en mouvement (13 %) et l'exposition à des flammes ou à une explosion (10 %) sont aussi bien représentés. Ceci laisse à penser que certaines formes d'énergie étaient encore présentes dans les machines lorsque les interventions de maintenance ont été effectuées, car le déplacement de pièces de la machine nécessite obligatoirement de l'énergie, quelle que soit sa forme (électrique, mécanique, hydraulique, résiduelle, potentielle, etc.).

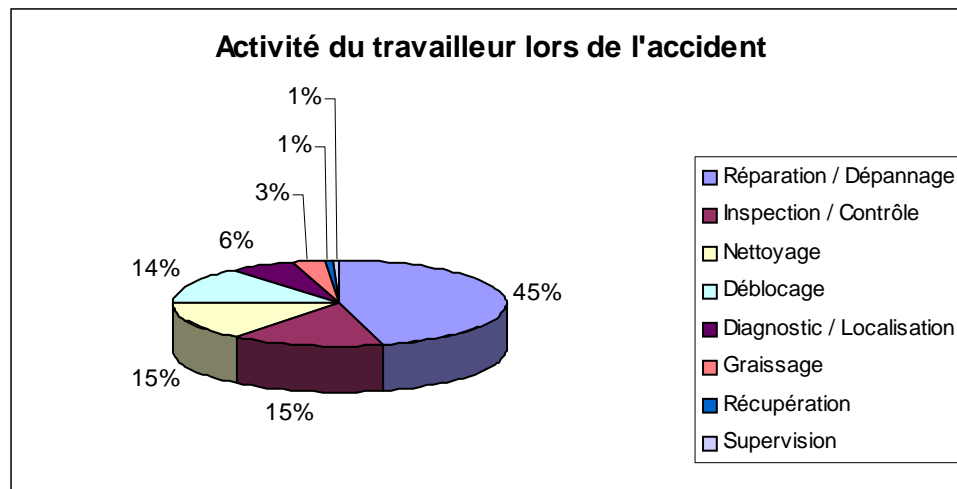


Figure 3 : Activité de maintenance lors de l'accident.

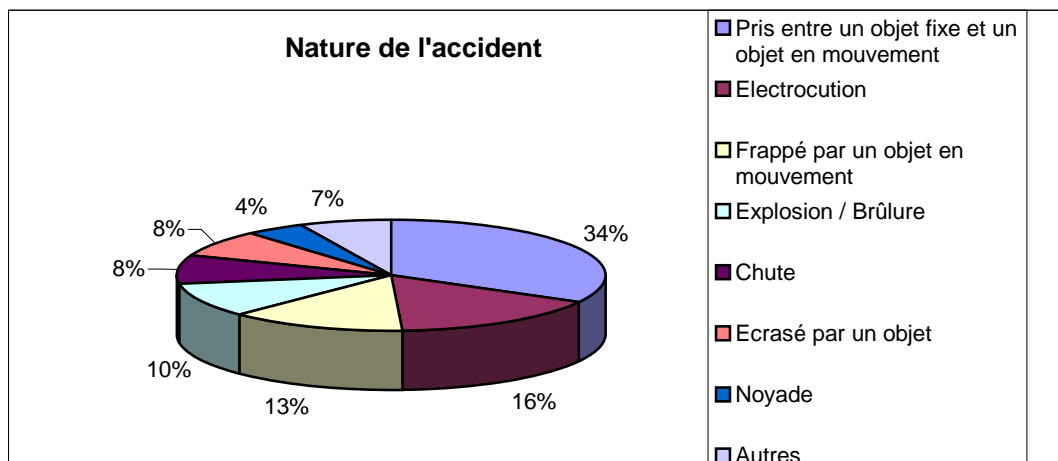


Figure 4 : Nature de l'accident lors de l'intervention de maintenance.

L'étude des chiffres sur l'expérience et l'ancienneté des travailleurs impliqués dans les accidents de maintenance est un des points forts et troublants de cette analyse. En effet, plus de 44 % des travailleurs impliqués avaient moins de 5 ans d'expérience dans la fonction ou dans l'activité effectuée au moment de l'accident et presque tous avaient aussi moins de 5 ans d'ancienneté dans l'entreprise (Figure 5). Après 10 ans d'expérience ou d'ancienneté, ce facteur ne semble plus constituer une cause fortement reliée à l'accident.

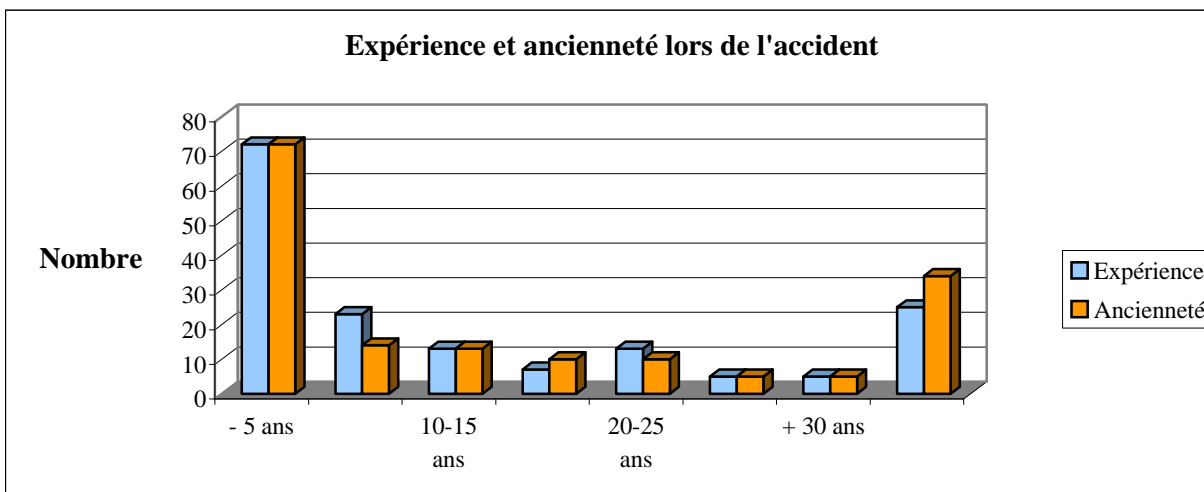


Figure 5 : Expérience et ancienneté lors de l'accident.

Ne disposant pas des effectifs en fonction de l'expérience et de l'ancienneté, il n'est pas possible de dire si ce facteur influence les accidents une fois passé le cap des 5 années. Par contre, si le travailleur a moins de 5 années d'expérience ou d'ancienneté, il est clair que ce facteur est significatif. Il convient toutefois de noter qu'un nombre non négligeable de rapports ne fournissait pas ces informations (15,2 % des rapports pour l'expérience et 20,8 % des rapports pour l'ancienneté). Il serait intéressant d'analyser plus en profondeur ces données en essayant de disposer du maximum de rapports d'enquête et en disposant de toutes les informations relatives à l'ancienneté et à l'expérience. De plus, il serait opportun de détailler plus finement la classe de 5 années ou moins d'expérience et d'ancienneté et de faire le lien entre ancienneté et expérience. Ces données nous permettent aussi de confirmer que l'expérience et l'ancienneté des intervenants de maintenance jouent un rôle dans les causes d'accident tout comme pour les opérateurs de production.

Trois catégories ont été créées pour analyser les données relatives au titre d'emploi du travailleur accidenté :

- Le terme « personnel de maintenance » regroupe tous les travailleurs dont la mission principale est d'effectuer des interventions relatives à de la maintenance (mécanicien, électricien, tuyauteur, plombier...);
- Le terme « opérateur » rassemble tous les travailleurs dont la mission principale est d'effectuer des travaux autres que de la maintenance (opérateur de production, chauffeur, agriculteur...);
- Le terme « superviseur » est constitué par les travailleurs affectés à des tâches à responsabilité ou à des tâches de supervision (chef d'équipe, superviseur, ingénieur, directeur...).

Ces données montrent que la moitié des accidents relatifs à des actions de maintenance (51 %) implique des travailleurs (personnel de maintenance) affectés à des activités de maintenance (Figure 6). Cependant, près d'un tiers (35,5 %) des travailleurs impliqués dans des accidents de maintenance n'était pas principalement affecté à des tâches de maintenance (opérateurs).

Finalement, pour ce qui est du cadenassage, seulement un peu plus de 20 % des rapports faisait mention du cadenassage. Compte tenu de l'importance du cadenassage dans la sécurité des intervenants de maintenance et compte tenu de son poids législatif au Québec, il est étonnant que ce moyen de mise en sécurité soit aussi peu mentionné dans des rapports d'accidents relatifs à des interventions de maintenance.

En effet, seuls 19 % des accidents ne mettent pas en cause une forme quelconque d'énergie dans la machine (8 % de chute, 4 % de noyade et 7 % de non classé ailleurs). Dans tous les autres cas, soit 81 %, l'accident est dû à une présence d'énergie dans la machine lors de l'intervention : pris entre un objet fixe et un objet en mouvement, électrocution, frappé par un objet en mouvement, explosion/brûlure, écrasé par un objet. Or, en analysant les rapports, il est apparu que le cadenassage aurait pu être appliqué dans près de 50 % des cas et aurait pu, en théorie, éviter l'accident. Enfin, la machine était en marche pour 23 % des accidents et elle était à l'arrêt pour 43 %.

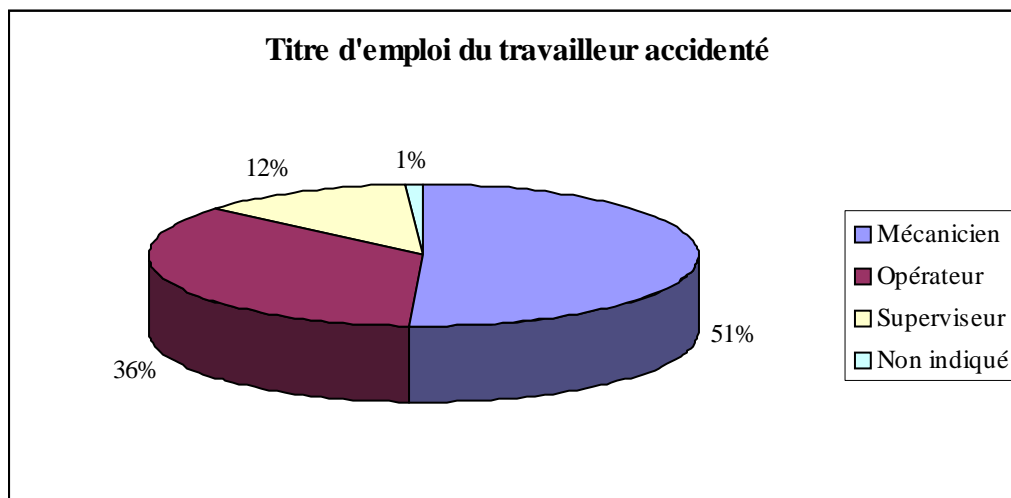


Figure 6 : Titre d'emploi du travailleur accidenté.

Cette première étude des rapports d'accidents graves ou mortels survenus au Québec entre 1990 et 2001 révèle que la maintenance constitue une part non négligeable des accidents du travail mortels au Québec. Ces résultats sont cohérents avec les autres études internationales disponibles. Elle révèle aussi que si le personnel de maintenance est fortement exposé, d'autres catégories de personnel, plus centrées sur l'opération des machines, le sont aussi.

Les deux points forts de cette analyse sont que près de la moitié des intervenants de maintenance accidentés avait moins de cinq années d'expérience ou d'ancienneté dans leur fonction et que la mention du cadenassage n'est faite que rarement, alors que ce moyen de protection est le seul qui soit cité dans la législation au Québec [RSST, article 185]. Ce dernier point indique donc que la maîtrise des sources d'énergie lors de la conduite d'interventions de maintenance n'est pas satisfaisante. C'est ce que nous allons détailler dans le chapitre suivant.

5. LES ÉTUDES DE CAS

5.1 Le cadenassage ou consignation

Le moyen le plus cité dans la littérature pour mettre les intervenants de maintenance en sécurité est le cadenassage (terme utilisé au Québec) ou consignation (terme utilisé en France). Ce moyen est décrit en détail dans la norme ISO 14118 :2000 [ISO 14118:2000] et dans les guides de l'INRS sur les moyens de prévention contre les risques mécaniques ou sur la consignation et déconsignation [ED 754, Lupin 2006], mais n'est décrit que très sommairement dans le RSST [RSST]. Toutefois, il existe plusieurs documents explicatifs publiés au Québec [ASPME 1998, ASSIFQ 2001, Daoust 2003].

Le terme « cadenassage » est souvent utilisé pour décrire des moyens de protection mis en place temporairement sur des équipements ou sur des machines. L'utilisation fréquente de ce terme et le caractère imagé de ce mot présentent une ambiguïté d'interprétation de cet outil de prévention. La définition qui semble la plus juste aujourd'hui pour le cadenassage est : « *un ensemble de dispositions qui permettent de mettre et de maintenir en sécurité un équipement de façon à ce qu'un changement d'état soit impossible sans l'action volontaire de tous les intervenants* » [Lupin]. Une telle description est générale car l'ensemble des mesures et des consignes de cadenassage reste spécifique à chaque entreprise ou chaque machine et peut prendre de nombreuses formes.

Mais le texte qui semble être le plus explicite sur les besoins du cadenassage est l'introduction de la norme ISO 14118 :2000, intitulée « Sécurité des machines – Prévention de la mise en marche intempestive », qui indique :

« Maintenir une machine à l'arrêt pendant que des personnes se trouvent dans des zones dangereuses est l'une des conditions les plus importantes de l'utilisation en sécurité d'une machine et, pour cette raison, l'un des objectifs prioritaires du concepteur et de l'utilisateur de la machine ».

5.1.1 Les grandes étapes du cadenassage

Les grandes étapes du cadenassage dépendent en partie des besoins formulés par l'entreprise, des objectifs à atteindre notamment sur le plan de la sécurité et des contraintes qui s'appliquent. Ceci explique la difficulté de disposer d'un modèle de procédure standard pour le cadenassage [ED 754].

Pour être efficace et sécuritaire, une procédure de cadenassage doit donc être adaptée à l'équipement, aux interventions à effectuer et aux contraintes rencontrées [Poulin 1999]. Cependant, il est possible de dégager trois grandes étapes (Tableau 4) [Construction 1995] :

- Une phase préliminaire durant laquelle un inventaire des équipements et des sources d'énergie est effectué afin d'élaborer des stratégies de cadenassage compte tenu des spécificités et des contraintes rencontrées. Cette phase comprend également une identification et une codification des différents éléments inventoriés précédemment et nécessitant d'être cadenassés. Les fiches de cadenassage (qui intègrent aussi le décadénassage) doivent être élaborées à la fin de cette phase préliminaire;

- Une phase de cadenassage où l'équipement est arrêté, séparé de ses sources d'énergie et cadenassé. On procédera également à une libération des énergies résiduelles ou accumulées sur l'équipement et à une étape de vérification de la bonne mise en sécurité de la machine;
- Une phase de décadenassage, après intervention, avec l'enlèvement des différents dispositifs de protection appliqués précédemment, la remise en place des différents éléments qui ont été retirés, activés ou déplacés tels que des protecteurs, des boutons d'arrêt ou des pièces et la réactivation de l'équipement. Cette phase de décadenassage peut être relativement simple si l'intervention a été courte mais peut devenir très complexe si la machine a été modifiée substantiellement.

En outre, le cadenassage doit être exécuté par des personnes formées [ED 754] et une phase formelle de remise de l'équipement à la production doit clore le tout.

Tableau 4 : Les trois grandes étapes du cadenassage.

Étape	Actions
Préliminaire	Inventaire des équipements et des sources d'énergie Identification Codification Élaboration des fiches de cadenassage
Cadenassage	Arrêt de l'équipement Séparation des sources d'énergie Condamnation (ou cadenassage) Libération des énergies accumulées Vérification de la mise en sécurité
Décadenassage	Remontage de l'équipement Enlèvement des dispositifs de cadenassage Réalimentation de la machine Vérification du bon fonctionnement Remise de l'équipement à la production

5.1.2 Le règlement au Québec sur le cadenassage

Au Québec, le Règlement sur la santé et la sécurité du travail [RSST] traite du cadenassage dans deux de ces articles.

L'article 185 du RSST indique qu'« *avant d'entreprendre tout travail de maintenance, de réparation ou de déblocage dans la zone dangereuse d'une machine, les mesures de sécurité suivantes doivent être prises, sous réserve des dispositions de l'article 186 :*

1. *la mise en position d'arrêt du dispositif de commande de la machine;*
2. *l'arrêt complet de la machine;*
3. *le cadenassage, par chaque personne exposée au danger, de toutes les sources d'énergie de la machine, de manière à éviter toute mise en marche accidentelle de la machine pendant la durée des travaux. ».*

De fait, le cadenassage est reconnu comme étant le premier moyen pour sécuriser une machine sur laquelle une intervention humaine va être effectuée.

L'article 186 de ce même règlement [RSST] indique que : « *Lorsqu'un travailleur doit accéder à la zone dangereuse d'une machine à des fins de réglage, de déblocage, de maintenance, d'apprentissage ou de réparation, incluant la détection d'anomalies de fonctionnement, et que, pour ce faire, il doit déplacer ou retirer un protecteur, ou neutraliser un dispositif de protection, la machine ne doit pouvoir être mise en marche qu'au moyen d'un mode de commande manuel et ce conformément à une procédure sécuritaire spécifiquement prévue pour permettre un tel accès. Ce mode de commande manuel ou cette procédure doit présenter les caractéristiques suivantes :*

- 1. il rend inopérant, selon le cas, tout autre mode de commande ou toute autre procédure;*
- 2. il ne permet le fonctionnement des éléments dangereux de la machine que par l'intermédiaire d'un dispositif de commande nécessitant une action continue ou un dispositif de commande bimanuelle;*
- 3. il ne permet le fonctionnement de ces éléments dangereux que dans des conditions de sécurité accrue, par exemple, à vitesse réduite, à effort réduit, pas à pas ou par à coups. ».*

Ces deux articles ne donnent aucun renseignement sur les grandes étapes du cadenassage, mais seulement des détails sur les interventions qui nécessitent son utilisation. De plus, ces deux articles ne mentionnent pas du tout que le personnel qui va intervenir doit être formé. Enfin, le règlement ne prévoit aucune alternative au cadenassage pour les travaux de maintenance, de réparation ou de déblocage dans la zone dangereuse d'une machine.

Or, il convient de noter une différence entre le RSST et la norme ISO 14118 [ISO 14118:2000] dans la phase de cadenassage proprement dite, car la norme identifie quatre actions au lieu d'une seule dans le RSST :

1. séparation de la machine de toute source d'énergie;
2. si nécessaire (et donc non obligatoire), condamnation de tous les appareils de séparation en position de séparation;
3. dissipation ou rétention de toute l'énergie accumulée susceptible d'être à l'origine d'un phénomène dangereux;
4. vérification que les mesures prises ont produit l'effet désiré.

De fait, la condamnation des appareils de séparation en position de séparation par un cadenas n'est pas requise dans tous les cas selon la norme ISO 14118. Or, le terme utilisé au Québec pour la consignation est « cadenassage », terme qui fait directement référence au cadenas qui est posé pour valider la séparation des sources d'énergie. Il résulte qu'au Québec la très grande majorité des intervenants pensent que le cadenassage est résumé par la pose d'un ou de plusieurs cadenas, et qu'à fortiori il est impossible de faire du « cadenassage » sans poser de cadenas.

5.1.3 Les liens entre le cadenassage et la sécurité

Les liens entre le cadenassage et la sécurité lors des interventions de maintenance sont nombreux. Malgré la progression de l'utilisation du cadenassage dans les entreprises, des accidents reliés à la libération des énergies présentes continuent de se produire. Par exemple, cela fait plus de 10 ans que des normes sur le contrôle des énergies ont été mises en place aux États-Unis et cela fait plus de 10 ans que le cadenassage figure au sommet des normes les plus citées par l'OSHA pour les industriels [Nakoneczny 1999].

Entre 2001 et 2002, le contrôle des risques liés aux énergies et au cadenassage figurait en seconde position parmi les normes les plus citées par l'OSHA pour le secteur manufacturier [Tanchoux 2004]. Entre 1997 et 1998, le cadenassage se classait déjà en 4^e position des normes citées par l'OSHA pour tous les « Standard Industrial Classification ». Ce manque important a d'ailleurs été souligné par une importante association regroupant plusieurs industriels qui indiquait que près de 20 % des entreprises aux États-Unis n'apportaient pas suffisamment de protection à leurs travailleurs afin de prévenir les blessures et les accidents mortels [Oppriecht 1995].

Ces problèmes touchent également le Québec. En 1989, l'IRSST [Paques 1989] mentionnait que l'application du cadenassage était loin d'être systématique dans certains secteurs industriels. En 1995, Préventex indiquait que, selon les statistiques de la CSST, plus de 25 000 travailleurs subissaient chaque année un accident lié à une machine et près du tiers de ces accidents se produisaient alors que l'équipement devait être hors service [Préventex 1995, La Mothe 1994]. Le même organisme précisait d'ailleurs que très peu d'établissements du secteur du textile et de la bonneterie appliquaient une véritable méthode de cadenassage.

Plus récemment, la lecture² de 12 rapports d'accidents graves et souvent mortels, rapports produits par la CSST, montre l'ampleur du problème de l'application des procédures de cadenassage. En effet, ils mettent en évidence les lacunes souvent importantes sur l'application, le contrôle, mais aussi sur l'existence même d'une procédure de cadenassage au sein de l'entreprise :

- 9 juillet 2004, Accident grave d'un travailleur de Grande-Entrée Aquaculture., « Une gestion de la santé et de la sécurité déficiente, une **méthode de cadenassage inexistante** et l'accès à une zone dangereuse en cours d'opération sont à l'origine de cet accident. »
- 15 juin 2004, Décès d'un travailleur chez Modugno-Hortibec inc. à Montréal, « ...qu'une zone dangereuse et un **mauvais contrôle de la méthode de cadenassage** sont à l'origine de l'accident. »
- 20 avril 2004, Décès d'un travailleur chez Techo-Bloc inc. à Longueuil., « ... la CSST a ordonné à l'employeur : **d'instaurer une procédure de cadenassage** de la machine et de former les travailleurs et les contremaîtres à cet effet. »
- 28 janvier 2004, Accident mortel survenu à l'entreprise Maax Canada inc. de Montréal., « ... la CSST a demandé à l'employeur de mettre en place des mesures correctives concernant les risques d'électrocution, notamment : **d'implanter une procédure de cadenassage.** »
- 2 décembre 2003, Un travailleur de Produits Multifoam International tué par un robot industriel., « ...**Une procédure de cadenassage inappliquée...** »
- 17 juin 2003, Accident mortel d'un mécanicien-soudeur chez Domco Tarkett inc., « ...la **procédure de cadenassage était incomplète, peu connue et peu appliquée.** »
- 23 janvier 2003, Décès d'un travailleur d'une ferme laitière du Centre-du-Québec., « L'accès à une zone dangereuse et **l'absence de mesures de cadenassage** empêchant la mise en marche accidentelle de la machine sont à l'origine de cet accident. »

² Sur le site de la CSST : www.csst.qc.ca.

- 3 décembre 2002, Accident mortel chez Pro-Systèmes APX inc. de Granby., « Afin de prévenir d'autres accidents...l'employeur devait aussi **produire une procédure écrite de cadenassage** pour l'entretien et la réparation de la machinerie et assurer la formation des travailleurs concernés. »
- 17 octobre 2002, Un travailleur stagiaire meurt électrocuté chez Circuits imprimés de la Capitale., « ...**qu'il n'existait pas de système de cadenassage** pour sécuriser les lieux lors de travaux. »
- 19 juin 2002, Accident mortel d'un travailleur de l'entreprise Produits Alba de Dolbeau-Mistassini., « ...met notamment en cause une **déficience** au niveau de la conception et de **la procédure de cadenassage** de l'équipement concerné. »
- 18 juin 2002, Accident mortel chez les Produits forestiers Domtar Ste-Marie., « ... Les **mesures de surveillance relatives aux procédures de cadenassage sont déficientes.** »
- 30 mai 2002, Accident mortel d'un travailleur à l'usine Les Granules Cubex., « Afin de prévenir un autre accident et avant d'autoriser la poursuite des travaux, la CSST a exigé de l'employeur les mesures correctives suivantes : **mise en place d'une procédure de cadenassage.** »

Outre le manque de connaissance pour l'application du cadenassage ou le manque de volonté de la part de l'entreprise, d'autres raisons coexistent pour expliquer les nombreux accidents reliés au cadenassage.

C'est par exemple le cas de l'automatisation. Auparavant, les machines et les systèmes de commande étaient simples : lorsque la machine était en marche, certains éléments mobiles étaient en mouvement et lorsque la machine était à l'arrêt, tous ses éléments mobiles étaient au repos. L'automatisation des machines a fait disparaître cette nette distinction entre machine en marche (et donc en mouvement) et machine à l'arrêt (et donc au repos).

De plus, l'utilisation de plusieurs machines en série formant une chaîne de production automatisée a aussi contribué à rendre plus floue la notion de « machine en marche » et de « machine à l'arrêt ». Il est donc facile de penser que la machine est à l'arrêt alors qu'elle se trouve seulement en attente et que l'action d'un capteur, d'un senseur, d'un interrupteur de position ou d'un contacteur (cellule photoélectrique, balance...) va déclencher une séquence qui peut être non prévisible pour la personne qui intervient sur la machine (procédure automatique de remise à zéro de la machine, autocalibration, mise en position d'attente, recul...). De plus, cette action ne va peut-être pas se faire dans la zone de travail du travailleur et ce dernier ne sera possiblement même pas conscient du changement d'état de la machine. À ce sujet, en 2004, la CSST [CSST 2004] a émis un communiqué de presse dans lequel elle indique que l'accès à des zones dangereuses de machines (présentant par exemple des zones de coincement), lesquelles étaient commandées par des automates programmables a été la cause de nombreux accidents mortels au cours des six dernières années.

Enfin, le cadenassage ne semble pas être la méthode la plus efficace pour réduire les risques. En effet, si l'on utilise le graphe de gestion du risque (Figure 7) qui est illustré dans le guide sur la sécurité des machines [Paques 2002], le cadenassage est la combinaison de plusieurs moyens de réduction du risque qui sont situés après la prévention intrinsèque, après la réduction du risque et après l'utilisation de protecteurs :

- méthode de travail (procédures, désignation d'un responsable...);
- formation et information (formation des intervenants, information des autres personnes qui seront autour de la machine...);
- outils de protection collectifs (cadenas de groupe, moyens d'isolement, de sectionnement...);
- outils de protection individuelle (cadenas personnel).

De fait, il est difficile de conclure que le cadenassage est la méthode la plus sécuritaire ou la plus efficace pour mettre en sécurité le personnel lors d'intervention dans les zones dangereuses d'une machine, bien qu'elle soit souvent mise de l'avant. D'un point de vue théorique, elle semble être la plus efficace, mais d'un point de vue pratique ou réel, elle semble peu utilisée et semble être sensible aux erreurs humaines ou techniques.

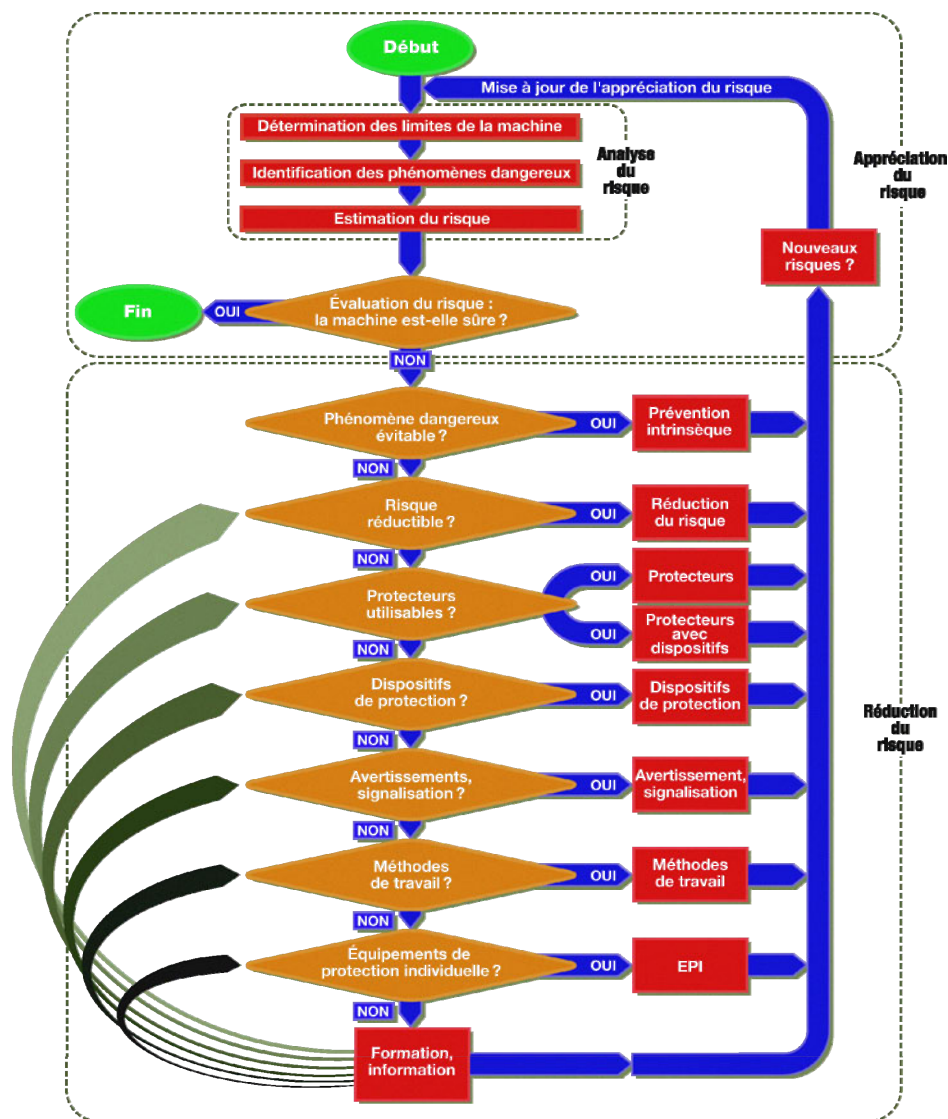


Figure 7 : Démarche de gestion du risque.

5.1.4 Les alternatives possibles au cadenassage

Quelques voies commencent à se faire entendre pour offrir des alternatives au cadenassage, compte tenu des résultats mitigés de son application. Par exemple, la norme CSA Z460-05 [CSA Z 460-05] intitulée “Control of hazardous energy – Lockout and other methods” consacre une partie aux méthodes alternatives de contrôle de l’énergie. Ces méthodes peuvent être utilisées lorsque les tâches réunissent la plupart des critères suivants :

- Sont de courte durée;
- Sont « mineures »;
- Sont fréquentes durant le quart de travail ou la journée de travail;
- Sont généralement réalisées par des opérateurs ou des équivalents-opérateurs;
- Représentent des activités cycliques prédéterminées;
- Interrompent peu les opérations de production;
- Sont présentes même si la machine fonctionne bien;
- Requièrent du personnel spécifiquement formé.

Une liste de tâches possibles (liste non exhaustive) est même citée. Elle comprend la lubrification, les changements d’outils, les nettoyages mineurs, le déblocage, le diagnostic de panne, les ajustements, l’inspection et les mises en production.

Les méthodes alternatives proposées qui doivent être accompagnées d’une stratégie de communication et de formation, sont :

- L’élimination du danger à la source lors de la conception;
- L’utilisation de protecteurs ou dispositifs de protection tels qu’un système individuel de contrôle, la fiabilité des systèmes de commande, un scanner de surface, un protecteur, une commande maintenue, un faisceau ou une barrière optique, un tapis sensible, un interrupteur à ouverture forcée, un dispositif d’arrêt d’urgence ou un système à transfert de clés;
- L’utilisation d’avertissements tels qu’un surveillant, un système d’avertissement automatique, une barrière, des affiches ou signalisation;
- L’utilisation de procédures ou de bonnes pratiques de travail telles que tenue de travail adéquate, éclairage adéquat, préparation du travail, formation et équipement de protection individuel.

Mais la hiérarchie entre le cadenassage et les méthodes alternatives n’est pas claire et les critères qui permettent de choisir entre le cadenassage et les méthodes alternatives sont un peu nébuleux. Néanmoins, c’est un premier pas en avant pour offrir officiellement des alternatives au cadenassage.

5.2 La conception des machines et la maintenabilité

La maintenabilité est l’aptitude à la maintenance. La maintenabilité peut donc être définie comme étant :

- « *La maintenabilité est la mesure de l’aptitude d’un dispositif à être maintenu ou remis dans des conditions spécifiées lorsque la maintenance de celui-ci est réalisée par des*

intervenants ayant les niveaux spécifiés de compétence, utilisant les procédures et les ressources prescrites, à tous les niveaux prescrits de maintenance et de réparation » (MIL-STD-721C, cité dans [ISDF 1999]);

- « *Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits » [EN 13306].*

La maintenabilité d'une machine ou d'un bien peut se décomposer en deux parties, la maintenabilité intrinsèque et la maintenabilité extrinsèque.

La maintenabilité intrinsèque du bien intègre les dispositions de conception du bien qui facilite sa maintenance (taille, poids, disposition, modularité...). Ces dispositions sont peu influencées par le lieu, l'utilisation de la machine, les intervenants de maintenance et leur organisation.

La maintenabilité extrinsèque est constituée des autres conditions qui sont à réaliser pour maintenir le bien dans son état spécifié. Elle va intégrer l'ensemble des tâches à réaliser par les intervenants pour s'approcher de la machine avant l'intervention, puis la remonter après l'intervention, la tester et quitter les lieux. L'organisation du travail prend donc une part importante dans la maintenabilité extrinsèque, mais les solutions techniques (l'environnement physique immédiat ou non de la machine) et leurs répercussions sont aussi très importantes. Par exemple, ne pas prendre en compte la taille des outils nécessaires pour intervenir dans des endroits exigus (couloir, plénum, etc.) va ensuite obliger les intervenants de maintenance à modifier leurs façons de faire ou la vitesse d'exécution lors d'une intervention.

5.2.1 Les objectifs de la maintenabilité

Les objectifs de la maintenabilité d'un équipement sont au nombre de neuf [ISDF 1999] :

1. Anticiper et prévoir l'occurrence d'une défaillance ou d'une dégradation;
2. Faciliter l'exécution des actions de réglage et de remise à niveau par remplacement des éléments consommables (démontabilité...);
3. Donner un moyen simple et le moins ambigu possible de signalement ou d'alerte de défaillance ou de dérive de fonctionnement (testabilité...);
4. Faciliter la localisation de l'élément défaillant ou en dérive de fonctionnement par les systèmes de surveillance et les utilisateurs. En particulier aider au diagnostic non ambigu (testabilité, visibilité...);
5. Mettre en sécurité les intervenants et les biens dès le signalement d'une défaillance ou dès le déclenchement d'une alerte de défaillance (cadenassage, ergonomie...);
6. Donner un moyen de retarder le moment où la réparation devient indispensable après localisation de l'élément défaillant (redondance, mode dégradé...);
7. Donner un moyen d'effectuer la maintenance préventive ou corrective pendant le fonctionnement du bien (architecture dynamique...);
8. Permettre l'échange ou la réparation de l'élément défaillant dans le temps le plus court d'immobilisation du bien au niveau de compétence minimum des intervenants, au moindre niveau de stock de pièces de rechange (accessibilité, manutentionabilité, formation, pénibilité...);

9. Faciliter la remise en bon fonctionnement du bien après une immobilisation pour maintenance préventive ou corrective (décadenassage, validation/vérification après intervention...).

Certains de ces objectifs sont clairement reliés à la sécurité des personnes qui utilisent ou interviennent sur les machines.

5.2.2 Liens entre maintenabilité et sécurité

Le premier lien qui peut être fait entre maintenabilité et sécurité se manifeste par les conséquences sur la sécurité de la non prise en compte de la maintenabilité. La non-maintenabilité va alors se traduire par des risques augmentés pour le personnel qui va intervenir sur la machine. Ces risques peuvent être techniques (l'intervention va dégrader une autre partie de la machine), humains (intervention sur des éléments en fonction, sous tension, radioactifs, dangereux, chauds), environnementaux (création de déchets dangereux), organisationnels (procédure de cadénassage/décadenassage absente ou non à jour) ou ergonomiques (poids des éléments à manipuler, efforts à fournir, accessibilité...).

La maintenabilité intrinsèque peut être décomposée en 21 critères techniques [ISDF 1999]. Un certain nombre de ces critères est en relation directe avec la sécurité des intervenants ou des utilisateurs des machines ainsi qu'avec les autres objectifs de la maintenabilité (Tableau 5).

Tableau 5 : Liens entre les objectifs de maintenabilité et les critères de maintenabilité.

Objectifs	Critères								
	Anticiper les défaillances	Faciliter le réglage	Signaler les alertes	Faciliter la localisation et aide au diagnostic	Mise en sécurité des intervenants et des biens	Retarder le moment de la réparation	Maintenance préventive en marche	Réparation la plus rapide possible	Faciliter la remise en route après intervention
Accessibilité	✓	✓		✓	✓			✓	
Aptitude à la maintenance préventive conditionnelle		✓					✓		✓
Aptitude à la maintenance préventive systématique		✓					✓		✓
Aptitude à la remise en bon fonctionnement du bien	✓				☑		✓	✓	✓
Aptitude au diagnostic – testabilité	✓		✓	✓	✓				
Aptitude au fonctionnement dégradé						✓	✓		
Cadenassage et decadenassage		✓			✓			✓	
Connectique	✓	✓		✓			✓	✓	
Démontabilité		✓						✓	
Déteçtabilité	✓		✓	✓	✓			✓	
Facilité de réglage		✓					✓		
Identification et repérage		✓	✓	✓	☑			✓	
Interchangeabilité		✓					✓	✓	
Manutentionabilité		✓			☑		✓	✓	
Modularité		✓					✓	✓	
Nettoyabilité	✓	✓			☑			✓	
Qualité de la documentation technique d'utilisation et de maintenance	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Redondance					☑	✓	✓		
Réparabilité		✓					✓	✓	
Sauvegarde					☑				✓
Visibilité	✓	✓		✓	✓			✓	

Les critères identifiés par l'ISDF qui influencent fortement la mise en sécurité des intervenants et de la machine sont l'accessibilité (moyens physiques qui permettent de faciliter l'accès à la machine pour une intervention de maintenance) [Main 2004], l'aptitude au diagnostic et la

testabilité (connaissance à tout moment de l'état de la machine), le cadenassage et le décadernassage (la facilité de consignation/déconsignation et la réduction des temps d'intervention influencent la sécurité des intervenants), la détectabilité (pour identifier au mieux la défaillance qui affecte une machine et éviter des interventions non nécessaires), la qualité de la documentation technique (critère essentiel pour éviter des interventions guidées par des informations erronées, imprécises, ambiguës ou inexistantes) et la visibilité (il est clair qu'une bonne visibilité améliore la sécurité en diminuant les erreurs de lecture ou d'identification).

À ces premiers critères identifiés par l'ISDF, il convient aussi d'ajouter d'autres critères signalés (☑) dans le tableau précédent :

- L'aptitude à la remise en bon fonctionnement du bien (car des conditions de sécurité spécifiques sont parfois indispensables après un arrêt de l'installation pour maintenance);
- L'identification et le repérage (car le repérage des circuits « vitaux » de sécurité est critique);
- La manutentionabilité (car les contraintes liées à ce critère influencent directement l'activité de maintenance et la sécurité des intervenants);
- La nettoyabilité (car une machine qui n'est pas maintenue dans un état de propreté satisfaisante aura plus tendance à tomber en panne et sa surveillance visuelle ne sera pas possible) [Hohmann 2005];
- La redondance (dans le cas des automates programmables industriels – API – dédiés à la sécurité ou pour permettre une maintenance préventive ou corrective sans l'arrêt du système);
- La sauvegarde (ensemble des dispositions mises en œuvre pour assurer la mise en sécurité des personnes, des biens et des informations lorsqu'une défaillance survient).

De fait, si la maintenance n'a pas été prévue lors de la conception et lors de l'installation de la machine, des problèmes de sécurité surviendront inévitablement lors des interventions de maintenance, qu'elles soient routinières et de niveaux 1 ou 2 (maintenance préventive, lubrification) ou moins habituelles et de niveaux plus élevés (remplacement ou modification majeurs...).

5.3 Les espaces clos

Les espaces clos sont connus dans le monde de la SST pour être source d'accidents de travail [NIOSH 1994]. Les espaces clos sont des espaces totalement ou partiellement fermés (cas des fosses à lisier dans les fermes), qui ne sont pas conçus pour recevoir des personnes et qui ont des voies d'entrée et de sortie restreinte. Ce peut être un réservoir, un silo, une cuve, une trémie, une voûte, un égout, un tuyau, une cheminée, un puits d'accès, une citerne de wagon ou de camion, une chaudière, une cuve de fourneau, un puits profond, un réacteur nucléaire, un caisson de pont, un pieu de fondation, etc.

Il existe beaucoup de documentation qui traite des espaces clos et des procédures à respecter pour y entrer et effectuer des interventions. Mais le lien entre les interventions qui sont réalisées dans les espaces clos et le besoin de ces interventions est rarement fait.

De fait, tous les travailleurs qui doivent pénétrer dans les espaces clos le font pour y effectuer des interventions de maintenance, étant donné que l'espace clos n'est pas conçu pour recevoir normalement des personnes. Et la criticité de ces interventions est très importante. Le personnel de maintenance est donc confronté à des risques extrêmes pouvant conduire à un grand nombre d'accidents souvent graves voire mortels. L'étude conduite par The National Institute for Occupational Safety and Health sur 109 accidents mortels en espaces clos, entre 1983 et 1993, est accablante à cet égard [NIOSH 1994]. La maintenance était citée comme étant à l'origine de 40,4% des entrées dans ces espaces confinés ayant conduit à l'accident (Tableau 6). En considérant l'activité d'inspection qui n'était pas retenue dans cette étude comme une activité de maintenance, on atteint 50,5% des causes d'entrée, soit un cas sur deux. Inversement, les causes d'entrée originelle qui ne sont pas liées à la maintenance sont la construction, le retrait d'objet, le décroincement du matériel (dans des silos) et les causes inconnues ne représentent que 13,7 % des entrées.

Une autre façon de raisonner pour déterminer la part des entrées initiales liées à la maintenance est de ne pas considérer l'entrée pour des raisons de secours dans un espace clos. Comme les entrées pour secours correspondent à 39 décès, les 55 décès liés à la maintenance pour 70 entrées correspondent à 78% des entrées. Nous pouvons donc conclure que la maintenance est la source initiale de près de 4 décès sur 5 dans les espaces clos, auxquels se rajoutent par la suite les décès liés aux secours.

Tableau 6 : Raisons de l'entrée dans les espaces clos.

Raisons de l'entrée	Types d'espaces clos								Total	%
	Réservoir	Pipeline Tunnel	Camion citerne	Voûte	Cuve Bassin	Silo	Regard	Puits		
Construction	0	1	0	0	0	0	4	0	5	4.6
Inspection	5	0	0	1	0	1	3	1	11	10.1
Entretien Maintenance	14	1	3	3	10	0	10	3	44	40.4
Secours	11	1	0	0	14	0	10	3	39	35.8
Retrait d'objet	1	0	0	0	2	0	0	1	4	3.6
Matériel à déloger/décoincer	0	0	0	0	0	5	0	0	5	4.6
Inconnu	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.9
Total	31	3	3	4	26	7	27	8	109	100

La maintenabilité des espaces clos se pose donc. Car si ces espaces avaient été minimalement prévus pour les interventions de maintenance, qui sont inéluctables, les conséquences auraient peut-être été moins dramatiques. La maintenance du matériel mis dans l'espace clos a-t-elle été prévue lors de la conception pour tenir compte des contraintes d'intervention ? Son accessibilité, sa démontabilité, sa modularité, sa fiabilité ont-elles été analysées pour limiter la fréquence et la durée des interventions? Toutes ces questions semblent être peu posées lors de la conception des espaces clos.

5.4 Prise en compte des exigences de maintenance lors de la conception des machines – Le cas des convoyeurs à courroie

Pour combler le manque d'information entre la maintenance et la sécurité, deux documents ont été produits par l'IRSST en 2004 [Giraud 2004, Massé 2004] pour une machine commune et universelle : le convoyeur à courroie. Ces deux guides répondent à deux objectifs : prendre en compte les exigences de maintenance lors de la conception des machines et informer le concepteur de l'influence de ses choix de conception sur la sécurité des futures interventions de maintenance sur la machine. Pour ce faire, les deux guides intègrent chacun une section sur la maintenance qui intègrent ces objectifs.

Pour le premier guide [Giraud 2004], qui est orienté vers les utilisateurs, les recommandations ont été de dissocier les activités de production des interventions de maintenance et de prendre comme principes généraux l'élimination à la source des dangers et la réduction de la fréquence des interventions. De ce fait, il est spécifié que les interventions de maintenance doivent se faire le plus souvent possible hors des zones de danger (cas du graissage, des réglages, des inspections, etc.). Le cadenassage et d'autres moyens de protection ont aussi été mis de l'avant. Finalement, un tableau récapitulatif permet d'associer à chaque intervention de maintenance une liste d'exigences en matière de protection.

Pour le second guide [Massé 2004], qui est orienté vers les concepteurs, les recommandations ont été de prendre en compte les exigences de production et de maintenance lors de la conception. Pour cela, les concepteurs disposent de données sur l'incidence des choix de conception des éléments du convoyeur (courroie, rouleaux, tambours, tendeur, chargement et déchargement, nettoyage de la courroie, contrôle du convoyeur, conditions environnementales) sur la sécurité du personnel. De ce fait, le concepteur peut ajuster ses choix de conception (dans la limite autorisée du cahier des charges) pour réduire les risques futurs pour le personnel qui sera chargé de la maintenance du convoyeur. De plus, il est demandé de prévenir et de réduire le nombre des interventions à risque sur les convoyeurs, et particulièrement les interventions de récupération ou de correction.

À la liste des incidences des choix de conception sur la sécurité s'ajoutent des dispositions à prendre pour assurer une bonne maintenabilité et des informations permettant de limiter les interventions de maintenance corrective. Ces informations sont données sous la forme de liens entre les dysfonctionnements des convoyeurs, leurs causes probables et les solutions qui peuvent y être apportées. Un arbre des fautes générique pour les convoyeurs à courroie permet de visualiser le cheminement vers un accident tout en identifiant les causes initiales de l'accident.

6. PROPOSITIONS DE RECHERCHE

Compte tenu des commentaires qui ont été émis précédemment, il appert qu'un certain nombre de points méritent d'être fouillés plus en profondeur pour aider à rendre les opérations de maintenance plus sécuritaires.

Trois axes ou même plus peuvent être pris en compte. Tout d'abord, il convient de mieux connaître les liens entre la maintenance et la SST, compte tenu du peu de littérature et du peu de données disponibles, et de la très nette dichotomie entre maintenance et SST (les auteurs qui parlent de maintenance parlent très peu de SST et inversement, comme si deux mondes parallèles s'ignoraient). C'est en effet le constat principal qui ressort de la recension des écrits. Ensuite, la protection des intervenants de maintenance lors de leurs interventions doit être améliorée car les accidents lors d'intervention de maintenance sont encore très nombreux et graves. La littérature et les observations dans les usines laissent paraître que le cadenassage ne produit pas tous les effets escomptés. Il faut donc réfléchir à des alternatives plus efficaces comme cela est proposé dans la norme CSA Z460 sur le cadenassage. En effet, pour certaines interventions de courte durée, l'utilisation de moyens de protection systématiquement utilisés, car automatiques, permettra d'atteindre un niveau de sécurité supérieur à celui donné par de laborieuses méthodes de cadenassage utilisées plus ou moins systématiquement par les intervenants. Enfin, comme l'indique la norme ISO 12100-2 :2003 : « La prévention intrinsèque constitue la première et la plus importante étape du processus de réduction du risque, car les mesures de prévention qui sont incluses dans les caractéristiques de la machine ont de bonnes chances de rester efficaces en permanence; en revanche, l'expérience prouve qu'une protection, même bien conçue, peut présenter une défaillance ou être contournée, et que l'information pour l'utilisation peut ne pas être suivie. »³. Ceci est aussi vrai pour les opérations de production que pour les interventions de maintenance et l'obtention de la prévention intrinsèque ne peut se réaliser efficacement que lors de la conception de la machine. Il reste donc un gros travail à faire pour intégrer dès la conception les exigences des futures interventions de maintenance.

C'est pour cela qu'il est proposé de développer au cours des prochaines années trois orientations relatives à la sécurité des interventions de maintenance :

1. Analyse des liens entre la maintenance et la SST;
2. Protection du personnel lors des interventions de maintenance de courte durée;
3. Intégration des exigences de maintenance lors de la conception des machines.

6.1 Analyse des liens entre la maintenance et la SST

6.1.1 Problématique

À l'heure actuelle et malgré les données disponibles dans les pages précédentes de ce rapport, une telle analyse des liens entre la maintenance et la SST n'est pas disponible au Québec. Il n'existe que très peu de données disponibles qui font des liens fiables entre les métiers de la maintenance et la SST. Comme en France, trois facteurs contribuent à cette absence de données :

³ ISO 12100-2 :2003, chapitre 4.1, Généralités.

- Un facteur organisationnel lié au processus de collecte de données;
- Un facteur technique lié à la nature des activités de maintenance;
- Un facteur structurel lié à l'organisation des professions.

Le premier facteur qui contribue à l'absence de données spécifiques est de nature organisationnelle : en effet, lors de la collecte de données, le formulaire de « réclamation du travailleur » (formulaire 1939 de la CSST) ne permet pas de connaître l'activité exercée par le salarié au moment de l'accident. De ce fait, il n'est pas possible d'isoler les activités de maintenance des autres activités (production par exemple) dans les statistiques des accidents de la CSST.

Le second facteur qui contribue à l'absence de données spécifiques tient à la nature même des activités de maintenance et à la façon dont ces activités sont réalisées. Selon les secteurs industriels, les activités de maintenance sont plus ou moins réalisées par des entreprises extérieures (sous-traitées). De fait, il est difficile de disposer de toutes les données sur les accidents de maintenance qui se rapportent à une même machine ou un même atelier étant donné les possibilités d'intervention des entreprises extérieures. De plus, comme les activités de maintenance ne forment pas un tout homogène, les sous-traitants développent eux aussi leurs spécificités (mécanique, chaudronnerie, tuyauterie, électricité, instrumentation, automatisme). Parallèlement à cela, les sous-traitants peuvent aussi développer deux marchés différents dont la construction (installation des machines) et la maintenance (entretien des machines).

Le troisième facteur qui contribue à l'absence de données spécifiques en maintenance est structurel et est lié à l'organisation des professions. La maintenance est constituée d'une part d'un ensemble d'activités transverses partagées entre les activités réalisées en interne et celles sous-traitées et est d'autre part, segmentée par métier tel que mécanique, électricité, tuyauterie, chaudronnerie, automatisme, etc. Et la maintenance est aussi traversée par les clivages liés aux métiers et aux professions (ingénieurs, technologues, etc.). Ainsi, sur un même lieu d'intervention et pour les mêmes activités, les intervenants peuvent relever d'employeurs différents avec des statuts différents et des conventions collectives différentes.

6.1.2 Objectifs et résultats

Afin de combler cette absence de données, nous suggérons d'utiliser les résultats de cette activité exploratoire sur la maintenance et ceux d'une prochaine activité d'analyse des accidents machines (en cours de réalisation), le tout complété par un sondage. Ce sondage pourrait être similaire à celui qui a été effectué en 2001 en France (sondage intitulé « Situation et tendance de l'évolution de la maintenance dans les entreprises industrielles ») par le ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie avec le concours de l'AFNOR, de l'AFIM et du CNMI. Par ailleurs, l'IRSST dispose du questionnaire original qui a été utilisé et l'analyse des réponses à ce sondage de 2001 est disponible dans le Guide national de la maintenance 2004 de l'AFIM.

Les réponses du sondage devraient permettre de connaître la répartition des travaux de maintenance et l'implication du personnel des entreprises; de connaître la part de maintenance sous-traitée ou faisant appel à du personnel d'agence ou autonome; de connaître la répartition du personnel de maintenance (âge, ancienneté); de connaître les priorités à moyen terme de

l'entreprise pour la maintenance ainsi que de connaître les futurs enjeux de la maintenance pour l'entreprise.

6.2 Protection du personnel lors des interventions de maintenance de courte durée

Le second axe, qui s'intègre dans la problématique au sens large du cadenassage, devrait nous permettre de répondre à la question : « la sécurité du personnel (qui effectue des interventions de maintenance de courte durée) doit-elle être obtenue en demandant l'application de procédures de cadenassage ou peut-elle être obtenue avec des dispositifs de sécurité ? ». Pour cela, nous suggérons de travailler en tenant compte de l'évolution du cadenassage au Québec, tout en n'oubliant pas les alternatives possibles telles que mentionnées dans la norme CSA Z460-05.

6.2.1 Objectifs et résultats

Afin de répondre à cette question, l'objectif est, dans un premier temps, d'effectuer une activité de recherche sur une machine spécifique. Cela pourrait être par exemple les abatteuses mécanisées. Le but serait de recenser et d'analyser la majorité des dispositifs de sécurité qui sont proposés au Québec par les fabricants de cette machine, dispositifs qui sont actionnés lorsque l'opérateur sort de sa cabine pour une intervention non planifiée de maintenance de courte durée sur la tête d'abattage.

Les résultats de cette activité permettront alors de cheminer dans notre réflexion sur les meilleurs moyens à utiliser afin de protéger les intervenants de maintenance lors de leurs interventions de courte durée.

6.3 Intégration des exigences de maintenance lors de la conception des machines

L'intégration des exigences de maintenance lors de la conception des machines est une étape nécessaire pour que les utilisateurs finaux de la machine ne se retrouvent pas avec des machines mal conçues ou dangereuses à entretenir, machines qui de plus nécessiteront des corrections adaptées au cas par cas et parfois fort complexes ou coûteuses. Étant donné qu'il semble difficile de disposer de solutions universelles, les travaux antérieurs de l'IRSST pourront servir de base pour, dans un premier temps, intégrer les exigences de maintenance pour un type de machine. Dans un deuxième temps, la génération de solutions facilement adaptables aux autres machines pourra être étudiée.

Pour cela, nous suggérons de baser les travaux sur les trois guides « *Sécurité des convoyeurs à courroie : Principes de conception pour améliorer la sécurité - Guide du concepteur* » [Massé 2004], « *Sécurité des convoyeurs à courroie : généralités, protection contre les phénomènes dangereux - Guide de l'utilisateur* » [Giraud 2004] et « *Sécurité des machines : Prévention des phénomènes dangereux d'origine mécanique – Protecteurs fixes et distances de sécurité* » [Giraud 2008] publiés conjointement par la CSST et l'IRSST pour approfondir les principes de

conception sécuritaire des convoyeurs à courroie et pour intégrer au mieux les exigences de maintenance lors de leur conception.

6.3.1 Objectifs et résultats

Le premier objectif de cette orientation de recherche pourra être de valider les exigences de maintenance qui sont déjà incluses dans les deux guides. À la vue des résultats et si les besoins se font sentir, une seconde étape permettra d'améliorer l'intégration des exigences de maintenance lors de la conception des convoyeurs.

7. CONCLUSION

Comme nous avons pu le voir dans les pages précédentes, les interventions de maintenance sont situées à la croisée de nombreux chemins tant techniques, qu'organisationnels ou qu'humains. À la lumière de cette étude, il semblerait que la majorité des actions en santé et sécurité du travail a été orientée, avec succès, en direction du personnel de production compte tenu de l'importance de sa population et des risques encourus, mais peu de travaux ont été dédiés à la protection du personnel de maintenance hormis le cadenassage. La sécurité des intervenants de maintenance n'est donc pas totalement assurée actuellement. Cependant, cette situation n'est pas bien connue car elle est souvent masquée et que peu d'études la mettent de l'avant.

Cette situation va perdurer tant que des efforts ne seront pas faits pour la corriger. Mais contrairement aux opérations de production où les situations de travail sont bien maîtrisées et souvent répétitives, les interventions de maintenance sont souvent moins bien connues, plus disparates et moins bien formalisées. De plus, la tendance actuelle est de faire plus avec de moins de moins de moyens (les budgets maintenance sont souvent en régression en coûts constants années après années), ce qui est incompatible à long terme avec des objectifs de sécurité.

Les efforts pour corriger cette situation peuvent être de plusieurs natures : suppression des risques pour les interventions de maintenance routinières (lubrification, inspection), meilleure prise en compte et intégration des exigences de maintenance lors de la conception des machines et des lieux de travail, meilleure protection du personnel lors des interventions de maintenance. Dans le premier cas, étant donné que ces interventions de maintenance de premier ou de deuxième niveau peuvent être formalisées, il semble possible de concevoir des machines sûres pour les intervenants de maintenance. Dans les autres cas, les solutions ne sont pas aussi génériques et demandent encore des efforts pour être disponibles.

Plusieurs points n'ont pas été totalement éclaircis dans cette étude. Citons par exemple les liens entre ancienneté dans l'entreprise et expérience dans la fonction. Citons aussi le cas du cadenassage lors des interventions de maintenance, interventions de courte ou de longue durée. Nous espérons que la démarche proposée dans cette programmation thématique permettra de les résoudre et de contribuer à la prévention des accidents du personnel de maintenance.

Enfin, il reste un point qui n'a pas été couvert dans cette étude et qui n'est pas inclus dans la programmation thématique proposée : il s'agit des maladies professionnelles contractées par les intervenants en maintenance. Doit-on traiter ce point, et si oui, comment ? Cette question mérite d'être posée car selon l'étude de l'AFIM, les trois maladies professionnelles qui représentent 70 % des cas de maladie professionnelle des intervenants de maintenance, sont les affections professionnelles consécutives à l'inhalation de poussières d'amiante, les hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant ainsi que les surdités. Est-ce que ce tableau est représentatif de l'ensemble de la population de maintenance ? Est-ce que la sous-traitance aggrave cette situation en transférant et augmentant le risque vers les intervenants des entreprises sous-traitantes ou est-ce que la maintenance des machines implique l'exposition des intervenants de maintenance à des situations plus dangereuses que lors de la production ?

8. RÉFÉRENCES

AFIM 2004

Association française des ingénieurs et responsables de maintenance (AFIM), « Guide national de la maintenance 2004 », chapitre 3 : Santé et sécurité dans l'industrie : les métiers de la maintenance en première ligne, p. 37-66, 2004.

Agence 1998

Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Analyse qualitative des accidents du travail sur 'machines'*, Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 1998.
Lien internet : <http://fr.osha.europa.eu/statistics/analyse2.stm>.

ARIA 2000

Analyse Recherche et Information sur les Accidents (ARIA), *Répartition des circonstances des accidents répertoriés en France de 1992 à 2000*, Base de données de l'ARIA, 2000.

ASPME 1998

Association sectorielle paritaire métal électrique, *Le cadenassage ou le contrôle des sources d'énergie*. ASPME, Montréal, 1998, 49 p.

ASSIFQ 2001

Association de santé et sécurité des industries de la forêt du Québec inc., *Système de cadenassage, Manuel de référence*. ASSIFQ, Québec, 2001, 65 p.

Batson 1999

Batson, G. R., Ray, S. P. et al., "How Preventive Maintenance Impacts Plant Safety,". *Proceedings of the Maintenance and Reliability Conference (MARCON '99)*, Gatlinburg, TN, UT Maintenance and Reliability Center, vol. 1, p. 20.1-20.12, mai 1999.

Boucly 1987

Boucly, F. et Ogus, A., « Le management de la maintenance », Afnor gestion, 310 p, 1987.

Boucly 1998

Boucly, F., « Le management de la maintenance – Évolution et mutation », Afnor gestion, 309 p, 1998.

Brangier 1997

Brangier, B. et Cuny, M., *Prévention des risques professionnels dans les activités de maintenance sur site*, ARACT Lorraine, 1997.

Christensen 1999

Christensen, W. et Manuele, F., *Safety Through Design*. NSC Presse, 1999, 279 p.

Collinge 1999

Collinge, C. et Paques, J.-J. et al., « Accidents du travail dans les usines de pâtes et papiers du Québec : développement d'une méthodologie d'analyse et portrait préliminaire des accidents ». 1^{re} conférence internationale sur la sécurité des systèmes industriels automatisés (1^{ère} : 5-7 octobre, 1999 : Montréal, Canada), 1999.

Construction 1995

Association sectorielle paritaire (ASP) – Secteur Construction, *Le cadenassage : brochure de prévention*, L'Association, Anjou, 1995.

CSA Z 460-05

Norme CSA Z 460-05, "Control of hazardous energy – Lockout and other methods", Canadian Standards Association, 2005, 98 p.

CSST 2000

Commission de la santé et de la sécurité du travail, Rapport d'enquête d'accident « Accident mortel et accident avec blessures survenus le 3 mars 2000 à deux travailleurs à la compagnie J.R. Ouimet inc. à Ville d'Anjou », CSST, Montréal, 2000, lien Internet : <http://centredoc.csst.qc.ca/pdf/ed003203.pdf>

CSST 2004

Commission de la santé et de la sécurité du travail, communiqué de presse « Les machines contrôlées par des automates programmables présentent des dangers : la CSST dépose deux rapports d'enquête », CSST, Trois-Rivières, 2004, lien Internet : http://www.csst.qc.ca/portail/fr/actualites/2004/30_novembre.htm

Daoust 2003

Daoust A., *Le cadenassage, une question de survie*. Collection Travail et Santé, Napierville, 2003, 94 p.

Dériot 2005

Dériot, G. et Godefroy, J.-P., « Le drame de l'amiante en France : comprendre, mieux réparer, en tirer des leçons pour l'avenir », Tome I : rapport, Sénat, session ordinaire de 2005-2006, Paris, 2005, 333 p.

ED 754

Consignations et déconsignations, ED 754, INRS, Paris, 2^e édition, 1996, 23 p.

ED 1521

Maintenance et maîtrise du risque – Enseigner la prévention des risques professionnels, ED 1521, INRS, Paris, 1994, 79 p.

EN 13306

Norme NF EN 13306:2001, « Terminologie de la maintenance », Afnor, 2001, 59 p.

FD X 60-000

Fascicule de documentation FD X 60-000:2002, "Maintenance industrielle – Fonction maintenance". Afnor, Saint-DENIS La Plaine, 2002, 29 p.

Francastel 2003

Francastel, J.-C., « Ingénierie de la maintenance : de la conception à l'exploitation d'un bien », Ed. Dunod, Paris, 2003, 494 p.

Francastel 2005

Francastel, J.-C. et Jourden, P., « Pratique de la maintenance industrielle : Méthodes – Outils - Applications », Ed. Dunod, Paris, mise à jour de juin 2005.

Giraud 2004

Giraud, L. et Massé, S. et al., *Sécurité des convoyeurs à courroie : Généralités, protection contre les phénomènes dangereux - Guide de l'utilisateur*. CSST, 2004, 79 p.

Giraud 2008

Giraud, L., *Sécurité des machines : Prévention des phénomènes dangereux d'origine mécanique – Protecteurs fixes et distances de sécurité*. CSST, 2008, 69 p.

Grusenmeyer 2000

Grusenmeyer, C., *Organisation de la maintenance et interactions maintenance-production dans une fonderie d'aluminium*. Vandœuvre, INRS, coll. Les notes Scientifiques et Techniques de l'INRS, 2000, NS 0182, 96 p.

Grusenmeyer 1998

Grusenmeyer C., *La gestion de l'information entre maintenance et exploitation en situation d'arrêt programmé sur une chaufferie nucléaire*. Vandœuvre, INRS, coll. Les notes Scientifiques et Techniques de l'INRS, 1998, NS 170, 73 p.

Grusenmeyer 2000b

Grusenmeyer C., *Interactions maintenance-exploitation et sécurité : étude bibliographique, 3. Nature, modes et phases d'interaction des opérateurs*. Vandœuvre, INRS, coll. Les notes Scientifiques et Techniques de l'INRS, 2000, NS 0190, 49 p.

Hale 1998

Hale, A.R., Heming, B.H.J., Smit, K., Rodenburg F.G.Th., Van Leeuwen N.D., *Evaluating safety in the management of maintenance activities in the chemical process industry*. Safety Science, 1998, 28, 1, p. 21-44.

Héng 2002

Héng, J.; « Pratique de la maintenance préventive : mécanique, pneumatique, hydraulique, électricité, froid », Ed. Dunod, Paris, 2002, 388 p.

Héry 2002

Héry, M. *Besoins de recherche en santé au travail pour les salariés d'entreprises de sous-traitance interne*, Pistes, 2002, 4, 1, lien internet : <http://www.pistes.uqam.ca/v4n1/articles/v4n1a1.htm>.

Hohmann 2005

Hohmann, C., « La contribution des 5S à la maintenance – Intégrer et responsabiliser les opérateurs de production ». Production Maintenance, # 8, 2005, p. 41-42.

ISDF 1999

CETIM, *Sûreté de fonctionnement et maîtrise des risques – La maintenabilité*. Senlis, CETIM, coll. ISDF, 1999, 156 p.

ISO 12100-1:2003

ISO 12100-1 :2003, « Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 1 : Terminologie de base, méthodologie », 2003, 33 p.

ISO 14118:2000

ISO 14118:2000, « Prévention de la mise en marche intempestive des machines », 2000, 12 p.

La Mothe 1994

La Mothe, B., *Tout sur l'art du cadenassage*, Prévention au travail, vol. 7, n° 1, p. 15-22, 1994.

Levitt 1997

Levitt, J. *The Handbook of Maintenance Management*. Industrial Press Inc., New York, first edition, 1997, 477 p.

Lupin 2006

Lupin, H. et Marsot, J., *Sécurité des machines et des équipements de travail – Moyens de protection contre les risques mécaniques*. INRS, ED 807, Paris, 3e édition, 2006, 104 p.

Main 2002

Main, B. W., Cloutier, D. R., Manuele, F. A. et Blosswick, D. S., *Maintenance Risk Assessment - Survey Report*, Design Safety Engineering, février 2002.

Main 2004

Bruce, W. Main, "Risk Assessment". Professional Safety, 2004, p. 37-47.

Manuele 1993

Manuele, F., *On the practice of safety*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1993, 268 p.

Massé 2004

Massé, S., Giraud, L. et al., *Sécurité des convoyeurs à courroie : Principes de conception pour améliorer la sécurité - Guide du concepteur*. CSST, 2004, 121 p.

Mutawe 2002

Mutawe, A. M., Tsunehara, R. et Glaspey, L. A., *OSHA's Lockout / Tagout Standards : A review of Key Requirements*. Professional Safety, p. 20-24, février 2002.

Nakoneczny 1999

Nakoneczny, L. A., *Ahead to lockout's*. Metalforming, p. 22-24, 1999.

NIOSH 1994

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Worker Deaths in Confined Spaces*, NIOSH, 1994.

NOHSC 2000

National Occupational Health and Safety Commission (NOHSC), *Work-related fatalities associated with design issues involving machinery and fixed plant in Australia, 1989 to 1992*, NOHSC, Sydney, 2000, lien internet http://www.nohsc.gov.au/PDF/Statistics/machinery_final.pdf

Oppriecht 1995

Oppriecht L. E., *Control energy at its source*, Office of Health and Safety (OHS), Waco, vol. 64, 1995.

Paques 1989

Paques, J.-J., Bélanger, R. et Massé, S., *Sécurité des méthodes de cadenassage d'équipements de scieries*, IRSST, R – 028, 1989.

Paques 2002

Paques, J.-J., Bourbonnière, R. et al., *Sécurité des machines : phénomènes dangereux, situations dangereuses, événements dangereux, dommages*. CSST – IRSST, 2002, 6 p.

Poulin 1999

Poulin, S., *Le cadénassage*, Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail - Secteur des Affaires Municipales » (APSAM), Fiche technique, Montréal, 1999.

Préventex 1995

Association Sectorielle Paritaire (ASP) – Secteur Textile (Préventex), *Verrouillage/cadenassage*, Brossard, Québec, 1995.

Ray 2000

Ray, S. P., Batson, G. R. et al., “Impact of Maintenance Function on Plant Safety”. *Professional Safety*, vol. 45, #8, p. 45-48, 2000.

Retour 1990

Retour, D., Bouche, M. et Plauchu, V., *Où va la maintenance industrielle*, Problèmes Économiques, n° 2.159, 24 janvier 1990.

RSST

Règlement sur la santé et la sécurité au travail, S-2.1, r.19.01, 2002.

Seillan 2000

Seillan, H., « Sous-traitance et sécurité ». *Préventique - Sécurité*, n° 52, p. 5-27, 2000.

Tanchoux 2004

Tanchoux, S., *Prise en compte de la sécurité lors des interventions de maintenance*. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, 2004, 235 p.

Terrell 1995

Terrell, M. *Safety and health management in the nineties*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1995, 320 p.

Underwood 1992

Underwood, R.I., *Engineering the Work Environment - Safe Systems of Maintenance*, Occupational Health and Safety (OHS), n° 17, septembre 1992.

Windau 1998

Windau J. A., *Worker fatalities from being caught in machinery*. Bureau of Labor Statistics, Compensation and Working Conditions, p. 35-38, hiver 1998.