

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

DÉVELOPPEMENT ET UTILISATION D'UN OUTIL DE CALCUL DES COÛTS  
INDIRECTS DES ACCIDENTS DE TRAVAIL BASÉ SUR UNE CARTOGRAPHIE  
DES PROCESSUS

ROMAIN JALLON

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

THÈSE PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLÔME DE PHILOSOPHAE DOCTOR (Ph.D.)  
(GÉNIE INDUSTRIEL)

JUIN 2011

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Cette thèse intitulée :

DÉVELOPPEMENT ET UTILISATION D'UN OUTIL DE CALCUL DES COÛTS  
INDIRECTS DES ACCIDENTS DE TRAVAIL BASÉ SUR UNE CARTOGRAPHIE  
DES PROCESSUS

Présentée par : JALLON Romain

en vue de l'obtention du diplôme de : Philosophae Doctor

a été dument acceptée par le jury d'examen composé de :

M. TRÉPANIÉ Martin, Ph.D., président

Mme. DE MARCELLIS-WARIN Nathalie, Doct., membre et directrice de recherche

M. IMBEAU Daniel, ing., Ph.D., membre et codirecteur de recherche

M. ROBERT Jean-Marc, Ph.D., membre

Mme DESMARAIS Lise, Ph.D., membre externe

M. SAVARD, Pierre, Ph.D., membre

## REMERCIEMENTS

Une thèse de doctorat représente un travail de longue haleine comportant des moments de doutes profonds et d'inspiration puissante. Mon travail n'a pu être mené à son terme que grâce à l'implication, à l'encadrement, aux encouragements et à l'aide de plusieurs personnes envers lesquelles je suis profondément reconnaissant.

Je tiens à remercier tout d'abord mon directeur de thèse, le professeur Daniel Imbeau, de m'avoir transmis son goût pour la recherche, sans lequel cette thèse n'aurait jamais vu le jour. Daniel, merci infiniment pour votre soutien indéfectible, votre implication continue, vos conseils avisés, vos analyses fines et vos encouragements répétés depuis ce jour de 2005 où je suis venu dans votre bureau vous proposer de révéler une relation entre les niveaux de risque à un poste de travail et les coûts des accidents ! Je remercie chaleureusement ma codirectrice de recherche, la professeure Nathalie De Marcellis-Warin, pour son support tout au long de ce travail, pour sa rigueur scientifique, ses corrections efficaces et ses critiques constructives.

Mes remerciements vont également aux membres de mon jury, les professeurs Martin Trépanier, Yuvin Chinniah, Lise Desmarais et Pierre Savard, qui ont accepté d'évaluer ma thèse.

Ces travaux de recherche n'auraient jamais pu aboutir sans l'aide et l'implication des intervenants en santé et sécurité au travail des 10 entreprises constituant mon échantillon de recherche. Un grand merci à toutes ces personnes (leur nom est confidentiel) qui ont travaillé avec moi et m'ont fourni suffisamment d'informations pour mener à bien mes analyses. J'ai eu beaucoup de plaisir à collaborer avec vous et trouvé passionnant d'apporter des données concrètes à un travail de recherche.

Je tiens à remercier également l'équipe de Tactika Management, et notamment Vincent Garcia qui m'a initialement présenté les fonctionnalités de l'outil de cartographie des processus Qualigram que j'ai utilisé lors de ma recherche, ainsi qu'Alpha Diallo qui a mis gratuitement cet outil à ma disposition.

Mes remerciements vont également à Daniel Legros, conseiller en relation avec les employeurs à la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST), qui a passé du temps avec moi à simuler l'impact des accidents de travail sur la cotisation versée par les entreprises à la CSST.

Merci aussi à Carl St-Pierre pour sa disponibilité, son aide et sa rigueur dans l'analyse statistique de mes données et à mes collègues et amis de la Chaire. Notre petite équipe s'est révélée très inspirante et j'espère que nous continuerons à collaborer professionnellement comme à fêter amicalement.

J'exprime ma gratitude au Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie (CRSNG) ainsi qu'à l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) pour leur soutien financier qui a rendu possible la réalisation de cette recherche, à l'École Polytechnique pour l'octroi de la bourse d'excellence Labrèche-Viger.

Un très grand merci à mes parents qui m'ont soutenu tout au long de mes (longues !) études et qui m'ont encouragé à distance avec la même intensité que si j'étais présent auprès d'eux.

Enfin, un remerciement tout particulier va à ma femme Claire, qui poursuit, en littératures de langue française, un travail de recherche de la même ampleur. Claire, merci pour ton réconfort, ta confiance en moi, ton enthousiasme et ta spontanéité. Je suis de tout cœur avec toi pour la dernière ligne droite de ta thèse !

## RÉSUMÉ

Les maladies et accidents professionnels infligent un fardeau économique considérable aux systèmes de santé nationaux, aux travailleurs blessés et aux entreprises. Afin de favoriser la prise en charge des situations de travail à risque par les entreprises et de les convaincre d'investir en prévention, les problématiques de santé et sécurité au travail (SST), et notamment l'impact des blessures sur la productivité des milieux de travail, doivent être exprimées dans un langage monétaire. En réponse à ce besoin, de nombreux travaux portant sur l'évaluation du coût des accidents de travail ont été réalisés mais les intervenants en SST utilisent peu cette information. Cette lacune est probablement liée au fait que les chercheurs n'ont pas encore réussi à mettre en place un outil de calcul des coûts des accidents qui réponde aux contraintes de temps et de précision des preneurs de décisions œuvrant au sein des milieux de travail.

Cette recherche a pour objectif principal le développement d'un outil de calcul des coûts indirects adapté à une utilisation par les intervenants en SST sur le terrain. Elle s'articule autour de quatre études distinctes : dans la première étude, la littérature scientifique est passée en revue afin d'identifier les limites qui freinent l'utilisation des modèles de calcul du coût indirect dans les entreprises et d'établir des bases et des critères à respecter pour le développement d'un outil de calcul des coûts indirects adapté à une utilisation sur le terrain. En utilisant ces bases et critères ainsi que des données récoltées dans 10 entreprises de tailles et secteurs d'activité variés, un modèle de calcul des coûts indirects utilisant une cartographie de la réponse organisationnelle à un accident de travail a été élaboré et est présenté dans la seconde étude. Dans une troisième étude, cet outil a été utilisé afin de caractériser l'impact de plusieurs variables sur le montant des coûts indirects des accidents de travail en vue de générer des connaissances nouvelles sur leur comportement. Dans la dernière étude, les coûts indirects ont été mis en relation avec les niveaux de risque tels qu'évalués par les méthodes d'analyse de l'exposition aux facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques (TMS), et ce, afin que les intervenants en SST puissent bénéficier, au moment de l'évaluation du poste de travail, d'une double indication, à la fois sur les niveaux de risque auxquels sont exposés les travailleurs et sur les coûts reliés à cette exposition au risque. Cette thèse a permis la mise en place d'un outil de calcul des coûts indirects qui semble adapté à une utilisation par les intervenants en SST sur le terrain. La cartographie des processus permet d'identifier aisément la durée et la fréquence des actions prises par les intervenants lorsqu'un

accident de travail survient, facilite l'étape de collecte des informations nécessaires au calcul du coût indirect et fournit à l'utilisateur un résultat précis et exploitable. Des connaissances nouvelles sur la structure et le comportement des coûts indirects ont été générées dans la troisième étude : la comparaison de huit scénarios d'événements montre que les coûts indirects varient selon la gravité et la durée de l'accident ; la mise en relation de plusieurs variables au moyen d'analyses statistiques permet de mettre au jour que les coûts indirects varient significativement selon la nature, le siège de la lésion ou l'âge du travailleur ; les régressions linéaires révèlent que le nombre de jours de travaux légers et la productivité du travailleur pendant cette période influencent significativement les coûts indirects. Enfin, les résultats de la quatrième étude indiquent qu'il n'y a pas de corrélation significative entre les niveaux de risque mesurés au moyen de méthodes d'analyse de l'exposition aux facteurs de risque de TMS et les coûts indirects.

En définitive, cette étude propose un outil inédit de calcul des coûts indirects qui semble adapté à une utilisation sur le terrain et qui devrait favoriser l'utilisation de l'information essentielle que représente le montant du coût indirect des accidents lors de la prise de décision relative aux investissements en prévention. Les nouvelles connaissances sur le comportement des coûts indirects devraient alimenter de futures recherches afin d'améliorer les outils proposés aux intervenants en SST et de soutenir la prise en charge de la prévention des situations de travail à risque par les entreprises.

## ABSTRACT

Occupational injuries and illnesses represent a considerable financial burden for national health organizations, for injured employees and for employers. To foster the support of safe working condition by companies and convince them to invest in prevention, Occupational Health and Safety (OHS) issues, including the impact of injuries on the business productivity, must be expressed in dollar figures. In response to this need, researchers have conducted many studies on the cost of workplace accidents but OHS stakeholders still rarely use this information. The lack of consideration of this key information is related to the fact that the scientific literature has failed to provide OHS stakeholders with a cost-calculation tool that is both sufficiently accurate and does not require a data-collection stage ill-suited to the time constraints of workplace decision-makers.

This research's main objective is to develop an indirect-cost calculation model adapted to field use by OHS stakeholders. Four separate studies were conducted. In the first study, the recent scientific literature is reviewed to identify factors that may limit the use of workplace indirect costs calculation models and to establish basis and criteria to follow for developing an indirect cost model suitable for the work environment. Using these basis and criteria and the data collected in 10 companies of various sizes in different industry sectors, an indirect cost calculation model using process mapping of the organizational response to a workplace accident has been developed and is presented in the second study. In the third one, the calculation model is used to qualify the impact of several variables on the indirect costs of workplace accidents to expand the body of knowledge on their characteristics. In the last study, indirect costs are related to risk levels as assessed by methods for analyzing exposure to risk factors associated with musculoskeletal disorders (MSD) so that OHS stakeholders can benefit, when evaluating workstations, from a dual indication about the risk levels faced by workers and the costs related to this exposure.

This thesis has enabled the development of an indirect cost calculation model that seems suitable for field use by OHS stakeholders in the 10 companies in which it was established. Indeed, the process mapping allows easy identification of the duration and frequency of actions taken by stakeholders when a workplace accident occurs, facilitates the collection of the information needed to calculate indirect costs and yields a usable, precise result. New findings on the

variables that influence indirect costs are presented in the third study: a comparison of eight event scenarios shows that indirect costs vary depending on the severity and duration of the accident. Statistical analyses indicate that indirect costs vary significantly depending on the type and site of the injury. Linear regressions reveal that the number of days of light work has a major influence on indirect costs. The fourth study results show no significant correlation between risk levels as assessed by methods for analyzing exposure to MSD risk factors and indirect costs.

Ultimately, this research presents a new indirect cost calculation model well-adapted to field use that should promote the consideration of the indirect costs of accidents, which are crucial to prevention investment decisions. New findings on indirect costs and their characteristics should stimulate new research and foster the improvement of the tools currently available to OHS stakeholders to help prevent hazardous workplace situations in their companies.



## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	iii
RÉSUMÉ.....	v
ABSTRACT.....	vii
TABLE DES MATIÈRES .....	ix
LISTE DES FIGURES .....	xvi
LISTE DES TABLEAUX.....	xvii
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	xx
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION .....	1
1.1. Contexte .....	1
1.2. Problématique de l'évaluation des coûts indirects .....	2
1.3. Prévention des troubles musculo-squelettiques .....	5
1.4. Objectif.....	7
CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DE LA THÈSE ET DESCRIPTION DES TERRAINS DE RECHERCHE .....	9
2.1. Présentation de la thèse .....	9
2.2. Terrains de recherche .....	13
2.2.1 Description générale.....	13
2.2.2 Information sur les entreprises.....	15

CHAPITRE 3 : DEVELOPMENT OF AN INDIRECT-COST CALCULATION	
MODEL SUITABLE FOR WORKPLACE USE .....	18
3.1. Abstract .....	19
3.2. Introduction.....	19
3.3. Direct costs / Indirect costs .....	21
3.3.1 Direct costs.....	22
3.3.2 Indirect costs .....	22
3.4. Data collection: the main challenge of indirect cost assessment.....	23
3.5. Approaches for calculating the indirect costs of workplace accidents.....	24
3.5.1 Top-down approach.....	32
3.5.2 Bottom-up approach.....	32
3.5.3 Evaluating indirect costs from direct costs .....	34
3.5.4 Limitations of top-down and bottom-up approaches .....	35
3.5.5 Local approach.....	36
3.6. Criteria for the workplace data-collection and analysis model .....	37
3.6.1 Cost components relevant to calculation/accuracy of calculation.....	37
3.6.2 Flexibility .....	43
3.6.3 Productivity losses assessment .....	43
3.6.4 Validity.....	44
3.7. Bases for developing an accurate customized model using reduced data collection.....	45
3.7.1 Group workplace accidents into accident categories .....	45
3.7.2 Consider the length of absence or light duty work period .....	46

3.7.3	Describe actions taken and time spent by different stakeholders for each accident category .....	48
3.7.4	The model for indirect cost calculation.....	48
3.8.	Conclusion .....	50
3.9.	Acknowledgment.....	51
3.10.	Relevance to Industry.....	51
3.11.	References.....	52
CHAPITRE 4 : A PROCESS MAPPING MODEL FOR CALCULATING INDIRECT COSTS OF WORKPLACE ACCIDENTS.....		
4.1.	Abstract .....	59
4.2.	Introduction.....	59
4.3.	Method .....	61
4.3.1	Process mapping: A method for collecting information required to calculate the indirect costs of workplace accidents.....	61
4.3.2	Sample description .....	63
4.3.3	Interviews.....	65
4.4.	Results .....	67
4.4.1	First-level process similar in all companies.....	67
4.4.2	Procedure for identifying each stakeholder's actions .....	72
4.4.3	Calculation of indirect costs.....	76
4.5.	Discussion.....	80
4.5.1	Compliance with criteria .....	80
4.5.2	Limitations and advantages of the model .....	82

4.5.3	From model to functional tool .....	84
4.6.	Conclusion .....	85
4.7.	Acknowledgements .....	85
4.8.	Relevance to Industry .....	86
4.9.	References .....	87
CHAPITRE 5	: APPLICATION OF A PROCESS MAPPING BASED MODEL FOR THE ASSESSMENT OF INDIRECT COSTS OF WORK-RELATED ACCIDENTS ACCIDENTS .....	89
5.1.	Abstract .....	90
5.2.	Introduction.....	90
5.3.	The indirect cost assessment model .....	92
5.4.	Estimating indirect costs of various workplace-accident scenarios .....	92
5.4.1	Method .....	92
5.4.2	Results.....	94
5.5.	Comparing direct and indirect costs .....	97
5.5.1	Method .....	97
5.5.2	Results .....	101
5.5.2.1	Site of injury .....	101
5.5.2.2	Type of the injury .....	104
5.5.2.3	Cross analysis between site and type of injury.....	106
5.5.2.4	Musculoskeletal disorders.....	106
5.5.2.5	Insurance company file opened.....	107

5.5.2.6	Employee age.....	108
5.5.2.7	Prior accident declared to the insurance company .....	108
5.5.2.8	Type of event .....	108
5.5.2.9	Pareto charts.....	109
5.5.2.10	Direct and indirect costs correlations .....	111
5.6.	Estimating the impact of time off work and light work on indirect costs.....	114
5.6.1	Method .....	114
5.6.2	Results .....	115
5.7.	Discussion.....	118
5.7.1	Employee substitution procedures.....	118
5.7.2	Assessment of costs according to type and site of the injury .....	120
5.7.3	Direct/indirect costs ratio .....	121
5.7.4	Relative impact of number of days of lost time and temporary assignment on total direct and indirect costs .....	122
5.7.5	The accident-cost pyramid.....	123
5.7.6	Cost of musculoskeletal disorders .....	124
5.7.7	Time off work or temporary assignment.....	124
5.8.	Conclusion .....	125
5.9.	Acknowledgements .....	126
5.10.	Relevance to Industry.....	126
5.11.	References.....	127

CHAPITRE 6 : MISE EN RELATION DES NIVEAUX DE RISQUE ET DES COÛTS DES ACCIDENTS DE TRAVAIL .....	132
6.1. Résumé.....	133
6.2. Introduction.....	133
6.2.1 L'évaluation du risque, une étape centrale dans le processus d'intervention en prévention.....	134
6.2.2 Intérêt de la mise en relation entre les niveaux de risque et les coûts des accidents .....	135
6.3. Méthodologie .....	137
6.3.1 Échantillon .....	137
6.3.2 Choix des méthodes d'évaluation du niveau de risque .....	137
6.3.3 Recoupement avec la base de données des statistiques d'événements .....	139
6.3.4 Calcul des coûts directs et des coûts indirects .....	141
6.3.5 Mise en relation des niveaux de risque et des coûts directs et indirects .....	142
6.4. Résultats .....	143
6.5. Discussion .....	146
6.6. Conclusion .....	149
6.7. Remerciements .....	150
6.8. Intérêt pour l'industrie.....	150
6.9. Références.....	151

CHAPITRE 7 : DISCUSSION ET CONCLUSION .....	154
7.1. Caractéristiques de l’outil d’évaluation des coûts indirects.....	154
7.2. Améliorations à apporter à l’outil.....	157
7.3. Futures recherches.....	160
7.4. Conclusion .....	163
ANNEXE A : PRÉSENTATION DU PROCESSUS ET DES PROCÉDURES DE L’ENTREPRISE D EN VUE D’ÉTABLIR LE COÛT INDIRECT DES ACCIDENTS DE TRAVAIL .....	165
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE.....	200

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Iceberg du coût des accidents (Bird, 1974) .....	3
Figure 1.2 : Représentation du modèle classique adapté d'interventions en prévention des TMS (Denis <i>et al.</i> , 2008).....	6
Figure 1.3 : Place des coûts et des niveaux de risque dans le processus d'intervention.....	7
Figure 2.1 : Relation entre les différentes études .....	12
Figure 3.1 : Precision of indirect-cost calculation as related to time spent on data collection.....	24
Figure 3.2 : Diagram showing how the dual-phase indirect-cost calculation model works, relating indirect-cost calculation accuracy to time spent on data collection.....	49
Figure 3.3 : Diagram of a cost-calculation model that is suitable for workplace use and takes accident cost into account in prevention investments .....	50
Figure 4.1: Shapes associated with procedures .....	62
Figure 4.2: Qualigram software language for procedures.....	63
Figure 4.3: Standard organizational response to a workplace accident .....	71
Figure 4.4: Company D's medical examination.....	73
Figure 4.5: Company D's n <sup>th</sup> day of temporary assignment.....	74



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Description de l'échantillon d'entreprises : secteur d'activités, nombre d'employés, chiffre d'affaires, masse salariale assurable .....	14
Tableau 2.2 : Données exploitées pour les différentes études .....	15
Table 3.1: Synthesis of the literature review .....	26
Table 3.2: Classification of the indirect cost-components and summary .....	39
Table 4.1: Company Sample Description .....	64
Table 4.2: Interviews information .....	66
Table 4.3: Procedures described for each company during process mapping .....	68
Table 4.4: Example of duration and frequency of actions taken by stakeholders .....	75
Table 4.5: Cost of Company D "medical examination" procedure shown in Figure 4.4.....	77
Table 4.6: Cost of Company D "n <sup>th</sup> day of temporary assignment" procedure shown in Figure 4.5 .....	78
Table 4.7: Summary of each procedure's cost for Company D.....	79
Table 4.8: Calculating Company D's indirect costs .....	80
Table 5.1: Average, minimum, maximum indirect costs and average standardized indirect costs (with and without Company F, shaded in grey), number of different actions, total time lost by stakeholders (with and without Company F, shaded in grey), costs and time lost by administrative staff, production staff and the employee for eight scenarios of accident.....	95
Table 5.2: Database variables, minimum and maximum values .....	99
Table 5.3: Details of events by company.....	100

Table 5.4: p-value of Mann-Whitney test comparing the "indirect cost" and "site of injury" variables.....	102
Table 5.5: Number of events, ratio to the average for each category of the "site of injury" variable for direct costs and indirect costs .....	103
Table 5.6: p-value of the Mann-Whitney test comparing the "direct cost" and "site of injury" variables.....	103
Table 5.7: p-value of the Mann-Whitney test comparing the "indirect cost" and "type of injury" variables.....	104
Table 5.8: Number of events, ratio to the average for each category of the "type of injury" variable for direct costs and indirect costs .....	105
Table 5.9: p-value of the Mann-Whitney test comparing the "direct cost" and "type of injury" variables.....	105
Table 5.10: Cross analysis between the "site of injury" and "type of injury" variables .....	106
Table 5.11: p-value of the Mann-Whitney test comparing the "direct cost" and "indirect cost" variables with "musculoskeletal disorder", number of events, average and ratio to the average for each "musculoskeletal disorder" category for direct costs and indirect costs .....	107
Table 5.12: Direct cost, indirect cost, number of days off work and of light work by type of event, Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests.....	109
Table 5.13: Pareto charts (direct and indirect costs for company C, D and E) .....	110
Table 5.14: Pearson correlation coefficient value and p-value of "direct cost", "indirect cost", "OW" and "LW" variables .....	111
Table 5.15: Results of the hierarchical linear regression between the independent variables "OW" and "LW" and the dependent variable "indirect cost" .....	112

Table 5.16: Results of the hierarchical linear regression between the independent variables "OW" and "LW" and the dependent variable "direct cost" .....	113
Table 5.17: Results of the linear regression between the dependent "indirect cost" and independent "direct cost" variables .....	113
Table 5.18: total costs of 12 Company B workplace accidents involving musculoskeletal disorders according to 3 different scenarios of length of time off work.....	116
Tableau 6.1 : Nom du poste de travail, nombre d'événements, nombre d'événements de type TMS et période de recoupement avec la base de données de statistiques d'accidents .....	140
Tableau 6.2 : Indices de distribution des variables « QEC », « coût indirect standardisé » et « coût direct » .....	143
Tableau 6.3 : Indices de distribution des variables « FIOH », « coût indirect standardisé » et « coût direct » .....	143
Tableau 6.4 : Valeur des coefficients de corrélation de Pearson et p-value des variables « QEC », « INV (Coût indirect standardisé) » et « LN (Coût direct) » .....	144
Tableau 6.5 : Valeur des coefficients de corrélation de Pearson et p-value des variables « FIOH », « INV (Coût indirect standardisé) » et « LN (Coût direct) ».....	144
Tableau 6.6 : Valeur des coefficients de corrélation de Pearson et p-value des variables « QEC » et « LN (Coût indirect) » ainsi que « FIOH » et « LN (Coût indirect) » pour chaque entreprise. ....	145

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

CBA : Cost Benefit Analysis

CSST : Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec

DNA : Data not available

FIOH : Méthode d'évaluation des facteurs de risque développée par le Finnish Institute of Occupational Health

HR : Human Resource

IRB : Income Replacement Benefit

IRR : Indemnité de remplacement du revenu

MO : Main-d'œuvre

MSD : Musculoskeletal Disorder

ND : Donnée non disponible

OHS : Occupational Health and Safety

OSSAD : Office Support Systems Analysis and Design

QEC : Quick Exposure Check

RH : Ressources humaines

SST : Santé et sécurité au travail

TA : Temporary Assignment

TMS : Troubles musculo-squelettiques

## CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

### 1.1. Contexte

Dans les pays développés, les accidents de travail infligent un fardeau économique considérable tant aux entreprises qui doivent faire face à une chute de productivité qu'aux travailleurs blessés en proie à une baisse de salaire et de qualité de vie ainsi qu'à la société chargée de les secourir et de les indemniser (Gosselin, 2004).

Chaque année, au Canada, près d'un million d'accidents de travail et de maladies professionnelles sont rapportés par les organismes en charge de l'indemnisation des travailleurs blessés et, parmi ces derniers, un peu moins de 400 000 (355 318) se soldent par une absence du lieu de travail d'au moins une journée ou plus (Gilks & Logan, 2010). En 2008, ces organismes ont déboursé près de 7,7 milliards de dollars. Chaque nouvel accident associé à une perte de temps ou un décès coûte en moyenne 24 845 \$ (Gilks & Logan, 2010).

Au Québec, en 2010, selon la Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (CSST) qui est en charge de l'administration du régime de santé et de sécurité du travail dans cette province, le total des prestations versées aux quelque 100 000 (95 597 lésions reconnues) travailleurs victimes d'accidents de travail ou de maladies professionnelles s'élève à 1,78 milliard de dollars (CSST, 2010). Si le nombre total de réclamations a tendance à diminuer au cours des années, les dépenses d'indemnisation, elles, augmentent : en prenant en compte le taux d'inflation, le coût moyen d'une indemnité de remplacement du revenu (IRR) au Québec est passé de 6 120 \$ à 10 352 \$ entre 1999 et 2008, ce qui représente une hausse de 69 % (Institut économique de Montréal, 2011).

Les prestations versées par la CSST comprennent, en plus des IRR (à hauteur de 90 % du salaire net du travailleur blessé), les frais d'assistance médicale, les frais de réadaptation, les indemnités pour préjudice corporel, les indemnités pour incapacité permanente, les indemnités de décès et les indemnités de stabilisation économique et sociale. La CSST assure la couverture sociale des lésions professionnelles, et fonctionne comme une compagnie d'assurance : ses prestations sont financées grâce aux employeurs qui doivent verser chaque année à la CSST une prime (ou cotisation) basée sur un pourcentage de masse salariale qui dépend de son activité et de son niveau de risque. Dans les milieux de travail, les employeurs ont tendance à assimiler les coûts des accidents de travail à cette prime qu'ils ont l'obligation de verser aux régimes d'assurance.

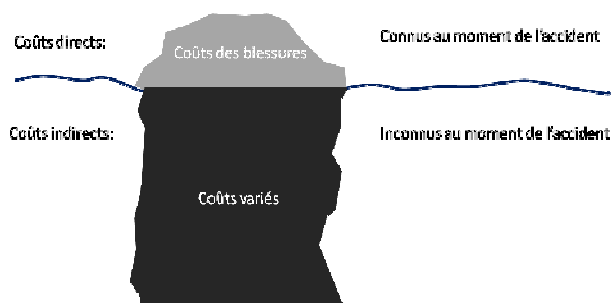
Toutefois, les coûts associés aux accidents de travail supportés par les entreprises dépassent la simple prime qu'elles doivent verser annuellement à leur régime d'assurance collective. D'une part, certains accidents de travail, comme les événements nécessitant uniquement des premiers soins, n'ont pas besoin d'être rapportés à l'organisme en charge de la Santé et Sécurité au Travail (SST) et n'entrent donc pas dans le calcul de la prime. Selon le National Council on Compensation Insurance (NCCI, 1993), aux États-Unis, ce type d'événement représente plus de la moitié (60,03 %) du total des accidents de travail (Leigh, Markowitz, Fahs & Landrigan, 2000). D'autre part, il y a un problème de sous-déclaration des lésions admissibles aux commissions provinciales d'indemnisation professionnelle estimée à 40 % (Shannon & Lowe, 2002).

Tout accident entraîne également une rupture importante de l'équilibre du milieu de travail dans lequel il survient (Kogi, Kawakami, Itani & Batino, 2003). Aaltonen *et al.* (1996) ont d'ailleurs identifié 128 conséquences potentielles pour un accident, dont 70 sont assumées seulement par l'entreprise, et ces chercheurs affirment qu'en moyenne chaque accident provoque une vingtaine de conséquences réelles. Afin de rétablir l'équilibre de leur milieu de travail, les employeurs doivent faire face à de nombreux coûts, tels que les coûts salariaux (remplacement du travailleur blessé), les coûts de pertes matérielles, les coûts administratifs (ouverture et suivi de dossier), les coûts liés à la baisse de production ou de productivité et autres (coûts de transport de l'accidenté, poursuites judiciaires, etc.) (Gosselin, 2004 ; Sun, Paez, Lee, Salem & Daraiseh, 2006). Ces coûts, appelés coûts indirects, sont entièrement assumés par l'employeur (Brody, Létourneau & Poirier, 1990a). Leur montant est élevé, ce qui rend indispensable leur détermination ainsi que la diffusion de leur étendue.

## **1.2. Problématique de l'évaluation des coûts indirects**

Au cours des dernières décennies, plusieurs études ont montré que le montant des coûts indirects des accidents de travail peut dépasser parfois substantiellement la somme des coûts d'indemnisation, des frais de réhabilitation et des autres frais médicaux communément appelés coûts directs (Heinrich, 1931 ; Brody *et al.*, 1990a ; Oxenburgh & Guldborg, 1993). Bird (1974) compare les coûts des accidents de travail avec un iceberg (Figure 1.1) : les coûts directs représentent la partie visible des coûts des accidents de travail alors que les coûts indirects en

constituent la partie « cachée » ou invisible dont le volume peut dépasser celui de la partie visible, les coûts directs.



**Figure 1.1** : Iceberg du coût des accidents (Bird, 1974)

À titre d'exemple, au Québec, le ratio entre les coûts directs et indirects a été évalué, en moyenne et pour tous les secteurs d'activité, à 1 : 0,83 (Brody, Létoumeau & Poirier, 1990b). Ce ratio est inférieur aux autres ratios relevés dans la littérature scientifique qui peuvent varier de 1 : 1 à 20 : 1 selon la méthodologie utilisée pour le calcul ou le secteur d'activité (Dorman, 2000).

Les gestionnaires ont tendance à sous-estimer l'ampleur des coûts indirects parce qu'ils sont composés de variables méconnues des employeurs (Bird, 1974), qu'ils sont difficilement captés par le système comptable de l'entreprise ou non attribués directement aux accidents et qu'ils sont à difficiles à isoler, identifier et évaluer (Brody *et al.*, 1990a ; Corcoran, 2002 ; Oxenburgh 1997 ; Aaltonen & Miettinen, 1997 ; Leopold & Leonard, 1987). En sous-évaluant l'importance des coûts indirects, les gestionnaires ont tendance à sous-estimer la rentabilité de leurs investissements en prévention. Pourtant, les activités de prévention apparaissent comme un moyen efficace pour réduire le coût lié aux mauvaises conditions du travail auxquelles les accidents sont associés (Dorman, 2000).

En réponse à la problématique de sous-évaluation des coûts indirects, les chercheurs se sont mis à développer des outils, guides ou méthodes permettant de mieux caractériser et chiffrer les coûts à la fois directs et indirects des accidents de travail (voir le numéro 3 de l'année 2005 de la revue *Journal of Safety Research* entièrement dédié à l'aspect des coûts liés à la SST et à la productivité). En exprimant les problématiques de SST dans un format monétaire, ces outils ont pour objectif de favoriser la prévention des situations de travail à risque en fournissant aux preneurs de décisions une information essentielle lors d'investissements en SST ou de modifications plus globales visant l'amélioration de la productivité (Goggins, Spielholz & Nothstein, 2008).

Malgré ces efforts de recherche, l'utilisation systématique de méthodes ou d'outils de calcul des coûts indirects ne s'est pas répandue dans les milieux de travail, et ce, malgré un besoin clairement exprimé par les intervenants en SST sur le terrain (gestionnaires, consultants, etc.) qui se heurtent toujours à une rareté des modèles mathématiques et à des calculs complexes pour montrer l'intérêt économique de leurs actions (Koningsveld & The, 2000). Une première explication à ce manque d'utilisation tient au fait que la plupart des études ne se focalisent pas sur le développement de méthodes d'analyse des coûts indirects pour un usage pratique dans les entreprises (Rikhardsson & Impgaard, 2004). Une seconde raison est que les méthodes mises en place par les chercheurs nécessitent une étape de collecte de données longue et fastidieuse (Aaltonen *et al.*, 1996 ; LaBelle, 2000 ; Neville, 1998), inadaptée aux contraintes de temps des preneurs de décisions dans les milieux de travail. Enfin, une autre limite repose sur le fait que le preneur de décision peut douter de la validité d'un modèle et donc ne pas se sentir à l'aise d'utiliser l'information qu'il fournit pour prouver la rentabilité d'un investissement en prévention (Gavious, Mizrahi, Shani & Minchuk, 2009). Les gestionnaires, de leur côté, franchiront le pas d'investir en prévention quand ils disposeront d'une méthode fiable pour estimer les composantes assurées et non assurées des accidents du travail (Sun *et al.*, 2006), et qu'ils bénéficieront d'une base méthodologique simple pour soutenir leurs efforts dans l'estimation de ces coûts aussi précisément et rapidement que possible (Rikhardsson & Impgaard, 2004).

Le développement d'une méthode d'évaluation des coûts indirects des accidents de travail fiable et rapide à utiliser reste toutefois un vrai défi (Gavious *et al.*, 2009). Cette méthode permettrait aux gestionnaires de prendre des décisions rationnelles en SST telles que l'allocation des ressources (Grun, 2006), l'emploi de personnel supplémentaire et la mise sur pied de programmes de prévention incluant les programmes de formation (Sun *et al.*, 2006), et de considérer l'ergonomie comme un atout pour l'amélioration des différentes activités d'une entreprise plutôt qu'une science secondaire ou un luxe inabordable (Lyon, 1997 ; Seeley & Marklin, 2003).

En raison de la faible diffusion des outils d'évaluation des coûts indirects sur le terrain, peu de résultats concrets concernant le comportement des coûts indirects sont disponibles dans la littérature scientifique. De nouvelles connaissances sur ces coûts sont toutefois nécessaires afin de mieux outiller les milieux de travail et d'alimenter les stratégies d'organismes comme la CSST; l'utilisation plus répandue de l'évaluation des coûts indirects dans les milieux devrait constituer un incitatif puissant à la prévention.



### 1.3. Prévention des troubles musculo-squelettiques

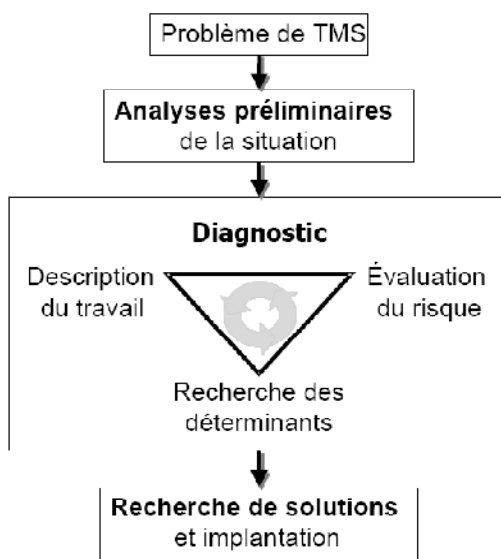
La prévention des accidents de travail passe inévitablement par la prévention des TMS. Les lésions liées aux TMS sont la première cause d'incapacité au travail dans les pays développés (WHO, 2003). Les TMS représentent en moyenne 35 % de l'ensemble des lésions professionnelles, soit plus d'une lésion sur trois (Michel *et al.*, 2010). Environ 15 % de l'ensemble des travailleurs actifs ont des problèmes musculo-squelettiques sérieux de longue durée. Au cours d'une période de 12 mois, un travailleur sur quatre a des douleurs significatives et incapacitantes au bas du dos et un sur cinq aux membres supérieurs. Un peu plus de la moitié de ces douleurs est perçue comme étant reliée entièrement ou en partie au travail (Camirand, Bernèche, Cazale, Dufour & Baulne, 2010). Cette prévalence des TMS semble être liée aux changements récents des milieux de travail : les travaux répétitifs sous contrainte de temps sont un terrain propice aux TMS avec comme facteur aggravant le vieillissement de la population active (Douillet, 2005).

Le consensus dans la littérature scientifique en matière de modèle d'intervention en prévention des TMS comprend trois étapes (Figure 1.2) (Denis, St-Vincent, Imbeau, Jette & Nastasia, 2008) :

- Analyses préliminaires : identifier les problèmes de TMS afin de prioriser les actions. Les variables les plus souvent utilisées sont les indicateurs de santé et les difficultés reliées à la charge de travail (utilisation de données de la compagnie suivie de questionnaires administrés aux travailleurs).
- Diagnostic : décrire le travail et faire l'inventaire des facteurs de risque afin de trouver les causes ou les déterminants des problèmes identifiés. L'observation du travail, via des vidéos par exemple (Yeow & Nath Sen, 2003 ; Robson, Shannon, Goldenhar & Hale, 2001) peut être utilisée et dans la plupart des cas, l'opinion du travailleur est sollicitée à travers des interviews (Helander & Burri, 1995 ; St-Vincent, Bellemare, Toulouse & Tellier, 2006 ; Denis *et al.*, 2008). Cette étape de diagnostic peut être réalisée en utilisant des outils développés par les chercheurs permettant de qualifier et de quantifier les facteurs de risque. Ainsi, le niveau de risque à un poste de travail peut être évalué à l'aide d'outils spécifiques comme le « Quick Exposure Check » (QEC) (Li & Buckle, 1999), spécifique à l'évaluation des risques de TMS, ou plus généraux comme l'outil développé par le Finnish Institute of Occupational Health (appelé FIOH) (Ahonen, Launis &

Kuorinka, 1989) qui intègre également le bruit, la luminosité ou la possibilité de communication entre les travailleurs.

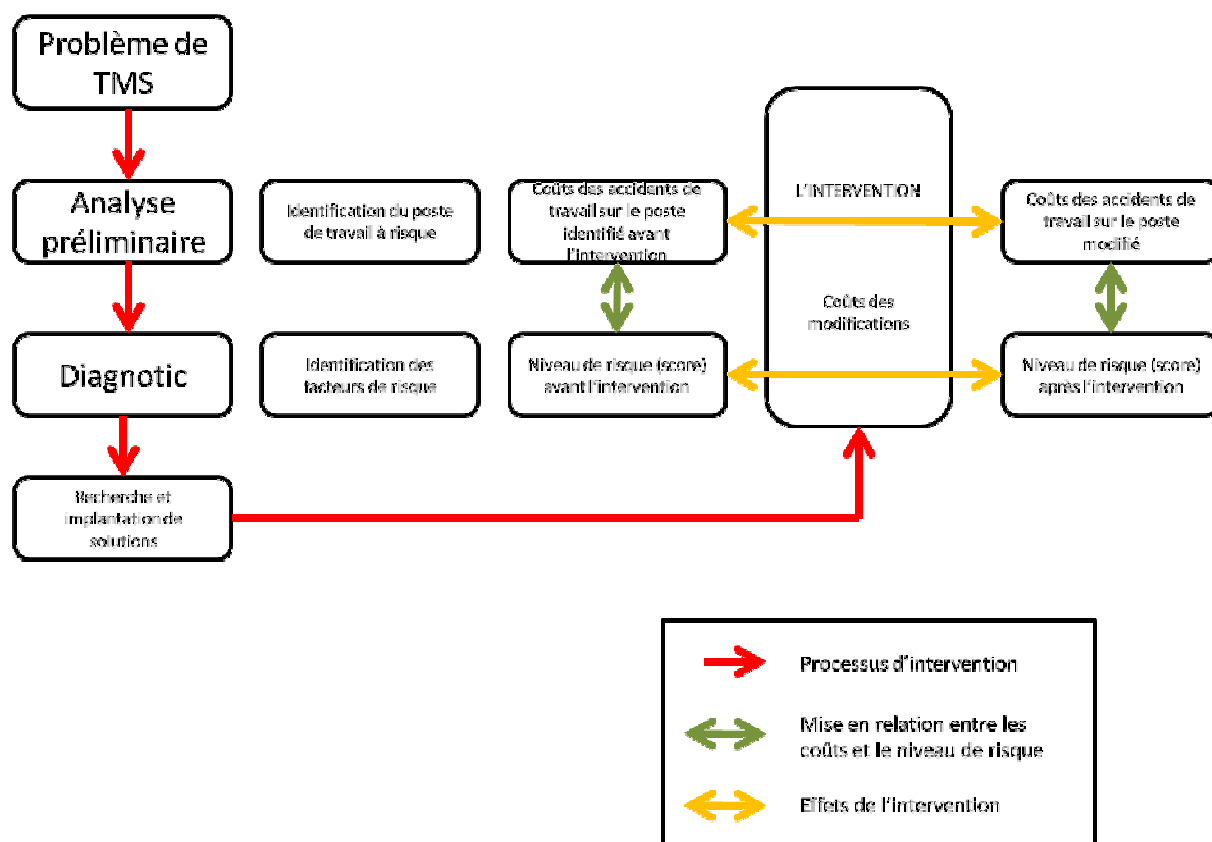
- Maîtrise du risque par la recherche de solutions appropriées : la solution peut être basée sur l'application de normes existantes, sur l'adaptation de normes, ou sur l'élaboration de nouveaux repères.



**Figure 1.2 :** Représentation du modèle classique adapté d'interventions en prévention des TMS (Denis *et al.*, 2008)

Logiquement, une intervention de prévention sur un poste de travail devrait réduire l'exposition aux facteurs de risque de TMS ainsi que la fréquence et la gravité des lésions avec, à la clé, une baisse des coûts directs et indirects des accidents de travail. Il est probable qu'une relation existe entre le niveau de risque à un poste de travail tel qu'évalué avec des méthodes d'évaluation des facteurs de risque et les coûts des accidents (Figure 1.3).

La mise en place d'une relation robuste entre les coûts et le niveau de risque offrirait la possibilité d'évaluer les économies réalisées par niveau de risque, de préciser la réduction attendue du coût des accidents du travail dans l'entreprise en fonction de la diminution du niveau de risque à un poste de travail, voire de préciser les coûts liés aux investissements à réaliser en matière de prévention selon des seuils de risque (ou d'exposition au risque). Il s'agit d'analyses grandement utiles pour les différents acteurs en SST. Il va sans dire qu'il faut avoir au préalable à disposition un outil efficace et fiable de calcul des coûts indirects pour pouvoir évaluer cette mise en relation.



**Figure 1.3** : Place des coûts et des niveaux de risque dans le processus d'intervention

#### 1.4. Objectif

Ces travaux de recherche ont pour objectif principal le développement d'un outil de calcul des coûts indirects adapté à une utilisation par les intervenants en SST sur le terrain.

L'atteinte de cet objectif principal passe par la réalisation de trois sous-objectifs :

*Objectif 1* : Passer en revue la littérature scientifique afin d'identifier les limites qui freinent l'utilisation des modèles de calcul du coût indirect des accidents dans les milieux de travail et poser les bases d'un outil adapté à une utilisation sur le terrain.

*Objectif 2* : Mettre en place un outil d'évaluation des coûts indirects adapté aux contraintes de temps et de précision des intervenants en SST sur le terrain.

*Objectif 3* : Tester dans plusieurs entreprises l'outil de calcul des coûts indirects afin de caractériser les effets de plusieurs variables sur le montant des coûts indirects des accidents de travail en vue de générer des connaissances nouvelles sur leur comportement.

Le dernier objectif est lié à l'identification d'une relation entre les niveaux de risque et les coûts indirects des accidents de travail :

*Objectif 4* : Associer le score de risque obtenu avec une méthode d'évaluation des facteurs de risque comme le QEC aux coûts directs et indirects découlant des lésions professionnelles.

En développant un outil efficace de calcul du coût indirect des accidents, cette recherche vise à mettre l'évaluation systématique des coûts liés aux mauvaises conditions de travail au centre du processus d'intervention lors de la prévention des TMS et, plus généralement, de SST.

## CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DE LA THÈSE ET DESCRIPTION DES TERRAINS DE RECHERCHE

### 2.1. Présentation de la thèse

Afin d'atteindre les objectifs fixés, quatre études ont été réalisées, chaque étude répondant à un objectif de recherche précis. Cette thèse consiste en trois articles (le premier publié dans le *Journal of Safety Research*, 42(3), p 149-164, le deuxième accepté pour publication dans le *Journal of Safety Research* et le troisième soumis à *Accident Analysis and Prevention*) présentés aux chapitres 3, 4 et 5, et une étude supplémentaire (qui sera traduite et proposée pour publication dans une revue scientifique) exposée au chapitre 6. La relation entre ces quatre études est présentée à la figure 2.1.

L'introduction expose la problématique de la sous-évaluation des coûts indirects et de la rentabilité d'investissements en prévention, et met en exergue l'intérêt de développer un outil d'évaluation des coûts indirects adapté à une utilisation sur le terrain.

Le premier article (chapitre 3) consiste en une analyse ciblée et critique de la littérature scientifique consacrée à l'évaluation des coûts indirects. 29 études sur ce sujet ont été sélectionnées et analysées afin de faire ressortir les points d'amélioration nécessaires à une adaptation des travaux de recherche aux contraintes de temps et de précision des intervenants sur le terrain. Cette revue de la littérature conduit également à l'identification de quatre critères que devraient respecter les outils d'évaluation des coûts indirects adressés aux preneurs de décisions dans les milieux de travail. Quatre bases de développement d'un tel outil sont également présentées. À partir de ces bases de développement, un modèle conceptuel d'évaluation des coûts indirects en deux étapes est dévoilé : la première étape de « mise en place » consiste à rassembler toutes les données nécessaires au calcul des coûts indirects. La seconde étape d'« utilisation » permet de calculer, à partir des données collectées lors de l'étape précédente, le coût indirect d'un événement selon certains paramètres qui lui sont propres comme sa nature (premiers soins, visite médicale, etc.), la durée de l'absence ou de l'assignation temporaire et la productivité du travailleur pendant cette période.

Le second article (chapitre 4) se fonde sur le modèle conceptuel élaboré dans la première étude et sur l'hypothèse que la modélisation de la réponse organisationnelle à un accident de travail au moyen d'un logiciel de cartographie des processus est un moyen simple et adapté pour identifier

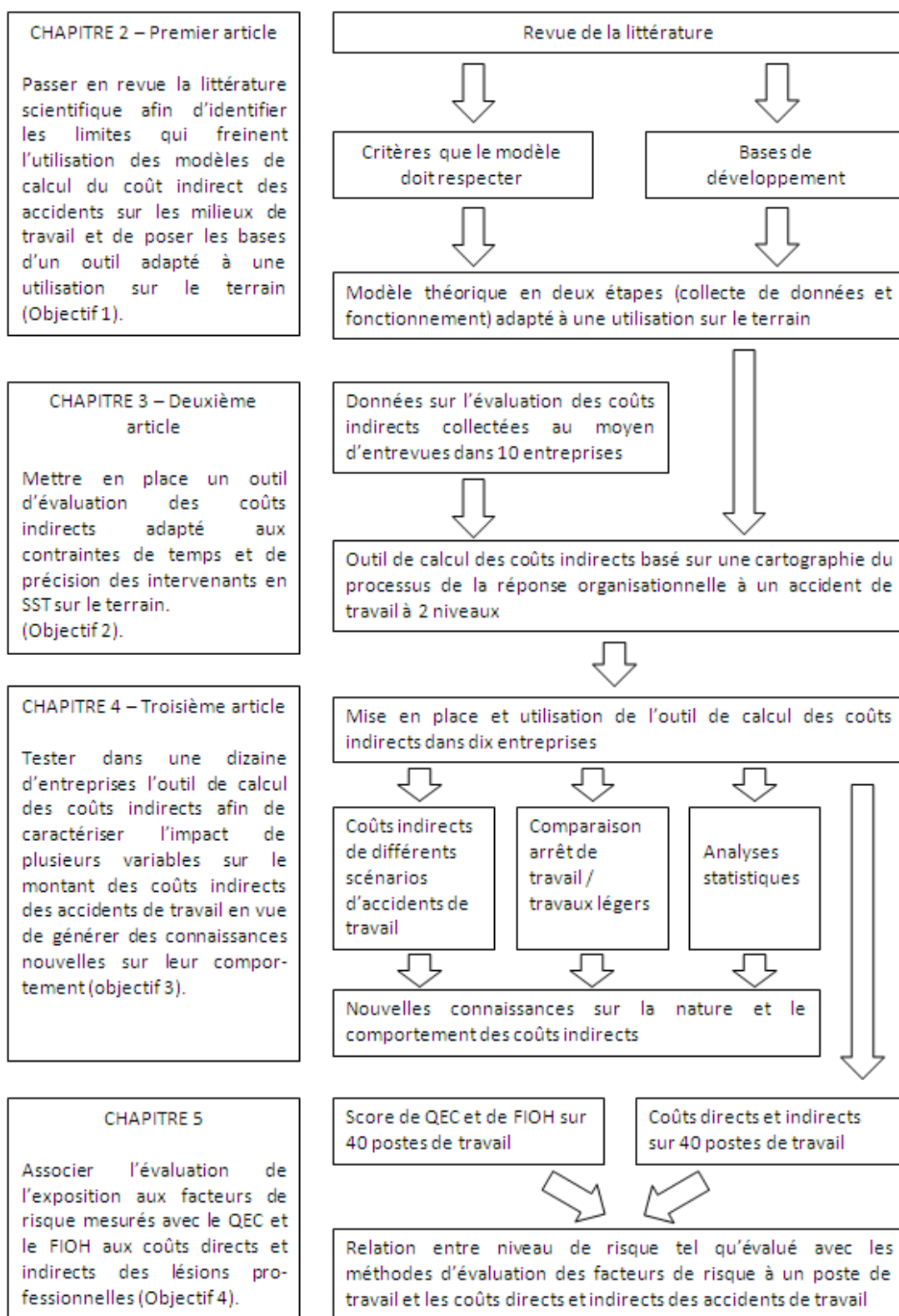
les durées et les fréquences des actions prises par les intervenants lorsqu'un accident de travail survient, données nécessaires à l'étape de « mise en place » de l'outil de calcul des coûts indirects. Dans cette seconde étude, les cartographies des réponses organisationnelles sur deux niveaux ont été construites dans 10 entreprises de taille et de secteurs d'activité variés au moyen d'entrevues avec les personnes responsables de la SST ou des ressources humaines (RH). La description de ces entreprises est présentée à la section 2.2. Le résultat de ces modélisations est ensuite mis à profit pour construire l'outil de calcul des coûts indirects présenté à la fin de la seconde étude. À des fins de concision, le second article ne présente qu'une partie de la cartographie de la réponse organisationnelle et des données récoltées pour l'étape de mise en place du calculateur. L'annexe A complète ces travaux avec un descriptif complet des données collectées et du calculateur des coûts indirects afin de fournir au lecteur une vue plus complète de la démarche de recherche et un exemple concret de l'utilisation de l'outil de calcul des coûts indirects dans une entreprise.

Le troisième article (chapitre 5) présente des résultats concrets de l'utilisation du calculateur des coûts indirects et génère des connaissances nouvelles sur la structure des coûts indirects. Trois analyses ont été menées. La première consiste en une étude des coûts de plusieurs scénarios d'accidents de travail. Dans une seconde analyse, les coûts indirects de plus de 2000 événements ont été calculés et compilés au moyen d'analyses statistiques (tests de Kruskal-Wallis et Mann-Whitney) afin de déterminer l'influence de plusieurs paramètres comme la nature ou le siège de la lésion, l'âge du travailleur, la présence d'événements antérieurs au dossier de l'employé, la présence d'un TMS sur les coûts indirects ainsi que sur les coûts directs. L'impact du nombre de jours de perte de temps et d'assignation temporaire sur le montant des coûts directs et indirects ont également été déterminés au moyen de régressions linéaires. Une troisième analyse porte sur l'étude de l'impact de la durée de la perte de temps et des travaux légers sur la cotisation d'une entreprise et sur les coûts indirects afin d'identifier quelle solution (arrêt de travail ou travaux légers) est plus profitable pour l'entreprise.

Au chapitre 6 sont présentés les résultats de l'étude supplémentaire ayant pour objectif de mettre en relation le niveau de risque tel qu'évalué par des méthodes d'exposition aux facteurs de risque à un poste de travail avec les coûts directs et indirects des accidents de travail. 40 postes de travail ont été évalués à l'aide de l'outil QEC d'analyse du risque de TMS et de l'outil FIOH à portée plus générale. Le calculateur des coûts indirects présenté dans le second article est utilisé

pour évaluer les coûts directs et indirects moyens sur ces postes de travail. Les corrélations entre les scores de QEC et de FIOH et les coûts directs et indirects sont ensuite calculées.

Les principaux résultats de cette thèse sont ensuite repris et commentés dans le chapitre 7 qui contient des recommandations pour de futurs travaux de recherche.



**Figure 2.1 :** Relation entre les différentes études



## **2.2. Terrains de recherche**

### **2.2.1 Description générale**

Les entreprises dans lesquelles cette étude a été réalisée ont été initialement approchées pour participer à des projets de recherche initiés par la Chaire de recherche du Canada en ergonomie de l'École Polytechnique de Montréal et par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). L'évaluation des coûts indirects des accidents de travail constituait un volet d'une analyse approfondie des problématiques de TMS et plus généralement de SST dans ces entreprises (analyse de postes de travail, suivi d'indicateurs de productivité, mise en place d'améliorations, etc.). Toutes ces entreprises se sont révélées sensibles aux aspects économiques liés à la SST et ont porté un vif intérêt à disposer d'un calculateur de coûts indirects adapté à leurs besoins. Elles ont donc collaboré activement à la mise en place de cet outil.

Ces entreprises de tailles et de secteurs d'activité variés constituent un échantillon raisonné dans le cadre d'une première étude exploratoire où l'outil de calcul des coûts indirects est élaboré puis testé à petite échelle. Une étape de validation de l'outil ainsi que des résultats des analyses statistiques devra toutefois être mise en place à partir d'un échantillon plus conséquent d'entreprises de tailles et secteurs d'activité variés. Le tableau 2.1 présente les entreprises (secteur d'activité, nombre d'employés, chiffre d'affaires et masse salariale assurable). Une description sommaire des activités des entreprises est présentée à la section 2.2.2.

**Tableau 2.1** : Description de l'échantillon d'entreprises : secteur d'activités, nombre d'employés, chiffre d'affaires, masse salariale assurable

Entreprise	Entreprise A	Entreprise B	Entreprise C	Entreprise D	Entreprise E	Entreprise F	Entreprise G	Entreprise H	Entreprise I	Entreprise J
Secteur d'activité	Agroalimentaire	Manufacture/ assemblage	Fabrication de produits en matière plastique			Foresterie				
Nombre d'employés	240	1178	ND	146	270	185	250	387	128	135
Chiffre d'affaires (\$CAD)	ND	ND	ND	ND	22 000 000	4 000 000	1 976 240	5 411 150	3 941 200	3 095 954
Masse salariale assurable (\$CAD)	ND	55 065 916	6 679 280	7 436 691	9 699 287	2 721 823	1 646 515	3 784 022	2 080 571	1 751 389

Les informations collectées se sont révélées disparates entre les 10 entreprises. Par exemple, les données disponibles dans les fichiers de statistiques d'accidents pouvaient différer selon le secteur d'activité. En outre, quelques entreprises n'ont pas souhaité partager avec nous leurs fichiers de statistiques d'accidents ou les informations confidentielles concernant leurs travailleurs blessés, données nécessaires pour accéder aux dossiers de CSST (et donc à l'information de coûts directs). Un travail d'uniformisation des données a été mené lorsque cela était possible, mais plusieurs analyses n'ont pu être réalisées que dans certaines entreprises. Par exemple, l'absence d'information sur le poste de travail dans la déclaration d'événement des entreprises A, C, E, F, G et J a rendu impossible la mise en relation du niveau de risque tel qu'évalué par les méthodes d'évaluation des facteurs de risque avec les coûts indirects. Le tableau 2.2 présente les données d'entreprise exploitées pour chacune des étapes de cette recherche.

**Tableau 2.2** : Données exploitées pour les différentes études

Entreprise	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Second article	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Troisième article, première analyse	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Troisième article, seconde analyse			X	X	X					
Troisième article, troisième analyse		X								
Quatrième article		X		X				X	X	

### 2.2.2 Information sur les entreprises

#### *Agroalimentaire : entreprise A*

L'entreprise A est un des chefs de file de l'industrie alimentaire. Elle est spécialisée dans la fabrication de yaourt. De nombreuses activités sont automatisées et les tâches réalisées par les travailleurs ne sont ni très contraignantes, ni très répétitives. Il s'agit d'ailleurs de l'entreprise dans laquelle le nombre d'accidents est le plus faible (par rapport à la population de travailleurs).

Cette entreprise n'a pas partagé avec nous ses fichiers de statistiques d'accidents et les informations concernant ses travailleurs blessés. Ainsi, les données de cette entreprise n'ont été exploitées que pour la mise en place de l'outil (second article) et le calcul des coûts indirects selon différents scénarios d'accidents (première partie du troisième article).

#### *Manufacture, assemblage : entreprise B*

L'entreprise B est spécialisée dans la fabrication de gros électroménagers. Elle emploie environ 1200 personnes, ce qui fait d'elle la plus importante de notre échantillon. L'entreprise est divisée en plusieurs départements : assemblage, fabrication, finition, matériel et réception, entrepôt, ingénierie, ingénierie produit, maintenance et secteurs administratifs. La plupart des accidents de travail sont reliés à l'assemblage et à la fabrication des gros électroménagers sur les dix lignes d'assemblage et les cinq lignes de sous-assemblage où les travailleurs doivent exécuter des tâches répétitives.

L'entreprise suit un programme d'amélioration continue visant à contrôler et améliorer les processus, ainsi qu'à éliminer les pertes de productivité. Ce programme propose également le développement d'une culture basée sur la compétence, le dévouement et l'implication de tous les employés ce qui les incite à intégrer et à adopter une philosophie d'amélioration continue et à lier le système opérationnel à toutes leurs activités.

Cette entreprise s'est montrée très intéressée par le calcul de la différence de coûts entre le fait de réintégrer un travailleur en assignation temporaire même s'il est très peu productif et le fait de le laisser en arrêt de travail (Section 5.6).

#### *Fabrication de produits en matière plastique : entreprises C, D et E*

Les trois entreprises manufacturières de cet échantillon (entreprises C, D et E) appartiennent au même groupe qui œuvre dans la conception et la fabrication d'une vaste gamme de produits pour des clients appartenant à des secteurs d'activités variés tels que l'industrie automobile, les véhicules de transport lourd ou les véhicules utilitaires et récréatifs. Les entreprises C et E produisent principalement des pièces d'habillage de véhicules en plastique ; le travail effectué y est essentiellement manuel (laminage, taillage, ponçage, perçage) et plusieurs postes présentent des risques de TMS. L'entreprise D est spécialisée dans la fabrication de composantes intérieures de véhicules en plastique moulé par injection. Le groupe auquel appartient ces trois entreprises a

mis en place un programme d'amélioration continue afin d'améliorer non seulement la productivité de ses installations et la qualité de ses produits, mais aussi la qualité des conditions de travail dans toutes ses usines. L'intérêt de ce terrain de recherche tient au fait que les systèmes de traitement de l'information concernant les accidents de travail (déclaration d'événement et statistiques d'accidents) sont relativement homogènes entre les entreprises, ce qui permet de bénéficier d'une base de données d'accidents importante (plus de 2000 événements sur cinq ans).

*Foresterie : entreprise F, G, H, I et J*

Les entreprises F, G, H, I et J œuvrent dans la production de plants et semis destinés au reboisement des 15 % à 20 % des superficies de forêts coupées au Québec qui se régénèrent mal. Les activités de travail reliées à la production des semences et des plants sont complexes et répétitives : les plants doivent répondre à des critères de qualité sévères, contraignant les travailleurs à effectuer des opérations parfois difficiles et pouvant représenter un risque de TMS. De plus, ces opérations doivent être exécutées en respectant un calendrier basé sur les contraintes environnementales (par exemple : premier gel), qui obligent les travailleurs à ajuster leur cadence de production, rendant les conditions de travail parfois difficiles. Comme pour les entreprises de fabrication de produits en matière plastique, les informations concernant les événements sont homogènes entre ces entreprises. Elles sont d'ailleurs les seules de l'échantillon à utiliser un système informatique pour remplir et compiler les déclarations d'événement. L'information est donc complète même si celle concernant le poste de travail où le travailleur s'est blessé n'apparaît pas directement. Cette information a toutefois pu être générée au moyen de recoupements et avec l'aide des personnes responsables de la SST dans les entreprises H et I.

## CHAPITRE 3

### DEVELOPMENT OF AN INDIRECT-COST CALCULATION MODEL SUITABLE FOR WORKPLACE USE

Romain Jallon, Daniel Imbeau, Nathalie de Marcellis-Warin

Département de Mathématiques et de Génie Industriel,  
École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada

Article publié dans *Journal of Safety Research*, 42(3), p 149-164

Mots clés : accident costs; indirect costs; indirect costs calculation model; Occupational injury; ergonomic interventions; economic evaluation; Occupational Safety and Health.

### 3.1. Abstract

OHS stakeholders rarely factor the cost of workplace accidents into prevention spending decisions. Failure to consider this key information is related to the fact that the scientific literature has yet to provide OHS stakeholders with a cost-calculation tool that is both sufficiently accurate and does not require a data-collection stage ill-suited to the time constraints of workplace decision-makers. This study reviews the recent literature to identify key elements that should foster the use of indirect-cost calculation methods by decision makers. A “local” approach currently appears to be the best method for calculating indirect costs of workplace incidents or accidents in comparison to “bottom-up” or “top-down” approach. This paper discusses four criteria that this type of approach must satisfy to be compatible with the time constraints and accuracy demands of OHS stakeholders in organizations. In addition, four bases for the development of a new indirect cost estimation model are presented and discussed.

### 3.2. Introduction

An injury or occupational disease causes a significant disruption to the balance of the work environment in which it occurs. Aaltonen *et al.* (1996) have identified 128 potential consequences of an accident, of which 70 affect only the business. They found that an average accident has about 20 actual consequences. The many repercussions of workplace accidents represent a considerable financial burden, for national health organizations, for employers, which must contend with a drop in productivity, a lowered profit and reduced investment opportunities (Oxenburgh & Marlow, 2005) and for employees injured in the workplace, who experience wage losses and a reduced quality of life.

Preventing workplace accidents would seem to be an effective means of reducing costs related to poor working conditions (Dorman, 2000). Nevertheless, in order to convince a business to invest in prevention, OHS issues, including the impact of injuries, must be expressed in terms understood by managers—that is, dollar figures (Corcoran, 2002; Fulwiler, 2000; Leigh, Waehrer, Miller & Keenan, 2004).

In response to this need, researchers have conducted many studies on the cost of workplace accidents. Their findings include the following:

- The cost of workplace accidents includes a “hidden” or “invisible” portion comprised of elements not recognized by employers (Bird, 1974). Among these are production losses,

time lost by fellow workers, time spent managing the case, increased employee turnover, and overtime. While these costs, commonly called "indirect costs", are borne entirely by the employer, they are, in most cases, either not captured by the company's accounting system or not attributed directly to workplace accidents (Brody, Létourneau & Poirier, 1990a). Managers therefore tend to underestimate these costs and consequently the benefits of investing in prevention.

- These costs, being "hidden", are difficult to evaluate (Corcoran, 2002), to isolate, identify and quantify (Leopold & Leonard, 1987). Oxenburgh (1997) points out that while it is easy to obtain reliable data on compensation costs (insurance), little information is available on indirect costs (absence, supervision, productivity loss, etc.) in the work environment. For Aaltonen and Miettinen (1997), "a real problem is to collect all the necessary consequence data needed for cost calculation".
- On the ground, OHS stakeholders face a scarcity of mathematical models and complex calculations to prove the economic benefits of their actions (Koningsveld & The, 2000). Thus, managers use only part of the cost evaluation method proposed by researchers, abandoning some indirect cost components because of the difficulty of finding them, the complexity of quantifying them or the marginal nature of their impact (Brody *et al.*, 1990a).

It seems that on one side, employers tend to downplay indirect costs, underestimating the financial benefits of preventive measures, while on the other side, researchers struggle, mainly due to the complexity of costs assessment, to provide companies with a well-adapted method for monitoring such measures. As a result, despite sustained research efforts in workplace-accident costing, it is still not commonly practiced among companies (Dorman, 2000). Other explanations for this lack of use are: management overload, biases in accounting methods or low status for OHS department (Dorman, 2000) and the fact that none of the indirect cost evaluation method is universal or generalizable (Gosselin, 2004).

According to Gavius, Mizrahi, Shani and Minchuk (2009), the development of a reliable method for workplace-accident cost assessment remains a real challenge although guidance has to be provided to managers. "What is needed is solid, quantifiable information that conclusively shows the true costs of accidents" (Hinze, 1991) and a simple methodological basis employers could use in a short period of time (Rikhardsson & Impgaard, 2004). One has to find a simple way to



evaluate indirect costs that does not discourage the company and that is reliable enough to insure quality and precision of the observations (Brody, Létourneau & Poirier, 1990b). Sun, Paez, Lee, Salem and Daraiseh (2006) hold that employers will invest in prevention once they have a reliable method for estimating both the insured and uninsured components of accidents. Such a method would assist managers to correctly plan investment in safety measures (Gavious *et al.*, 2009) and permit informed decision-making on such OHS issues as resource allocation (Grun, 2006), the hiring of additional staff and training program implementation (Sun *et al.*, 2006). “By quantifying these total costs of injuries with greater accuracy, (construction) managers can make better decisions concerning efforts to improve (construction) safety performance” (Hinze, 1991). Ergonomics might no longer be viewed as a “soft science” or cost-prohibitive luxury (Lyon, 1997; Seeley & Marklin, 2003) and the money spent on safety will no longer be regarded as an effort that erodes profit but one that contributes to them” (Hinze, 1991). A viable method would also provide answers to questions often raised in the workplace: What OHS investments should be made? How much should be spent on preventive measures (Son, Melchers & Kal, 2000)? When should we make a given investment? To which project should we allocate human resources? What business value can we expect from a prevention investment? What will be the medium-term savings? (Linhard, 2005).

This article reviews the scientific literature to identify factors that may limit the use of workplace accident cost-calculation models. In addition, the article will identify criteria that indirect-cost assessment models should follow and provide the basis for developing a model suitable for the work environment that integrates the costs of workplace accidents into prevention investment decision-making.

### **3.3. Direct costs / Indirect costs**

Following Heinrich (1931), the components contributing to occupational accident costs have been identified and studied by various authors (Gosselin, 2004; LaBelle, 2000; Oxenburgh, 1997). Most researchers separate accident costs into two categories:

- A “visible” component, the direct costs, of which employers are aware and which are easily identifiable.
- An “invisible” or hidden component, the indirect costs, which are more difficult to quantify and which employers tend to underestimate.

This direct/indirect cost distinction is the one most often used in the scientific literature, although there is no consensus on the definitions of these cost types (Gosselin, 2004).

### 3.3.1 Direct costs

Direct costs usually include the following: 1) The cost of the accident victim's compensation; 2) The cost of hospitalization and ambulance service; 3) Medical expenses (including rehabilitation costs) (Heinrich, 1959; LaBelle, 2000; Neville, 1998; Brody *et al.*, 1990a; Leigh *et al.*, 2004; Hinze, 1991).

In most developed countries, the direct costs of occupational injuries and illnesses are covered by private or government insurance, which compensates the victim and covers medical and hospitalization expenses. Employers pay an annual premium for this insurance which, as a rule, reflects the risks posed by the company's activities.

This annual premium is the only clearly identifiable expense linked to poor working conditions in the company.

### 3.3.2 Indirect costs

In addition to insurance premiums, there are less readily identifiable expenses: the indirect costs. For example, when an accident occurs, steps are almost always taken by the supervisor and office staff (Aaltonen *et al.*, 1996), and time is spent dealing with it (Corcoran, 2002). Indirect costs are also generated by such factors as downtime, damage to machinery or goods, time lost by other employees due to the accident, and lowered employee productivity upon return to work. None of these costs are insured and, while hard to precisely quantify, they can substantially exceed the direct costs.

For ease of identification, the main components of indirect costs can be grouped into four broad categories (Sun *et al.*, 2006):

- Legal and administrative costs: the employer must allocate human and financial resources to set up and monitor the file, enter data in the accident registry, compile accident statistics, issue a report, etc.
- Productivity costs: an accident disrupts workplace equilibrium, which can impact productivity by requiring work shutdowns, overtime, production delays, etc.
- Replacement costs: an absent employee must be replaced to maintain productivity. Costs will be incurred to transfer, hire and train staff.

- Costs of investigation: These are costs arising from the investigation of the accident's cause and the completion of associated legal and administrative documentation.

Goods or property damage due to the accident can be added to the list of indirect costs (Dorman, 2000; Laufer, 1987b; Leopold & Leonard, 1987; Hinze, 1991), but they can also be considered as direct costs when they are insured (Sun *et al.*, 2006). However, experience showed that it is difficult to track these costs in many companies.

Several less readily quantifiable costs due to factors such as increased employee turnover, tarnished corporate image (Hinze, 1991), reduced employee engagement, motivation (Rikhardsson & Impgaard, 2004) and morale (Lyon, 1997) can be added to the preceding indirect cost categories.

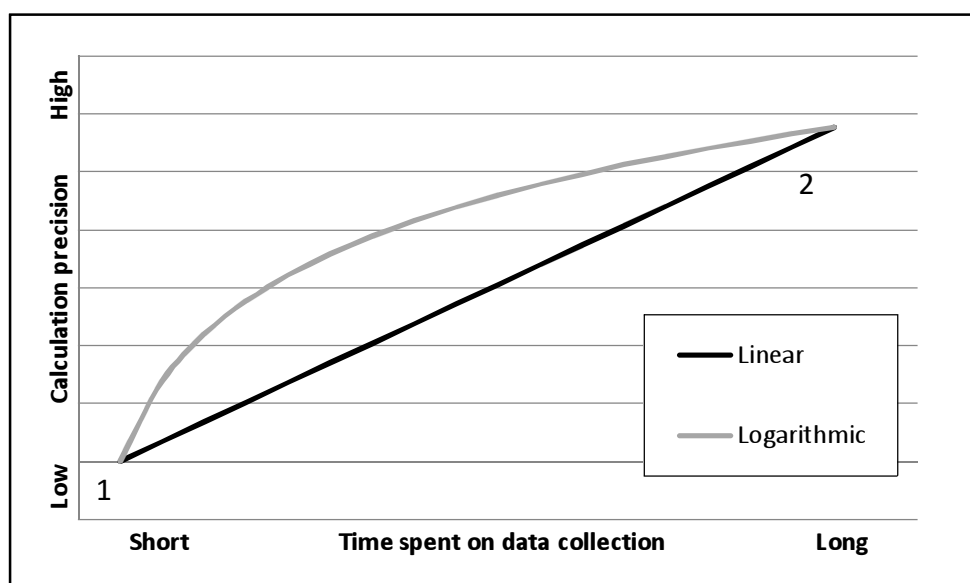
### **3.4. Data collection: the main challenge of indirect cost assessment**

The variety and number of indirect-cost components and the complexity of quantifying some types of data make collecting information for indirect-cost calculation long and tedious (Aaltonen & Miettinen, 1997). Another issue is that data ownership is fragmented within most large employers (Miller, 1992; Young, 1988). For Miller (1992), the major barrier to data collection is the staff time required. Thus, data collection appears to be the fuzziest stage in the costing process (LaBelle, 2000). This fuzziness arises partly from the fact that accident-cost evaluation often requires the use of historical company data. Lahiri, Gold and Levenstein (2005) contend that historical data are difficult to obtain, and this has been borne out by the present authors' experience in the workplace.

While real-time data collection would seem to be an appropriate solution (Aaltonen & Miettinen, 1997), tests by Laufer (1987a) showed that it failed to yield good results. Rikhardsson and Impgaard (2004) further point out that managers do not expect the cost information to be used on a continuous basis (which would require a continuous data collection) but in conjunction with other accident statistics.

Given the complexity of data collection, indirect-cost assessment should not require any information beyond what is available at the time of the accident (Sun *et al.*, 2006). This would shorten the time spent on data collection and eliminate the need to collect historical data, reducing the overall assessment time.

On the one hand, a manager wants to shorten the time spent on data collection but on the other hand, the accident-cost calculation must be accurate enough to allow him to justify a health and safety prevention related investment. However, accuracy is directly related to the time allotted to data collection: the greater the accuracy needed, the longer data collection will take ("linear" model, Figure 3.1). The decision-maker needs to strike an appropriate balance between time spent on data collection and the level of precision required for the indirect-cost calculation. Depending on the case, certain costs, such as a drop in employee motivation or tarnished company image, can be very difficult to quantify or contribute only marginally to the indirect cost of an accident. For this reason, Oxenburgh (1997) argues that the value of cost components should be weighed against the effort required to establish them. It would seem that a logarithmic curve better conveys the relation between time spent on data collection and calculation accuracy ("logarithmic" model, Figure 3.1).



**Figure 3.1 :** Precision of indirect-cost calculation as related to time spent on data collection

### **3.5. Approaches for calculating the indirect costs of workplace accidents**

The scientific literature reports several studies about the indirect cost evaluation of occupational accidents; each study shows a compromise between time spent on data collection and accuracy and reliability of the results. The scientific literature was surveyed to identify the different ways researchers solved this issue. Publications were searched through several databases, Compendex,

Inspec, Proquest, PubMed, ScienceDirect and Web of Science, with the following inclusion criteria:

- The publication is available in English or in French
- An abstract or a full-text version is available
- The publication specifically treats the direct and indirect cost evaluation
- The publication is about occupational / workplace accidents
- The publication divides the cost of accidents into meaningful categories or provides an approach to evaluate them

In addition refereed articles cited in those publications were identified and included if they met the criteria. The goal is not to establish a comprehensive list of the publications about direct and indirect costs but to list the positive and negative aspects of the different data-collection methods so as to provide criteria and bases for the development of an indirect cost assessment model suitable for use in the work environment. Table 3.1 summarizes this literature review.

Three main approaches to indirect-cost calculation, each of which has a different data-collection method were identified.

- The "top-down" approach uses national data, statistics or the results of other studies to calculate an indirect average cost by accident or injury (Table 3.1, studies 1 to 9);
- The "bottom-up" approach is based on surveys or interviews in organizations to obtain an estimate of average cost by accident type or industry sector (Table 3.1, studies 10 to 16);
- The "local" approach is based on local (in company) data collection to obtain an indirect cost that is company specific (Table 3.1, studies 17 to 22). Some cost-benefit analyses are included in this "local" approach since cost-benefit analysis includes an indirect cost evaluation stage in the assessment of the profitability of a prevention investment (Table 3.1, studies 23 to 29).

**Table 3.1:** Synthesis of the literature review

#	Authors and year	Study type / data sources	Viewpoint	List of costs	Guideline	Unit	Cost items	Results	Note
1	Miller, 1992 Miller, 1997	Top-down / Nationwide data, other studies, assumption	Society and Employer	Yes	No	Cost per injury Cost per covered employee	Medical payments Wage replacement Incident investigation and litigation Other administrative expenses Workplace disruption and lost productivity Property damage Tax payment Third party payments Wage risk premium	\$13629 per injury (employer) \$1269 per covered employee (employer')	Motor vehicle injuries and workplace injuries 1990 costs U.S.
2	Miller & Galbraith, 1995	Top-down / Nationwide data, other studies assumptions	Society	Yes	No	Cost per injury	Medical and emergency services, wage and household work, administrative and legal costs, workplace disruption, quality of life	\$13000 per injury \$75000 per motor vehicle crash	1990 costs U.S.
3	Head & Harcourt, 1997	Top-down / Nationwide data, other studies	Society	Yes	No	Total cost of accident	Direct costs (injury prevention, rehabilitation benefits, compensation benefits, other payments, share of operating costs) Indirect costs (indirect community costs, employer costs, employee costs)	Total direct costs: 0.91 \$ billions Total indirect costs: 0.31 \$ billions	Indirect employer costs: Productivity losses, accident investigations, legal penalties, recruitment, training selection. In 1995 In New Zealand
4	Everett & Frank, 1996	Top-down / Nationwide data, other studies, assumption	Employer	No	No	Total costs of accidents	Direct costs: workers' compensation insurance (WCI), public liability insurance, property insurance Indirect costs: WCI carriers' overhead and profit, other (based on Hinze's (1991)) study and claims	Total direct costs: 12.05 \$ billions Total indirect costs: 19.89 \$ billions	Construction industry The paper shows that the costs of accidents and injuries is between 7.9% and 15.0% of project expenses in this sector 1996 costs U.S.
5	Biddle, 2004	Top-down / Nationwide data, other studies, assumption	Society	No	No	Total, mean and median cost of fatal occupational accidents	Direct and indirect costs	\$816811 lifetime cost of occupational fatal injury	Fatalities (cost for age groups, ethnic group, gender, industry, occupation, cause of death) Theoretical model to calculate the present value of future earnings summed for the year of death until the decedent would have reached the age of 67 (human capital approach) 1999 dollars U.S.

**Table 3.1:** Synthesis of the literature review (continued)

#	Authors and year	Study type / data sources	Viewpoint	List of costs	Guideline	Unit	Cost items	Results	Note
6	Leigh, Markowitz, Fahs & Landrigan, 2000	Top-down / Nationwide data, other studies, assumption	Society	Yes	No	Total cost for injuries and illnesses	<p>Direct costs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Medical only</li> <li>Medical administration</li> <li>Indemnity administration</li> </ul> <p>Indirect costs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lost earnings</li> <li>Fringe benefits</li> <li>Home production</li> <li>Workplace training, restaffing, disruption</li> </ul>	<p>Total costs (of injuries and illnesses): 155.50 \$ billions</p> <p>Total direct costs: 51.77 \$ billions</p> <p>Total indirect costs: 103.73 \$ billions</p>	<p>Use of 20 sources of primary data and 300 sources of secondary data</p> <p>Human Capital method used</p> <p>1992 dollars</p> <p>U.S.</p>
7	Leigh, Waehrer, Miller & Keenan, 2004	Top-down / Nationwide data, other studies, assumption	Society	No	No	Average cost per worker	<p>Directs costs: payment for hospital, physician and allied health services, rehabilitation, nursing home care, home health care, medical equipment, burial costs, insurance administrative costs for medical claims, payments for mental health treatment, police, fire, emergency transport, coroner services, property damages</p>	<p>From \$86 (labor union office) to \$11258 (taxicab) per worker</p>	<p>Average costs for fatal and all non fatal injuries and illnesses per worker, ranked by detailed industry</p> <p>1993 costs</p> <p>U.S.</p>
8	Leigh, Waehrer, Miller & McCurdy, 2006	Top-down / Nationwide data, other studies, assumption	Society	No	No	Average cost per worker	<p>Indirect costs: injured worker's productivity losses including wage losses and household production losses, employer's productivity losses including time spent by supervisors and co-workers investigating accident, juggling schedules, recruiting and training replacements for injured workers</p> <p>administrative costs including the costs of administering workers' compensation programs</p> <p>Quality of life value attributed to the pain and suffering experienced by workers and their family</p>	<p>Cost of non-fatal cases only per employed worker: \$662</p> <p>Cost of fatal cases only per employed worker: \$177 (\$839 combined)</p> <p>Other results in the study</p>	<p>Based on the analysis of 477643 cases of non-fatal injuries 6271 fatality data.</p> <p>Differences across age and gender, occupations, nature of injury, diseases, ethnic group in fatal and non fatal total costs</p> <p>1993 costs</p> <p>U.S.</p>
9	Hinze, Devenport & Giang, 2006	Top-down / Concentra Health Services and medical clinic	Society	No	No	average medical charge / patient / type of injury	<p>Medical charges</p>	<p>\$933.78 for shoulders</p> <p>\$420.68 for lacerations</p> <p>\$253.57 for eyes</p>	<p>Only accidents that do not result in lost time or fatalities</p> <p>Only medical charges</p> <p>2001-2003 period</p> <p>U.S.</p>

**Table 3.1:** Synthesis of the literature review (continued)

#	Authors and year	Study type / data sources	Viewpoint	List of costs	Guideline	Unit	Cost items	Results	Note
10	Heinrich, 1959	Bottom-up / Survey on accident	Employer	Yes	DNA	Indirect to direct cost ratio	Direct costs Indirect costs	4:1 indirect to direct costs	One of the first study on the indirect costs U.S.
11	Simonds & Grimaldi, 1956	Bottom-up / Survey on accident	Employer	Yes	DNA	Average cost per accident type	Uninsured (Heinrich's definitions: less recruiting of replacements, productivity loss of other workers, machine stoppage. Expenses: heating, electricity, rent)	Classify the accident in 4 categories Lost time case: \$465 Medical intervention case: \$115 First aid case: \$25 No lost time case: \$850 1982 dollars U.S. data	
12	Laufer, 1987b	Bottom-up / Survey on accident	Employer	Yes	No	Average total uninsured accident cost (in man-hours)	Cost due to man-hours loss Complementary wages Costs of property damages	Average cost per accident due to man hours (mh) loss : 67.33 mh. If including complementary wages and cost of property damage: 100.42 mh	210 accidents Construction sector Israel
13	Leopold & Leonard, 1987	Bottom-up / Survey (for indirect costs) Accident National data (for direct costs)	Employer / Society	Yes	No	Average Cost per injury type	Indirect: lost labor Direct: Continuing payments to IP after accident, Insurance costs (estimated increase in liability premium arising from accident), damage to equipment, legal costs	Type 1: £28 indirect, £111 direct Type 3: £106 indirect, £557 direct Type 4: £216 indirect, £629 direct	394 construction accidents in 1981, categorized in 4 types. Type 1: recorded injuries Type 2 (not included): recorded injuries disputed by the employer involved Type 3: major injuries(fracture, amputation Type 4: death England
14	Brody, Létourneau & Poirier, 1990b	Bottom-up / Survey on accident	Employer	Yes	Equation	Average indirect costs	Indirect costs: Labor costs Material loss costs Administrative costs Production costs Other costs	Average indirect cost: \$1156 Average direct cost: \$1391	311 questionnaires sent The equation to calculate indirect costs depends on industry sector, company size, average production capacity, workers' average age and average number of days lost per workplace accident From \$317 indirect costs for furniture industry to \$2236 for mining Quebec, Canada



**Table 3.1: Synthesis of the literature review (continued)**

#	Authors and year	Study type / data sources	Viewpoint	List of costs	Guideline	Unit	Cost items	Results	Note
15	Hinze, 1991	Bottom-up / Survey on accident	Employer	Yes	No	Average cost per injury based on a survey	Direct costs Indirect costs (including claims)	\$442 (medical cases) \$1613 (restricted lost day) if claims are excluded	Two categories: Medical case injuries Restricted activity/lost workday cases Construction industry Survey on 573 injury reports U.S.
16	Rikhardsson & Impgaard, 2004	Bottom-up / Survey on accident	Employer	Yes	No	Cost per accident	Time Materials and components External services Other costs	\$1050 typical \$3800 less serious \$10300 serious	Based on activity mapping 9 Danish companies 27 accidents from 9 companies analyzed (9 serious, 9 less serious, 9 typical accidents) In 2001 Denmark
17	Riel & Imbeau, 1995	Local / Company or Department	Employer	Yes	No	Cost for a department or a plant	Injury: variable insurance cost Fatigue: time to recuperate Perturbation: over consumption Perturbation: over salaries Perturbation: lost time Perturbation: non-production	DNA	Activity based costing One example on a case study plant is presented Quebec, Canada
18	Aaltonen & Miettinen, 1997	Local / Company or Department	Employer	No	Yes / Calculator	Cost for a department	Compensation paid by insurance companies (direct costs) company-controlled costs (including indirect costs)	193647 Finnish mark for 21 accidents	Accident consequence tree (ACT) method A table shows an estimation for the lost work hours of various personnel groups according to the length of sick leave Evaluate lost current assets and tie-up of the lost production 1990 costs Finland
19	Dorman, 2000	Local / None	National and Employer	Yes	No	None	Economic and noneconomic costs Internal and external costs Fixed and variable costs Visible and invisible costs	None	---
20	Labelle, 2000	Local / Company or Accident	Employer	Yes	Yes	Accident cost	Direct costs Indirect costs	DNA	5 incident types (first-aid case, recordable case, restricted/lost workday case, permanent disability)

**Table 3.1:** Synthesis of the literature review (continued)

#	Authors and year	Study type / data sources	Viewpoint	List of costs	Guideline	Unit	Cost items	Results	Note
21	Paez, Uahinui, Genaidy, Karwowski, Sun & Daraiseh, 2006	Local / Company and National data	Employer	Yes	No	Uninsured Cost per injury and per type of industry	Insured Uninsured (administrative, productivity, replacement and investigation costs)	Uninsured costs: \$0-594 first aid \$594-1033 medical only \$1033-1855 temporary total and partial \$1855-4260 permanent total \$4260-4950 permanent total \$4950-5962 deaths	Use a cost function to express the relationship between severity of the accident and its uninsured costs U.S.
22	Gavious, Mizrahi, Shani & Minchuk, 2009	Local / Company or Accident	Employer	No	Yes	Accident cost	Direct costs (damage of products, equipment and machinery, immediate medical treatment costs, fine, insurance premium rise) Indirect costs (capacity loss, time table schedule, recruitment, investigating, bottleneck, CEO time) Payment (added marginal cost due to the accident) Immesurable (reputation and morale)	\$104600 indirect costs \$355950 direct costs	CEO time is taken into consideration with a direct relationship with the clear profit. Israel
23	Lyon, 1997	Local (CBA) / Company	Employer	Yes	Yes	Return on investment, Payback period	Associated labor indirect and direct costs Associated injury indirect and direct costs Proposed intervention costs Anticipated benefits	Payback period on a case: 0.093 years	Cost-benefit evaluation Before and after evaluation U.S.
24	Oxenburgh, 1997	Local (CBA) / Company	Employer	No	Yes	Cost/employee/productive hour, pay-back period	Productive hours worked and paid for by employer Wage and salary costs Turnover and training costs Productivity losses	Two case studies Company 1: 0.089 years Company 2: 0.37 years	Cost-benefit evaluation Before and after evaluation Australia
25	Oxenburgh & Marlow, 2005	Local (CBA) / Company	Employer	Yes	Yes / Calculator	Savings per year Payback period	Costs of the intervention Changes in: Productive hours, Wage costs, Overtime, Reduced productivity, Recruitment, Insurance, Supervision, Reduction in waste and energy use, other overheads	Case study concerning a four star hotel: payback period expected: 17 months, real: 2 months	Cost-benefit evaluation Before and after evaluation Presentation of the productivity assessment tool Based on the evaluation of the productive hours before and after the intervention Australia

**Table 3.1:** Synthesis of the literature review (continued)

#	Authors and year	Study type / data sources	Viewpoint	List of costs	Guideline	Unit	Cost items	Results	Note
26	Lahiri, Gold & Levenstein, 2005	Local (CBA) / Company	Employer	Yes	Yes	Annualized cost savings per worker, Benefit to cost ratio	Direct costs of investments on interventions Medical care costs Enhancement in productivity	Three case studies: Case study A: \$625 cost savings per worker, 15.4 benefit-to-cost ratio Case Study B: \$110.58, 84.9 ratio Case Study C: \$1556, 5.5 ratio U.S.	
27	Bergtrom, 2005	Local (CBA) / Company	Employer	Yes	Yes/ Calculator	Total Profit	Changes in: standard values, normal working time, sick leaves, holidays, other absence, wages, productivity, overtime, investments	Case study (metal industry): Profit of €209151 within 2 years	Cost-benefit evaluation Before and after evaluation Finland
28	Linhard, 2005	Local (CBA) / Company	Employer	Yes	Yes / Calculator	Net present Value (NPV), ROI, discounted payback period, impact on unit cost	Direct impact of the intervention on: Operational personnel time, Health and safety personnel time, Design and engineering time, vendors, consultants and contract labor expenses, health and safety operations capital production downtime, fine and penalties, legal fees, workers' compensations and settlements, medical cost and insurance, property damage insurance, long term disability, material substitution, material recovery		Cost-benefit evaluation Before and after evaluation U.S.
29	Amador-Rodezno, 2005	Local (CBA) / Company	Employer	Yes	Yes	Cost benefit balance (after intervention) Indirect cost by accident category	Prevention costs Direct costs Indirect costs	One case study: \$10992 balance	Cost benefit analysis Preventive investment minus total costs of accidents and illnesses avoided Three categories: Stabbing injuries Vein problems Musculoskeletal problems Nicaragua
CBA: Cost-benefit analysis									

### **3.5.1 Top-down approach**

The top-down approach (studies 1 to 9) uses aggregate data to provide an average cost per worker generalized by industry sector (Leigh *et al.*, 2004), injury type (Hinze, Devenport & Giang, 2006), or accident (Miller, 1992; Miller & Galbraith, 1995). In general, these studies use a similar methodology that involves using national statistics (mainly statistics from the U.S. Bureau of Labor Statistics, the National Council on Compensation Insurance, the U.S. Bureau of the Census) and formulating hypotheses or using results of existing studies rather than a plant or a company's local data to estimate average accident costs. Using this approach, Everett and Frank (1996) calculate the cost of construction-sector accidents including indirect costs, and find that accident costs represent between 7.9 and 15 % of project expenses in this sector. Leigh *et al.* (2004) calculate and rank the average cost for the society (including direct, indirect and quality of life costs) per fatal and non-fatal accident for 260 types of industry using national statistics. In another study based on the same data, Leigh, Waehrer, Miller and McCurdy (2006) calculate the average cost per worker for non-fatal and fatal accidents to highlight cost differences among age, gender, occupation, race, etc. Miller (1992) evaluates the average cost per injury, per covered employee with an emphasis on motor vehicle injuries and from societal and employer viewpoints. In the top-down studies, to evaluate the indirect costs, researchers may be using estimates whose validity could be challenged. For instance, the Miller (1997) study indicates “work disruption and productivity costs are order of magnitude estimates” and “our estimates have an uncomfortably high level of uncertainty”. Finally, these studies give the decision-maker in the workplace a rough idea of the potential cost (to the company or to the society depending on the viewpoint) of a workplace accident without requiring data collection.

### **3.5.2 Bottom-up approach**

The bottom-up approach (studies 10 to 16) uses local data, generally collected through surveys, questionnaires or interviews on a limited sample of occupational accidents in the same activity sector. These data are then assembled to estimate an average cost for an activity sector or an accident type across sectors.

The model devised by Leopold and Leonard (1987) used a mail survey to calculate the cost of accidents by construction sector (electrical, carpentry, painting, etc.). Also using a mail survey in 151 companies from 13 industry sectors, Brody *et al.* (1990b) developed a multivariate model

that yields an average indirect cost based on company-specific parameters such as number of employees, industry sector, average production capacity, workers' average age and average number of days lost per workplace accident. Rikhardsson and Impgaard (2004) used interviews at the company level to collect data on 27 accidents in 9 Danish companies to estimate an average cost (including hidden costs) per employee depending on the company size and sector. Simonds and Grimaldi (1956) used accident reports of various industry types to estimate an average cost per accident type (lost time case, medical intervention, first aid case, no lost time case). Howard (1964) and Imre (1976) employed the same methodology that Simonds and Grimaldi developed in 1956 in other industry sectors.

In the construction industry, Hinze (1991) used questionnaires to gather information on various types of indirect costs; each questionnaire collected indirect cost information for a single injury. A total of 573 such questionnaires were analyzed and aggregated to estimate an average indirect cost per injury (medical case and restricted activity or lost day cases) and cost ratios (direct vs. indirect costs). Laufer (1987b) interviewed 50 construction site managers about the cost of occupational accidents. A total of 210 accidents were analyzed and the results indicated an average cost per accident of 67.33 man-hours loss. When including the cost of property damage and complementary wages, the average total uninsured cost increased to 100.42 man-hours loss per accident. This figure was used to assess the portion of accident costs in the total labor cost. The bottom-up method has been applied mostly to the construction industry since it is associated with major accident costs in comparison with other industries.

The studies using the bottom-up method have a higher level of detail than their top-down counterparts allowing them to yield accident cost estimates that are refined according to accident severity or industry sector. However, the bottom-up method provides limited scope since only companies progressive and well developed from the health and safety point of view can be expected to contribute useful accident cost related information, and also because that information will likely relate only to strongly visible damages (Laufer, 1987b). Secondly, each company has its own specific accident costs that will inevitably differ from the average cost estimates calculated by researchers.

### 3.5.3 Evaluating indirect costs from direct costs

Some authors of the top-down or bottom-up approach propose the use of a direct to indirect cost ratio to obtain indirect cost estimates based on the more easily estimated direct costs (Section 3.3.1). Heinrich (1931, 1941, 1959) proposed that indirect costs are four times higher than direct costs. Except for data on nine cases reported in the second edition of his book (Heinrich, 1941) to support this ratio, as noted by Manuele (2011) “This author has found no other data that authenticate his research”. And, as noted by Brody *et al.* (1990a) and Gosselin (2004) no statistical analyses were conducted to prove the stability of this ratio across industry sectors or accident types. Heinrich (1931, 1941, 1959) also commented the generalization of his ratio: “it is not contended that the ratio holds true for every industrial accident or every individual plant” (Heinrich, 1941, p. 50). The National Safety Council assumes that the indirect costs range from 3 to 10 times the direct costs of injuries (National Safety Council, 1985).

Oxenburgh and Guldberg (1993) multiply direct costs by a factor of 0.75 to obtain indirect costs, but this figure does not include productivity losses. In the Province of Quebec, Brody *et al.* (1990b) assessed direct and indirect costs according to industry sector. On average, for all industries, the per-accident indirect cost amounted to \$1156 while direct cost was \$1391, yielding a ratio of 0.83 : 1 (Brody *et al.*, 1990b). In New Zealand, Head and Harcourt (1997) calculated a ratio of 1 : 2.9.

In reviewing the cost ratio values, Hinze (1991) found a 1.62 ratio of indirect to direct cost for medical case injuries and a 1.79 ratio for restricted activity/lost workday cases if claims are excluded. This author recognized that an extremely wide range is represented. The multiplier for direct/indirect costs varies significantly between studies and is affected by factors such as type of process, criticality of the workstation where the accident occurred and severity of the accident (Everett & Frank, 1996). Dorman (2000) argues that the ratio could vary from 1:1 to 20:1 depending on the industry sector or the methodology used by the researcher.

Clearly, from this literature, a decision-maker would have difficulty selecting an appropriate ratio for his company size, industry sector and accident location. Moreover, a fixed ratio of direct/indirect costs is questionable and hence, managers resist using it (Aaltonen & Miettinen, 1997). This brings the point raised by Gavius *et al.* (2009), that indirect-cost calculations must be seen as reliable in the manager's eyes.

Ratios also depend on initial definitions of direct and indirect costs as well as on industry sector (Oxenburgh, 1997; Brody *et al.*, 1990a). Rikhardsson and Impgaard (2004), Biddle, Ray, Owusu-Edusei Jr and Camm (2005) and Head and Harcourt (1997), indicate that it is not possible to compare direct and indirect-cost ratios given that each study classifies direct and indirect costs differently. Rather, these studies show the significance of indirect costs and emphasize the importance of considering them when calculating the profitability of health and safety prevention measures.

#### **3.5.4 Limitations of top-down and bottom-up approaches**

The major limitation of top-down and to a lesser extent bottom-up approaches is that, in using an average cost estimate, they ignore variations in accident cost distributions that are determined by factors specific to the accident (incident vs. accident involving 30 days of time lost) or to the organization (small business vs. large corporation). Only Brody *et al.* (1990b) go further than other researchers in trying to take a number of company-specific variables into account in their model. In the end, even with an evaluation for the indirect costs for a specific industry sector, one problem is that decision-makers will simply try to beat the average rather than addressing their particular OHS issues and the financial impact of their company-specific accidents (Corcoran, 2002).

If the variability of costs according to type of accident is disregarded, it remains difficult to target at-risk workstations and to focus prevention efforts on those for which OHS costs are highest. Yet the determination of at-risk workstations is a key aspect of workplace accident prevention (Denis, St-Vincent, Imbeau, Jette & Nastasia, 2008; OHSAS 18001, 2007) and prevention measures at these stations should benefit the company considering that 20 % of all accidents cost between 161 and 921 % of the average cost, according to Paez *et al.* (2006).

Even within an organization, it seems important not to use a too general figure when educating an at-risk department or assembly line. A locale-specific analysis is preferable to draw attention to a specific situation. This position conforms with that of Son *et al.* (2000) who conclude that each company should assess its own indirect costs, and that of Grun (2006) for whom data should be obtained at the project level, not the national level and as well with that of Hinze (1991) for whom indirect costs should typically be incurred at the project level and at the approximate time

of the injury or shortly thereafter. A local-specific cost assessment at the workstation or project level yields information better suited to workplace prevention.

Ultimately, it seems that most top-down or bottom-up studies aim less to develop cost-analysis methodologies for practical use by decision makers than to provide a sense of the need to factor indirect costs into calculations (Rikhardsson & Impgaard, 2004).

These studies do offer the advantage of rapid data collection by providing an average independent of the company. In the model shown in Figure 3.1, the results of these studies would be located close to 1: low accuracy and minimal data collection.

### **3.5.5 Local approach**

The last approach, named here “local” approach, involves assessing indirect costs more accurately by having the decision-maker use data-collection tables or guidelines which allow a company to evaluate several indirect-cost components regardless of industry sector.

These tables or guidelines assist the user in calculating indirect cost figures by specifying the required data (hourly rates of workers, time spent by each, etc.), and calculation methods (hourly rate of the worker multiplied by total time absent, added to the hourly rate of the supervisor multiplied by time spent, etc.). This approach can be used in a cost-benefit analysis (Table 3.1, studies 23 to 29) of preventive measures since preventive action usually results in substantially reduced indirect costs.

For example, Amador-Rodezno (2005) sets up data-collection tables for three types of injury (stabbing injuries, vein problems and musculoskeletal problems). His data-collection tables make it possible to determine time spent by other workers due to the accident, overtime to make up for production losses, management time spent by administrative staff, time spent by the replacement worker, cost of equipment damage and additional costs related to integrating the replacement worker and the injured worker's eventual return to work. Oxenburgh (1997) evaluates productive hours, labor costs (including supervision, turnover and training costs) and productivity losses (lowered production, use of overtime). In 2005, Oxenburgh computerized his tool (Oxenburgh & Marlow, 2005). Lahiri *et al.* (2005) developed tables and clear equations to evaluate lowered productivity due to workplace accidents.

Gavious *et al.* (2009) developed a formula for indirect-cost assessment which includes the cost of lost production capacity (for example, if a bottleneck occurs in the production line), late delivery of goods to the customer, hiring of new staff to replace injured workers, use of supervisory



personnel to replace the worker and investigate the accident and time spent by management (including the CEO).

The local approach allows the accurate assessment of workplace accident costs and the determination of the workstations for which OHS issues represent a significant cost. Corrective action may then be taken at those particular workstations. The result of this approach would be located between point 1 and point 2 in Figure 3.1.

### **3.6. Criteria for the workplace data-collection and analysis model**

From the literature, two key points in helping to promote prevention in the workplace emerge:

- *Point 1: Use the variability of accident costs based on type of accident and industry to better target workstations generating significant OHS costs;*
- *Point 2: Assess indirect costs at the "local" level.*

The models based on a local approach seem to better meet the above points and yield a more accurate calculation than either the top-down or bottom-up approach.

Indirect-cost calculation models based on local approach should nonetheless meet certain criteria to better accommodate use by workplace decision-makers.

#### **3.6.1 Cost components relevant to calculation/accuracy of calculation**

The indirect cost components of studies 10 to 22 in Table 3.1 are listed and categorized using the uninsured/indirect components list established by Sun *et al.* (2006) (Section 3.3.2) in Table 3.2. This categorization was chosen for its simplicity (only four broad categories). Studies 17, 18 and 21 were excluded from the analyses. Study 21 uses the same categories since it is part II of the Sun *et al.* (2006) article. Study 18 uses an accident consequence tree method while study 17 uses the activity based costing method, that is two methods that do not allow use of the Sun *et al.* (2006) categories. Study 29 was added to the table since Amador-Rodezno (2005) clearly lists the indirect cost components he evaluates. Among the 10 studies selected the productivity costs are always evaluated, replacement costs as well as legal and administrative costs are evaluated in 9 out of 10 studies, and investigation costs in 7 out of 10 cases. It is important to notice that no two studies use exactly the same components. The end of Table 3.2 shows the main cost components for each category per the Sun *et al.* (2006) classification.

When establishing indirect costs it is important to understand when accurate calculations and data are needed and when approximations are sufficient, and as well to consider the importance of certain indirect-cost components relative to the effort required to establish them (Oxenburgh, 1997). This point is also made by Seeley and Marklin (2003) citing Boff and Rouse (1997): In accident costing, most necessary data are not available so efforts must focus on data that can be obtained using conventional means.

Lastly, the analysis must include the cost components of concern to decision-makers who use the indirect cost evaluation (Leopold and Leonard, 1987; Berger, Murray, Xu & Pauly, 2001). If they are convinced that using certain cost elements is relevant, they cannot later question their importance (Corcoran, 2002). One possible solution would be to let the user choose in the list presented at the end of Table 3.2 which specific data to collect for workplace accident cost calculation, based on data availability and time allocated for collection. Ultimately, the goal is to obtain a calculation that is accurate enough for the decision-maker to feel confident in using it to show the advisability of a prevention investment. With such a solution the questioning of cost-calculation validity on the part of decision-makers as raised by Gavius *et al.* (2009) becomes less of an issue.

*Criterion 1: Allow the user to determine which cost components are included in the calculation, based on the organization's situation and available data.*

**Table 3.2:** Classification of the indirect cost-components and summary

Study	Cost component				
	Legal and administrative	Productivity	Replacement	Investigation	Other
Sun <i>et al.</i> (2006) classification					
Dorman, 2000	Personnel allocated to writing up the accident	Interruption in production immediately following the accident Reduced productivity of injured workers on light duty Spare capacity maintained in order to absorb the cost of accident	Recruitment and training of replacement workers Reduced productivity of recruitment pool	Personnel allocated to investigating the accident	Morale effects on coworkers Damage to equipment and materials Reduction in product quality following the accident
Rikhardsson & Impgaard, 2004	Extra meetings Information to employee Meetings with the authorities Longer meetings Information to staff Meetings with police Legal and insurance administration Payroll administration Department managers activities General management activities Information to general management H&S manager/representative activities General administration	Overtime Co-workers visit injured employee Co-workers discussions Co-workers help injured employee Time lost for injured employee on day injury Full pay for 14 days (required by Danish law)	Non-company replacement worker Training Hiring replacement Training of replacement employee Loss due to replacement lack of experience		Fines Gifts to injured employee New machinery/equipment investments Technological improvements/changed procedures Supplementary sick pay
Laufer, 1987b	Administrative operations Rescheduling (supervisor)	Wage payment for day of accident Diminished efficiency after recovery Crew time loss after accident Overtime	Training time of replacement worker Instructor's time Crew productivity loss due to replacement worker	Accident investigation (supervisor)	Clean-up Complementary wages Property damages Transfer of injured to first-aid

**Table 3.2:** Classification of the indirect cost-components and summary (continued)

Study	Cost component				
	Legal and administrative	Productivity	Replacement	Investigation	Other
Sun <i>et al.</i> (2006) classification					
Amador-Rodezno, 2005	Time lost by middle management (reporting) Time lost by middle management (reorganization of the production process)	Time lost by the accident victim Time lost by other workers Extra hours employed to recover production Lessened production during recovery period of accident victim	Replacement worker salary Replacement worker's inexperience	Time lost by middle management (investigation)	Damage caused to the machinery (if not covered by insurance) Damage caused to the tools Damage caused to other assets (if not covered by insurance) Damage caused to material, product Rental of material to replace the damaged material
Heinrich, 1959 Simonds & Grimaldi (1956), Howard (1964), Imre (1976): Heinrich's definitions excluding costs components in parentheses	Time lost by the supervisor and other managers	Time remunerated but no work by the accident victim the day of the accident (Time remunerated but no work by the other employees, which are stopped because of the accident) Production interruption, delayed delivery, lost goods/sales Loss of profits caused by productivity loss during recovery period Wage paid to accident victim with reduced production	(Replacement worker hiring)		Time lost for security, medicine, or infirmary Damages to machines, tools, materials Social benefits paid without production Reduced employee morale and heightened fear of accidents (Electricity, heat, rent)
Brody, Létourneau & Poirier, 1990	Administrative (supervisor, other officials) Legal proceedings Medical disputes	Labor (injured worker, other workers, first-aid worker, supervisor) Reduced productivity of crew workers Reduced productivity of injured worker after recovery Time lost by injured worker due to medical examinations when returning to work	Replacement worker training Reduced productivity of the replacement worker		Transporting injured worker Material damage (internal and external repairs, damages to machinery, clean-up, first-aid) Social benefits Supplementary wages

**Table 3.2:** Classification of the indirect cost-components and summary (continued)

Study	Cost component				
Sun <i>et al.</i> (2006) classification	Legal and administrative	Productivity	Replacement	Investigation	Other
Leopold & Leonard, 1987	<p>Overtime imposed on management Overtime imposed on clerical staff</p> <p>Considered to be direct: Legal costs including: legal counsel, expert witnesses, employees testifying in court, other</p>	<p>Length of time work interrupted immediately following an accident Duration of delayed production on site, including knock-on effects of the accident Workers' time spent accompanying injured person to hospital</p> <p>Considered to be direct: Wage to the end of the working day on which accident occurred Daily payments made during absence from work Weekly holiday stamps paid during absence from work</p>		Workers' time involved in follow-up investigation	<p>Extent of remedial work caused by an accident</p> <p>Considered to be direct: Damage to equipment: amount of damage not claimed on insurance, repairing, replacing, rehiring equipment net of final insurance settlement Lump sum ex gratia payments</p>
Hinze, 1991	<p>Staff time assisting injured worker (supervisory and/or administrative) Staff time preparing reports (supervisory and/or administrative) Staff time with regulatory inspector (supervisory and/or administrative)</p>	<p>Lost productivity on day of injury (injured worker) Lost productivity due to follow-up treatment (injured worker) Lost productivity after resuming work (injured worker) Assisting injured worker (crew of injured worker) Completing additional work due to accident (crew of injured worker) Lost productivity due to accident (crew of injured worker) Watching events and discussing accident (crew in vicinity of accident)</p>	<p>Reduced productivity of replacement worker Training the replacement worker</p>	<p>Staff time investigating accident (supervisory and/or administrative) Lost productivity due to inspection (crew of injured worker)</p>	<p>Transporting injured worker Staff time with the media, project owner (supervisory and/or administrative) Repairing damage Material damage IMPACT COSTS<sup>1</sup> CLAIMS COSTS (included or excluded)</p> <p><sup>1</sup> Occurs for example if an activity is delayed by one day, Estimated at 20 % of the indirect labor costs associated with each injury</p>
Gavious, Mizrahi, Shani & Minchuk, 2009		<p>Capacity loss (slowdown in production) Additional work hours needed to replace the injured worker (extra hours)</p>	<p>Hiring additional workers (including time invested in recruiting and training)</p>	<p>Time invested by managers in investigating the accident</p>	<p>Damage to clients CEO time Creation of a bottleneck</p>

**Table 3.2** Classification of the indirect cost-components and summary (continued)

Study	Cost component				
	Legal and administrative	Productivity	Replacement	Investigation	Other
Sun <i>et al.</i> (2006) classification					
LaBelle, 2000	<p>Consultation with the victim (supervisor, healthcare professional, human resources, manager)</p> <p>Recordkeeping and filing (supervisor, healthcare professional, human resources, manager)</p> <p>Follow-up (supervisor, healthcare professional, manager)</p> <p>Disciplinary actions (supervisor, manager)</p> <p>Managing the case to 100 % duty (human resources)</p> <p>Legal</p>	<p>Time lost due to accident (injured worker)</p> <p>Restricted work efficiency level (injured worker)</p> <p>Lost productivity of witnesses and colleagues in discussing</p> <p>Lost production</p> <p>Lost income (if the process is delayed or interrupted)</p>	<p>Hire / bring a replacement employee to work</p> <p>Include new or retraining efforts, instructor, paperwork, recordkeeping and tracking</p> <p>Restricted work of the replacement</p>	<p>Lost productivity of witnesses and colleagues in investigating</p> <p>Incident review</p>	<p>Return to work (consultation, work process modifications)</p> <p>Security</p>
SUMMARY	<p>Payroll administration</p> <p>H&amp;S manager/representative activities</p> <p>Rescheduling, reporting, reorganization of the production process (supervisor, middle management)</p> <p>Legal proceedings</p> <p>Medical dispute</p> <p>Staff time preparing reports (supervisory and/or administrative)</p> <p>Recordkeeping and filing (supervisor, healthcare professional, human resources, manager)</p> <p>Follow-up (supervisor, healthcare professional, manager)</p>	<p>Time lost by injured employee on day of injury</p> <p>Time lost after accident by crew or co-workers, first-aid worker (help, watching and discussing)</p> <p>Extra hours employed to recover production - overtime</p> <p>Reduced productivity of injured worker on light duty / after recovery</p> <p>Production interruption, delayed delivery, lost goods/sales</p> <p>Workers' time spent accompanying injured person to hospital</p> <p>Spare capacity maintained in order to absorb the cost of accident</p> <p>Lost productivity due to follow-up treatment / medical examinations after recovery (injured worker)</p>	<p>Hiring replacement worker</p> <p>Training time of replacement worker(s)</p> <p>Instructor's time</p> <p>Replacement worker(s) wages</p> <p>Reduced productivity of the replacement worker (due to worker's inexperience)</p>	<p>Time invested by managers in investigating the accident (supervisory and/or administrative)</p> <p>Workers' time (witnesses, colleagues) involved in follow-up investigation / inspection</p>	<p>Damage to machinery, tools, equipment, materials (if not covered by insurance)</p> <p>Reduction in product quality following the accident</p> <p>Fines</p> <p>Supplementary sick pay</p> <p>Transfer of injured to first-aid</p> <p>Rental of material to replace the damaged material</p> <p>Reduced employee morale and heightened fear of accidents</p> <p>Transporting injured worker</p> <p>Creation of a bottleneck</p>
TOTAL	9/10	10/10	9/10	7/10	

### 3.6.2 Flexibility

Flexibility is among the recommendations made by Biddle *et al.* (2005) for the development of a cost-benefit analysis tool. It must be possible to use it in various types of operations and meet the needs of a variety of users. The tool's flexibility is key since not all users have the same amount of time or information to calculate accident costs. This criterion is essential, as well, insofar as Criterion 1 (Section 3.6.1) is used. While the tool must be flexible enough to work with limited data, it must also be able to accommodate greater detail for demanding users. The flexibility of the calculation model allows more data to be collected (between point 1 and point 2) in Figure 3.1 depending on the amount of time the user can devote to determining indirect costs and the level of precision desired. For example, Aaltonen and Miettinen (1997) use three levels of accuracy in their indirect cost calculation tool:

- Default (data suggested by the researchers)
- Data recorded during the accident
- ACT, a comprehensive method developed by the researchers

*Criterion 2: Develop a flexible model to meet the needs of different types of users*

### 3.6.3 Productivity losses assessment

Workplace accidents have a very significant impact on company productivity (Section 3.6.1 and Table 3.2), both in the short-term, immediately following the accident (production shutdown and delay (Gosselin, 2004)), as well as in the longer term, with consequences such as absenteeism and presenteeism (Pauly *et al.*, 2002; Koopmanschap, Rutten, van Ineveld & van Roijen, 1995; Lofland, Pizzi & Frick, 2004). Absenteeism is generally defined as the number of days the worker misses; presenteeism refers to reduced productivity while the worker is working (and being paid) (Lofland *et al.*, 2004). The literature describes two methods for assessing the productivity loss (Berger *et al.*, 2001; Lofland *et al.*, 2004).

- The lost wages (or human capital) method: This is the method most frequently used. The costs of reduced productivity are computed as the number of days lost through accidents times the worker wages plus fringe benefits. This method assumes the seamless interchangeability of workers.

- The friction costs method: This method, developed by Koopsmanschap, measures the cost of reduced productivity due to worker absence and takes into account the fact that short-term production losses depend on the time required by the company to restore the initial production level. The method considers the production losses to be limited to the period during which a sick worker is replaced, that is, the "friction period". The length of this period and the resulting indirect costs are closely related to the labor market (Berger *et al.*, 2001).

The friction costs method is most appropriate in studies involving the employer's perspective (Lofland *et al.*, 2004). Dorman (2000) also suggests the use of this method as it takes better account of the fact that an accident may not greatly impact the quantity of goods produced because the company may call upon reserve workers or transfer work to another team for short periods. For example, Aaltonen *et al.* (1996) conclude that in 100 % of work-related injuries there is a loss of time and in 0 % of cases a loss of income, because in the study sample, firms are able to prevent income loss through storage, overtime, reserve capacity or high customer tolerance of delays in delivery. However, neither method accounts for the loss of special skills like a brew-master's buds or a chef's secret ingredient.

*Criterion 3: Assess productivity losses using the friction period (friction costs method)*

### **3.6.4 Validity**

The data-collection or guidelines approach is valuable because it provides a process or guide for decision-makers to assess accident costs. Biddle *et al.* (2005) assert that each tool should be tested on several actual cases. This validation, using one or more examples from actual situations, allows the user to confirm the effectiveness of the tool or template and makes understanding it easier, thereby promoting its use in the workplace. This criterion is met by most authors, who show how their model works through at least one case study (Gavious *et al.*, 2009; Amador-Rodezno, 2005; Lahiri *et al.*, 2005; Oxenburgh, 1997; Sun *et al.*, 2006).

One shortcoming of the research in general is testing in the field. The scientific community has been recently encouraged to participate in a concerted effort to test existing models through various OHS interventions (c.f. *Journal of Safety Research* 2005, #3, devoted to OHS-related costs and productivity).

*Criterion 4: Use the model on at least one specific case*



### **3.7. Bases for developing an accurate customized model using reduced data collection**

The local approach (Section 3.5.5), insofar as it meets the criteria outlined in Section 3.6, can provide decision-makers with good quality, reliable information on workplace-accident costs. However, it requires a time-consuming and tedious data-collection process which must be updated with every accident and is not appropriate to decision-makers' daily tasks. This represents a great deterrent to using accident costs as an aid to prevention investment decisions. Ideally, decision-makers should be equipped with a calculation model that is as accurate as data-collection tables or guidelines but has a scaled-back information-collection process.

#### **3.7.1 Group workplace accidents into accident categories**

Simonds and Grimaldi (1956) were the first authors to group accidents into separate categories for cost calculation, thereby rejecting the hypothesis of a linear relationship between direct and indirect costs (Heinrich, 1959). They give the following categories:

- accidents with lost time;
- accidents requiring a doctor's intervention;
- accidents requiring first aid;
- accidents without lost time.

LaBelle (2000) differentiates between accident costs depending on whether they require first aid, are recorded, result in a shortened or lost day, or result in permanent disability. Paez *et al.* (2006) use the accident severity classification detailed by Leigh, Markowitz, Fahs and Landrigan (2000). These authors base their definitions on those of the National Council on Compensation Insurance (NCCI, 1993). Hinze (1991) separates the occupational accidents in two categories: medical cases and restricted activity or lost workday cases, Levitt, Parker and Samelson (1981) use almost the same two categories: lost time or no lost time. Miller (1997) separates the accidents in fatal injury, serious disabling injuries, other injuries outside of work, other injuries on the job, work-related crashes without lost-work injuries, other on-duty injuries without work loss to assess the workplace disruption and lost productivity.

The authors' experience in the workplace also shows that costs vary greatly according to accident type: the cost of an accident for which the worker spends half an hour at the infirmary is

significantly lower than one for which the company must hire a new employee to maintain the production rate after an absence of several weeks.

Grouping workplace accidents into categories with similar costs is beneficial to the decision-maker, limiting data-collection to only a few types of accidents while taking into account the variability of accident costs (i.e. the type of accident).

During the implementation stage, the decision-maker can collect limited data to establish the costs of each accident category, after deciding which categories are relevant to the company, as proposed in Criterion 1. Once data collection is completed, the decision-maker can simply use the model, linking the accident to be evaluated to an accident category for which costs have already been established. There is no longer a need for extensive and repetitive data collection for each accident.

This approach reflects the points raised by Sun *et al.* (2006)—that a practical indirect cost calculation method should not require more information than is available at the time of the accident (i.e. the type of accident)—and by Aaltonen and Miettinen (1997)—that data collection should be done in real time (i.e. at the time of the event).

*Base 1: Group workplace accidents into categories to limit data collection and account for variability according to accident type.*

### **3.7.2 Consider the length of absence or light duty work period**

Among the accident categories in the literature (Section 3.7.1), some have a wide range of variation, particularly the “accidents with lost time” category. The length of the absence have an impact on the accident cost (Rikhardsson & Impgaard, 2004). Since company responses change depending on the duration of worker absence, indirect costs can vary significantly. For example, at several of the companies participating in the authors' research projects, if an absence is short term, work is transferred to other employees, but if prolonged the position is opened up and a new worker hired and trained. The number of days of lost time has a direct influence on accident costs and should be taken into account to refine the indirect-cost calculation. This approach is partially considered by Landstad, Gelin, Malmquist and Vinberg (2002), who calculate the average accident cost for various durations: one day, between 2 and 14 days, between 15 and 90 days, between 91 and 180 days and more than 180 days. Brody *et al.* (1990b) mentions that a

variation of 10 lost days causes a \$580.5 ( $\approx 50\%$ ) indirect costs rise (average indirect costs is \$1156) whereas Aaltonen and Miettinen (1997) developed a table showing the number of hours lost for different kinds of employees depending on the absence length.

*Base 2: Consider the number of days of lost time when calculating indirect costs.*

Of course, the number of days of lost time also influence the direct costs (especially the income replacement benefit (IRB) paid to the injured worker by the insurer) the employer pays through insurance (Section 3.3.1) and one must include both direct and indirect cost to obtain the total employer costs of a workplace accident.

A second factor influencing indirect costs is the period of temporary assignment (also called progressive return to work or light duty work). Indeed, the costs of an employee who returns to work after an absence and is 90 % productive for three days before full recovery are very different than those incurred by a 20 % productivity level over twenty days. In Table 3.2, the reduced productivity of an injured worker after recovery or on light duty is an indirect cost component often evaluated in the literature.

Lötters, Meerding and Burdorf (2005) studied the reduced productivity after the injured worker returned to work: the median productivity loss for an 8-hour workday due to a MSD was 1.6 hours a day shortly after the return to work and also at the 12 month follow-up. In the Laufer (1987a) study, the diminished efficiency of the injured worker after recovery is the highest cost item (30.42 man hours loss on a 67.33 total man hour loss  $\approx 45\%$ ).

As with employee absence time, the period of temporary assignment and the worker's productivity during this period are factors to be included in the calculations.

*Base 3: Consider the number of days of temporary assignment and productivity level during this period when calculating indirect costs.*

### **3.7.3 Describe actions taken and time spent by different stakeholders for each accident category**

Once the accident categories are established, the indirect costs of each must be assessed. These costs depend primarily on the actions taken and time spent by the various stakeholders in response to the accident. To facilitate this step, the use of tables or guidelines is a good option and should make it possible to break down the process associated with each type of accident into the type and duration of each action taken by each stakeholder from the time the worker is injured to full recovery.

*Base 4: Break down each accident category and describe respective actions taken and time spent by each of the stakeholders involved to establish cost*

### **3.7.4 The model for indirect cost calculation**

The bases outlined above should allow for the development of a model with good accuracy that operates with a limited data collection —mainly information available in the accident report and/or accident statistics file of the company. This model would consist of two components:

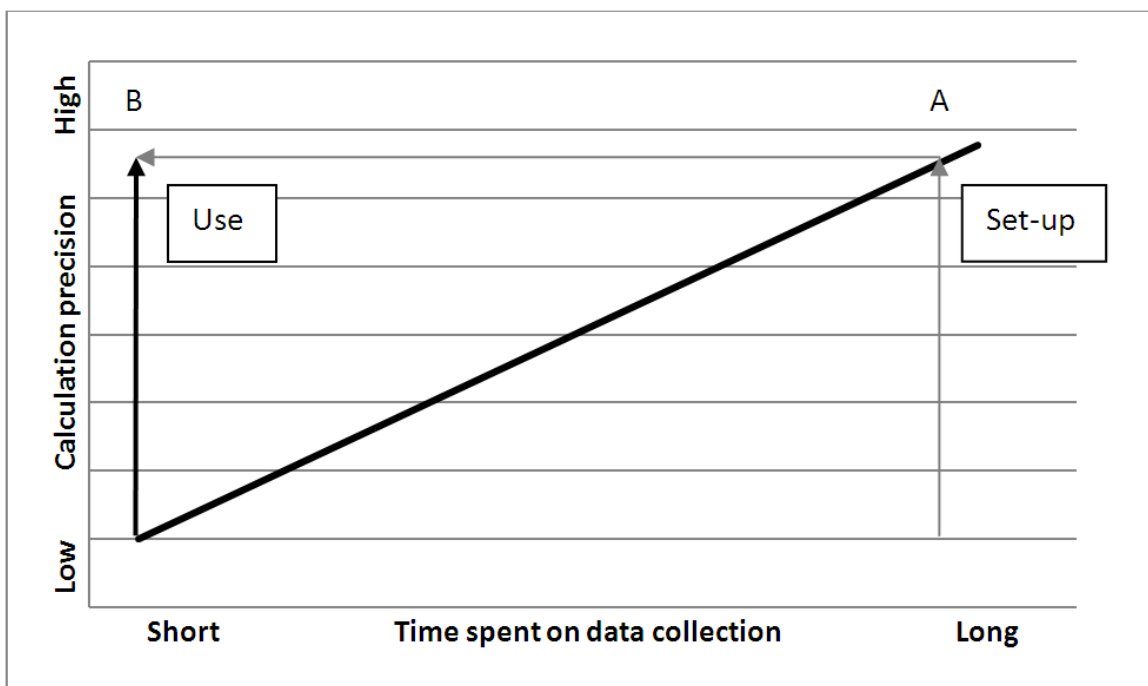
- A "set-up" or "costing by accident category" component, wherein the user is guided by data-collection tables meeting the criteria outlined in Section 3.6. The decision-maker would be able to determine the required accuracy of the indirect-costs calculation depending on the time that can be allocated to data collection. This is indicated by point A in Figure 3.2.
- A "use" component where the decision-maker can select the accident type and get its cost from a combination of data collected during the previous step and parameters specific to the accident. The tool will provide the same level of accuracy as that chosen during the "set-up" stage (A) with a minimum amount of data collection. This is indicated by point B in Figure 3.2.

A diagram of the way this type of model works is shown in Figure 3.3.

However the model shown in Figure 3.3 has a number of requirements:

- The need for an initial and inevitable step of data collection to set up the cost per workplace accident categories;

- The person in charge of the data collection must have a good knowledge of the organization, a medium level of training and a good understanding of the OHS issues;
- The person in charge of the data collection has to be rigorous enough in the data collection process (set-up stage (point A)) not to distort the results of the calculation (use stage (point B));
- An unavoidable update of the model if any change occurs in the actions taken and in the time spent by the different stakeholders.

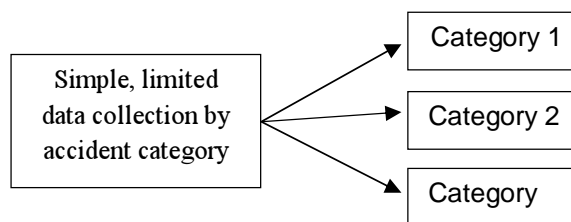


**Figure 3.2 :** Diagram showing how the dual-phase indirect-cost calculation model works, relating indirect-cost calculation accuracy to time spent on data collection

### Implementation

The following criteria must be met:

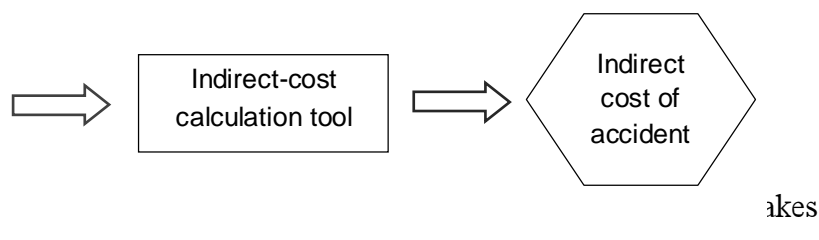
- Allow the user to determine the elements to be included in the cost calculation
- Be flexible enough to respond to the needs of different types of users
- Use on a specific case
- Productivity losses are assessed using the friction costs method



### Regular Use

Information about the accident:

- Accident category
- Number of days lost
- Number of temporary assignment days
- Productivity ratio during temporary assignment



The indirect-cost calculation model using the criteria and bases of development presented in this paper makes it possible to account for cost variability by type of accident (point 1, Section 3.6), uses data recorded at a local level (point 2, Section 3.6), and does not require extensive data collection once the model is established. It provides accuracy in cost calculation using simple and easily accessible data pertaining to the accident (or accident scenario) of interest, making it better suited to decision-makers' tight time constraints. Workplace use of this type of model should provide a sound financial basis for prevention investment decisions and hence, be more conducive to prevention in the workplace than models currently available in the literature.

### 3.8. Conclusion

Based on a literature review this paper presents and discusses four criteria to be considered when developing a practical indirect-cost calculation model adapted to workplace use:

<i>Criterion 1: Allow the user to determine which cost components are included in the calculation, based on the organization's situation and available data.</i>
--

<i>Criterion 2: Develop a flexible model to meet the needs of different types of users</i>
--

<i>Criterion 3: Assess productivity losses using the friction period (friction costs method).</i>
---

<i>Criterion 4: Use the model on at least one specific case.</i>
--

Four bases for the development of such a model affording good accuracy with limited time spent on data collection are also proposed:

<i>Base 1: Group workplace accidents into categories to limit data collection and account for variability according to accident type.</i>
---

<i>Base 2: Consider the number of days of lost time when calculating indirect costs.</i>
--

<i>Base 3: Consider the number of days of temporary assignment and productivity level during this period when calculating indirect costs.</i>
---

<i>Base 4: Break down each accident category and describe respective actions taken and time spent by each of the stakeholders involved to establish cost.</i>
---

### **3.9. Acknowledgment**

This work was funded in part by grants from the National Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) and the Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

### **3.10. Relevance to Industry**

Decision makers rarely assess the indirect costs of workplace accidents because of the long and tedious data collection stage required to obtain accurate enough data needed for realistic OHS investment calculation. This article establishes four bases for development of an indirect-cost calculation model affording good accuracy with limited time spent on data collection. These bases combined with four criteria described in this study should help the development of models better suited to workplace use than those currently available, and should provide a sound financial basis for prevention investment decisions.

### 3.11. References

- Aaltonen, M. V. P., & Miettinen, J. (1997). Computer-aided calculation of accident costs. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 7(2), 67-78.
- Aaltonen, M. V. P., Uusi-Rauva, E., Saari, J., Antti-Poika, M., Räsänen, T., & Vinni, K. (1996). The accident consequence tree method and its application by real-time data collection in the Finnish furniture industry. *Safety Science*, 23(1), 11-26.
- Amador-Rodezno, R. (2005). An overview to CERSSO's self evaluation of the cost-benefit on the investment in occupational safety and health in the textile factories: "A step by step methodology". *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 215-229.
- Berger, M. L., Murray, J. F., Xu, J., & Pauly, M. (2001). Alternative Valuations of Work Loss and Productivity. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 43(1), 18-24.
- Bergstrom, M. (2005). The potential-method-an economic evaluation tool. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 237-240.
- Biddle, E. (2004). The economic cost of fatal occupational injuries in the United States. *Contemporary Economic Policy*, 22, 370-381.
- Biddle, E. A., Ray, T. K., Owusu-Edusei Jr, K., & Camm, T. (2005). Synthesis and recommendations of the economic evaluation of OHS interventions at the company level conference. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 261-267.
- Bird, F. (1974). *Management Guide to Loss Control*. Atlanta, GA: Institute Press.
- Boff, K. R., & Rouse, W. B. (1997). Assessing Cost/Benefits of Human Factors. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2nd Edition* (pp. 1617-1633). New-York, NY: Wiley.
- Brody, B., Létourneau, Y., Poirier, A. (1990a). Le coût des accidents de travail: état des connaissances. *Relations Industrielles*, 45(1), 94-116.



- Brody, B., Létourneau, Y., Poirier, A. (1990b). *Les coûts indirects des accidents du travail*. Rapport de recherche R-044, IRSST, Montréal, QC.
- Corcoran. (2002). The Value of estimating the hidden costs of accidents. *Occupational Health and Safety*, 71(9), 26-30.
- Denis, D., St-Vincent, M., Imbeau, D., Jette, C., & Nastasia, I. (2008). Intervention practices in musculoskeletal disorder prevention: A critical literature review. *Applied Ergonomics*, 39(1), 1-14.
- Dorman, P. (2000). *The economics of Safety, Health and Well being at work*. Geneva: International Labour Organization.
- Everett, J. G., & Frank Jr., P. B. (1996). Costs of Accidents and Injuries to the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), 158-164.
- Fulwiler, R. D. (2000). Building the Business Case for Health and Safety. *Occupational Hazards*, 62, 13-16.
- Gavious, A., Mizrahi, S., Shani, Y., & Minchuk, Y. (2009). The costs of industrial accidents for the organization: Developing methods and tools for evaluation and cost-benefit analysis of investment in safety. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 434-438.
- Gosselin, M. (2004). *Analyse des avantages et des coûts de la santé et de la sécurité au travail en entreprise: Développement de l'outil d'analyse*. Rapport de recherche R-375, IRSST, Montréal, QC.
- Grun, R. E. (2006). *Monitoring and evaluation Projects: A step-by-step Primer on Monitoring, Benchmarking, and Impact Evaluation*. Health, Nutrition and Population (HNP) Discussion Paper, The World Bank, Washington, DC.
- Head, L., & Harcourt, M. (1997). The direct and indirect costs of Workplace Accidents in New Zealand. In: *Proceedings of the 11th AIRAANZ Conference, January 30 - February 1 1997, Brisbane, Australia*.

- Heinrich, H. W. (1959). *Industrial accident prevention: A scientific approach*, 4<sup>th</sup> ed. (1931 for the 1<sup>st</sup> ed.; 1941 for the 2<sup>nd</sup> ed.), New York: McGraw Hill.
- Hinze, J. (1991). *Indirect costs of construction accidents*. The construction Industry Institute (CII), Source document 67, Austin, TX.
- Hinze, J., Devenport, J. N., & Giang, G. (2006). Analysis of Construction Worker Injuries That Do Not Result in Lost Time. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(3), 321-326.
- Howard, W. A. (1964). Cost of Accidents in Seven Undertakings. *Personnel Practice Bulletin*, 20(3), 19-24.
- Imre, J. J. (1976). *Uninsured Costs of Work Accidents: Replication and New Applications of Simonds Method*. Michigan State University, East Lansing, MI.
- Koningsveld, E. A. P., & The, K. A. (2000). Ergonomics and economics, dilemma's and chances. In: *Proceedings of the XIVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association and 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Association, "Ergonomics for the New Millennium", July 29 - August 4 2000, San Diego, CA, United States*.
- Koopmanschap, M. A., Rutten, F. F. H., van Ineveld, B. M., & van Roijen, L. (1995). The friction cost method for measuring indirect costs of disease. *Journal of Health Economics*, 14(2), 171-189.
- LaBelle, J. E. (2000). What do accidents truly cost? Determining Total Incident Costs. *Professional Safety*, 45(4), 38-42.
- Lahiri, S., Gold, J. & Levenstein, C. (2005). Net-cost model for workplace interventions. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 241-255.
- Landstad, B. J., Gelin, G., Malmquist, C., & Vinberg, S. (2002). A statistical human resources costing and accounting model for analysing the economic effects of an intervention at a workplace. *Ergonomics*, 45(11), 764-787.

- Laufer, A. (1987a). Construction accident cost and management safety motivation. *Journal of Occupational Accidents*, 8(4), 295-315.
- Laufer, A. (1987b). Construction safety: economics, information and management involvement. *Construction Management and Economics*, 5, 73-90.
- Leigh, J. P., Markowitz, S. B., Fahs, M., & Landrigan, P. J. (2000). *Costs of Occupational Injuries and Illnesses*. Ann Harbor, MI: University of Michigan Press.
- Leigh, J. P., Waehrer, C., Miller, T. R., & McCurdy, S. A. (2006). Costs differences across demographic groups and types of occupational injuries and illness. *American Journal of Industrial Medicine*, 49(10), 845-853.
- Leigh, J. P., Waehrer, G., Miller, T. R., & Keenan, C. (2004). Costs of occupational injury and illness across industries. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 30(3), 199-205.
- Leopold, E., & Leonard, S. (1987). Costs of Construction Accidents to Employers. *Journal of Occupational Accidents*, 8, 273-294.
- Levitt, E. R., Parker, H. W., Samelson, N. M. (1981). *Improving Construction Safety Performance: the user's role*. Stanford, CA: Stanford University.
- Linhard, J. B. (2005). Understanding the return on health, safety and environmental investments. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 257-260.
- Lofland, J. H., Pizzi, L., & Frick, K. D. (2004). A Review of Health-Related Workplace Productivity Loss Instruments. *Pharmacoeconomics*, 22(3), 165-184.
- Lötters, F., Meerding, W. J., & Burdorf, A. (2005). Reduced productivity after sickness absence due to musculoskeletal disorders and its relation to health outcomes. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 31(5), 367-374.
- Lyon, B. K. (1997). Ergonomic benefit/cost analysis: Communicating the value of enhancements. *Professional Safety*, 42(3), 33-36.

- Manuele, F. A. (2011). Accident Costs Rethinking ratios of indirect to direct costs. *Professional Safety*, Jan 2011, 39-47.
- Miller, T. R. (1992). *The cost of injuries to employers: A NETS compendium*, Washington, DC : The Urban Institute.
- Miller, T. R. (1997). Estimating the costs of injury to U.S. employers. *Journal of Safety Research*, 28(1), 1-13.
- Miller, T. R., & Galbraith, M. (1995). Estimating the costs of occupational injury in the United States. *Accident Analysis & Prevention*, 27(6), 741-747.
- Neville, H. (1998). Workplace accidents: they cost more than you might think. *Industrial Management (Norcross, Georgia)*, 40(1), 7-9.
- OHSAS 18001 (2007) <http://www.standardsdirect.org/ohsas.htm>
- Oxenburgh, M. (1997). Cost-benefit analysis of ergonomics programs. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(2), 150-156.
- Oxenburgh, M. S., & Marlow, P. (2005). The Productivity Assessment Tool: Computer-based cost benefit analysis model for the economic assessment of occupational health and safety interventions in the workplace. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 209-214.
- Oxenburgh, M. S., & Guldborg, H. H. (1993). The economic and health effects on introducing a safe manual handling code of practice. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12(4), 241-253.
- Paez, O., Uahinui, T., Genaidy, A., Karwowski, W., Sun, L., & Daraiseh, N. (2006). Estimating uninsured costs of work-related accidents, part II: an incidence-based model. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 247-260.

- Pauly, M. V., Nicholson, S., Xu, J., Polsky, D., Danzon, P. M., Murray, J. F., Berger, M. L. (2002). A general model of the impact of absenteeism on employers and employees. *Health Economics*, 11(3), 221-231.
- Riel, P. F., & Imbeau, D. (1995). Economic justification of investments for health and safety interventions. Part II. Applying activity based costing to the insurance cost. *International Journal of Industrial Engineering - Applications and Practice*, 2(1), 55.
- Rikhardsson, P. M., & Impgaard, M. (2004). Corporate cost of occupational accidents: an activity-based analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 173-182.
- Seeley, P. A., & Marklin, R. W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34(5), 429-439.
- Simonds, R. H., & Grimaldi, J. V. (1956). *Safety management*. Homewood, Illinois: Irwin.
- Son, K. S., Melchers, R. E., & Kal, W. M. (2000). Analysis of safety control effectiveness. *Reliability Engineering and System Safety* 68(3), 187-194.
- Sun, L., Paez, O., Lee, D., Salem, S., & Daraiseh, N. (2006). Estimating the uninsured costs of work-related accidents, part I: a systematic review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 227-245.
- Young, G. S. (1988). *A field data collection program to determine employer costs attributable to motor vehicle accidents, Report to NHTSA*. Cambridge, MA: Arthur D. Little. Inc.

## CHAPITRE 4

# A PROCESS MAPPING MODEL FOR CALCULATING INDIRECT COSTS OF WORKPLACE ACCIDENTS

Romain Jallon, Daniel Imbeau, Nathalie de Marcellis-Warin

Département de Mathématiques et de Génie Industriel,  
École de Polytechnique Montréal, Québec, Canada

Article accepté pour publication dans *Journal of Safety Research*

Mots clés : Process mapping; accident costs; indirect costs; Occupational injury; ergonomic interventions; economic evaluation; Occupational Safety and Health.

#### **4.1. Abstract**

This article follows an earlier one in which four criteria and four bases for the development of an indirect-cost calculation model adapted to the accuracy requirements and time constraints of workplace decision-makers were established. A two-level model for calculating indirect costs using process mapping of the organizational response to a workplace accident is presented. The model is based on data collected in interviews with those employees in charge of OHS in 10 companies of various sizes in different industry sectors. This model is the first to use process mapping to establish the indirect costs of workplace accidents. The approach allows easy identification of the duration and frequency of actions taken by stakeholders when a workplace accident occurs, facilitates the collection of the information needed to calculate indirect costs and yields a usable, precise result. A simple graphic representation of an organization's accident processes helps the user understand each accident's cost components, allowing the identification and reduction of inefficiencies in the overall process.

#### **4.2. Introduction**

For many years, researchers have been developing models for quantifying and characterizing the costs, including indirect costs (uninsured and fully borne by firms), of workplace accidents (Gavious, Mizrahi, Shani & Minchuk, 2009 ; Paez *et al.*, 2006 ; Brody, Létourneau & Poirier, 1990c ; Aaltonen *et al.*, 1996). Approaches to calculating the return on investment in prevention, including assessing the costs of absence, have also emerged (Brody *et al.*, 1990c). The purpose of such models, which express OHS issues in dollar terms, is to help prevent hazardous situations in the workplace by providing decision-makers with information to guide their decisions on investment in OHS or on changes to improve productivity (Goggins, Spielholz & Nothstein, 2008). In the latter case, a good knowledge of indirect costs can reduce the occurrence of workplace situations with significant indirect costs by using engineering solutions for eliminating OHS risks at the source.

The indirect-cost calculation models developed by researchers have not, however, been widely adopted in the workplace. One reason is that most studies do not focus on developing practical methods of indirect-cost analysis suited to the needs of companies (Rikhardsson & Impgaard, 2004). Another is that such models require a long, tedious data-collection phase (Aaltonen *et al.*, 1996; LaBelle, 2000; Neville, 1998) incompatible with the time constraints of decision-makers in

the workplace. Another limitation is the possibility that the decision-maker may doubt the validity of a model and so be uncomfortable using the information it provides to prove the return on investment in prevention (Gavious *et al.*, 2009). Decision-makers need a simple, basic method to quickly and accurately assist them in providing an estimate of the cost of workplace accidents (Rikhardsson & Impgaard, 2004).

The scientific literature shows that researchers could facilitate the field use of indirect-cost calculation models for workplace accidents in:

- Minimizing the time required for data collection (Aaltonen & Miettinen, 1997; LaBelle, 2000; Sun, Paez, Lee, Salem & Daraiseh, 2006).
- Providing a reliable, precise result (Gavious *et al.*, 2009; Sun *et al.*, 2006)

In a previous paper “Development of an indirect-cost calculation model suitable for workplace use” (Jallon, Imbeau & de Marcellis-Warin, 2011a), the scientific literature was analysed and four bases for the development of such a model were established, with the aim of providing accurate calculations and requiring limited time to be spent on data collection.

<i>Base 1: Group workplace accidents into categories to limit data collection and account for variability according to accident type.</i>
---

<i>Base 2: Consider the number of days of lost time when calculating indirect costs.</i>
--

<i>Base 3: Consider the number of days of temporary assignment and productivity level during this period when calculating indirect costs.</i>
---

<i>Base 4: Break down each accident category and describe respective actions taken and time spent by each of the stakeholders involved to establish cost.</i>
---

These bases, as well as the operating principle of the two-stage model comprised of “data collection and implementation” and “regular use”, have been used to develop the model presented here.

In the first stage of our model, “data collection and implementation”, process mapping is used to establish the indirect costs of workplace accidents by detailing the various procedures that describe, for different accident categories, each stakeholder’s activities and their duration when a workplace accident occurs. The second stage, “regular use”, calculates indirect costs using the data gathered in the previous stage that is linked to such parameters as accident category (first



aid, time lost, etc.), length of absence or temporary assignment and worker productivity during the period in question.

### **4.3. Method**

#### **4.3.1 Process mapping: A method for collecting information required to calculate the indirect costs of workplace accidents**

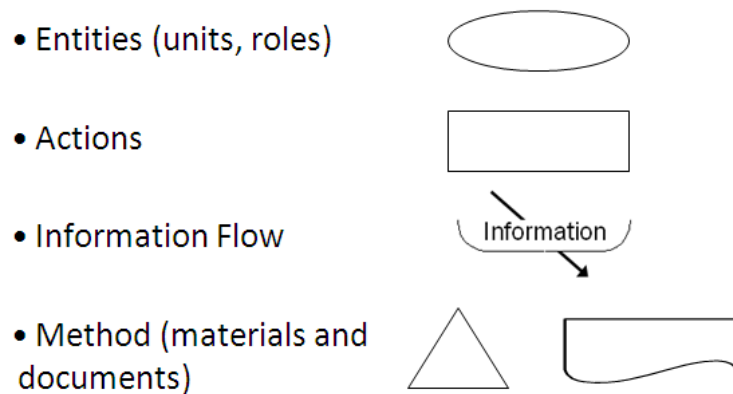
A workplace accident starts with the occurrence of the accident and finishes when the injured employee is once again fully productive. As such, it has a temporal basis and a duration associated with return to the pre-accident situation. During this period, the organization uses resources and stakeholders to achieve the following goals: take care of the injured worker (at infirmary, taking to hospital, etc.), maintain production and productivity (replacement of worker, etc.), understand the reasons for the accident (accident investigation and analysis, etc.) and track the accident (record information, enter it into a database, follow-up on accident, file compensation claim with employer's insurance agency, etc.).

The actions undertaken by each of the stakeholders to achieve the organizational goals outlined above are linked, and each of these actions, insofar as it requires a stakeholder's time, has a cost. The sum of the costs of all the actions constitutes the major part of the accident's indirect costs, since most are incurred by paying for time spent by the various stakeholders dealing with the consequences of the accident (Corcoran, 2002; Aaltonen *et al.*, 1996).

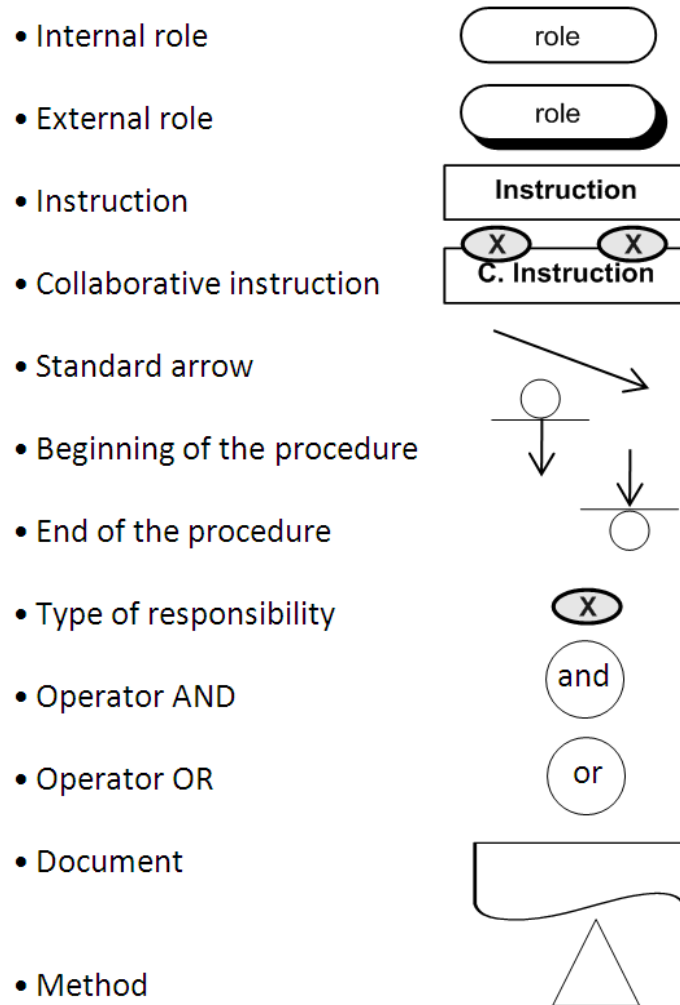
The hypothesis was that modeling an organization's response to a workplace accident using process-mapping software is a simple and appropriate mean of establishing its costs. The representation of the organizational response to a workplace accident in 10 companies in four different industrial sectors was developed. The Globalliance process management application, Qualigram Manager, an add-on for Microsoft Visio, was used for the mapping. This software was chosen for its ease of use, predefined SmartShapes and quick automatic page-setting functions. It can also exchange data with Microsoft Excel or Microsoft Access to store information in spreadsheets and build databases. The software is partly based on the Office Support Systems Analysis and Design (OSSAD) (Dumas, 1990; Morley, Hugues, Leblanc & Hugues, 2004), which recommends a three-level representation of processes, procedures and work instructions (the last being optional). The relative simplicity of the workplace-accident organizational process made use of the third level unnecessary.

The first level gives an overview of the various courses of action that can constitute the organizational response to a workplace accident, each of which consists of a succession of second-level procedures. The course of action chosen depends on the type of accident or injury. An employee with a minor cut receives first aid, while one suffering from tendinitis may be absent for 10 days and then do light work for another 10 days.

The language used to construct the second-level procedures is simple and based on the four shapes shown in Figure 4.1. These shapes are used in the Qualigram software to construct the procedure, as presented in Figure 4.2.



**Figure 4.1:** Shapes associated with procedures



**Figure 4.2:** Qualigram software language for procedures

### 4.3.2 Sample description

The representation of the organizational response to a workplace accident in 10 companies in four different industrial sectors was developed. Table 4.1 describes the companies in the sample (industry sector, number of employees, turnover and insurable payroll) in which the study was conducted.

**Table 4.1:** Company Sample Description

Company	Company A	Company B	Company C	Company D	Company E	Company F	Company G	Company H	Company I	Company J
Industry sector	Agribusiness	Manufacturing/ assembly	Plastic products manufacturing			Forestry				
Number of employees	240	1178	DNA	146	270	185	250	387	128	135
Turnover	DNA	DNA	DNA	DNA	22 000 000	4 000 000	1 976 240	5 411 150	3 941 200	3 095 954
Insurable payroll	DNA	55 065 916	6 679 280	7 436 691	9 699 287	2 721 823	1 646 515	3 784 022	2 080 571	1 751 389

DNA - Data Non Available: Company didn't want to share this information.

### 4.3.3 Interviews

Semi-structured interviews with several stakeholders from each of the 10 companies provided the information needed to map the organizational response to an accident. The first person interviewed was always the one in charge of OHS. If that person lacked the seniority to reconstruct the process or procedures with complete certainty, the person most familiar with the company's OHS mechanisms—usually an employee with over 10 years' seniority – was interviewed. Key stakeholders (supervisor, production manager, other administrative staff) were also questioned about actions taken, their frequency and their duration to give a better understanding of certain procedures or to confirm them. Information about those interviewed is presented in Table 4.2. In total, between two and four people were interviewed at each company, with an average of 2.9. The average time spent with the person most familiar with OHS practices (an average of 12.1 years of seniority at current position) was 4.2 hours (over two separate meetings). The average time spent with a second stakeholder, interviewed in 100 % of cases to elaborate on second-level procedures, was 1.9 hours. A third and fourth stakeholder were seen in 70 % and 20 % of cases, respectively.

Interviews were conducted in three stages. Initially, an interview with the person most familiar with the OHS practices of each company provided the information needed to help us understand each company's first-level process. Procedures were detailed using Bases 1, 2 and 3 (Section 4.2) as the starting points. In the second stage, each procedure identified in the first-level process was detailed using Base 4 (Section 4.2). The person most familiar with OHS practices and the key stakeholders were asked to describe the actions taken by those involved in each procedure and to give the duration and frequency of each action.

Once the two levels of organizational response were constructed, the different stakeholders were asked, in subsequent individual or group interviews (when these were possible), to review and confirm the process, procedures, duration and frequency of each action. The necessary information on processes and procedures (frequency, duration and stakeholders' hourly wages) was then compiled in a Microsoft Excel spreadsheet to calculate the indirect costs of the workplace accident. This step took 10 hours per company on average.

**Table 4.2:** Interviews information

Company	Company A	Company B	Company C	Company D	Company E	Company F	Company G	Company H	Company I	Company J	Average
Number of persons interviewed	3	2	2	3	3	2	4	4	3	3	<b>2.9</b>
Position held by the person most familiar with OHS mechanisms	OHS and training advisor	Prevention Coordinator	HR Manager	HR Manager	HR Coordinator	Administrative Technician	Secretariat officer	Secretariat officer	Operations Manager	Office clerk	
Seniority in company (years)	DNA	5	DNA	0.5	4	16	27	30	27	17	<b>15.8</b>
Seniority in current position (years)	DNA	5	DNA	0.5	4	16	27	30	13	1.5	<b>12.1</b>
Time spent in interviews (hrs)	4.5	5	5.5	3	5	4.5	4	3	2.5	5	<b>4.2</b>
Position held by the second person interviewed	Coordinator	OHS advisor	HR employee	HR Coordinator	HR Manager	Coordinator	Administrative Technician	Coordinator	Secretariat officer	Operations Manager	
Seniority in company (years)	DNA	1.5	DNA	1.5	4	7	24	27	7	12	<b>10.5</b>
Seniority in current position (years)	DNA	1.5	DNA	1.5	1	7	24	9	7	0.5	<b>6.4</b>
Time spent in interviews (hrs)	0.5	3	2	2.5	1.5	2.5	1.5	2.5	2	1	<b>1.9</b>
Position held by the third person interviewed	Coordinator			HR employee	HR employee		Director	Operations Manager	Office clerk	Administrative Technician	
Seniority in company (years)	DNA			31	1		4	1	15	27	<b>13.2</b>
Seniority in current position (years)	DNA			13	1		4	1	15	1.5	<b>5.1</b>
Time spent in interviews (hrs)	0.5			1	1.5		0.5	1	1.5	0.5	<b>0.93</b>
Position held by the third person interviewed							Operations Manager	Coordinator			
Seniority in company (years)							25	30			<b>27.5</b>
Seniority in current position (years)							25	28			<b>26.5</b>
Time spent in interviews (hrs)							0.5	0.5			<b>0.5</b>

## **4.4. Results**

### **4.4.1 First-level process similar in all companies**

The interview results from the 10 companies provided the information for establishing first-level processes and their component procedures. A procedure was included if those interviewed considered it to be a factor in the indirect costs of a workplace accident. The interview results that established the first-level processes for each company are presented in Table 4.3. The minimum number of procedures per company was 11 (for Companies F, H and I), while the maximum was 19 (for Companies B and E). The average was 14.4.

**Table 4.3:** Procedures described for each company during process mapping

Procedures described/Companies	Company A	Company B	Company C	Company D	Company E	Company F	Company G	Company H	Company I	Company J	Standard
Incident without first aid	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Incident with first aid	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Incident with medical examination	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Investigation and analysis of accident	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Does procedure vary depending on accident type ?	yes	yes	no	no	no	no	yes	no	no	no	optional
Mandatory enquiry ?	yes	yes	no	no	no	no	no	no	no	no	optional
First day of time lost	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
$n^{\text{th}}$ day of time lost	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Other days of time lost described ?	2 <sup>nd</sup>	no	2 <sup>nd</sup> to 33 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup> to 30 <sup>th</sup>	no	no	no	no	no	optional
First day of temporary assignment	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
$n^{\text{th}}$ day of temporary assignment	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Other temporary assignment days described ?	2 <sup>nd</sup>	no	2 <sup>nd</sup> to 33 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup> to 30 <sup>th</sup>	no	no	no	no	no	optional
Medical follow-up	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Different medical follow-up procedure if time lost or temporary assignment ?	no	yes		no	yes	no	no	no	no	yes	optional
File Closure	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Different file closure procedure if time lost or temporary assignment ?	no	no	no	no	no	yes	yes	no	no	yes	optional
Contesting procedure	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
First step: Medical expertise ?	yes	yes	yes	yes	yes		yes	Yes	yes	yes	yes
Second step: management dispute with OHS agency ?	yes	yes	yes	no	no		no	Yes	no	no	optional
Other « contesting » procedures described ?	no	yes	no	no	no		no	no	no	no	optional
Other procedures described ?	no	Major accident investigation, rehabilitation meeting	Instruction, formation and hiring	no	Instruction, formation	no	no	2 « accomodation » procedures		Health and safety committee discussion of the accident	optional
Total number of procedures (average: 14.4 procedures)	16	19	14	15	19	11	13	11	11	15	11



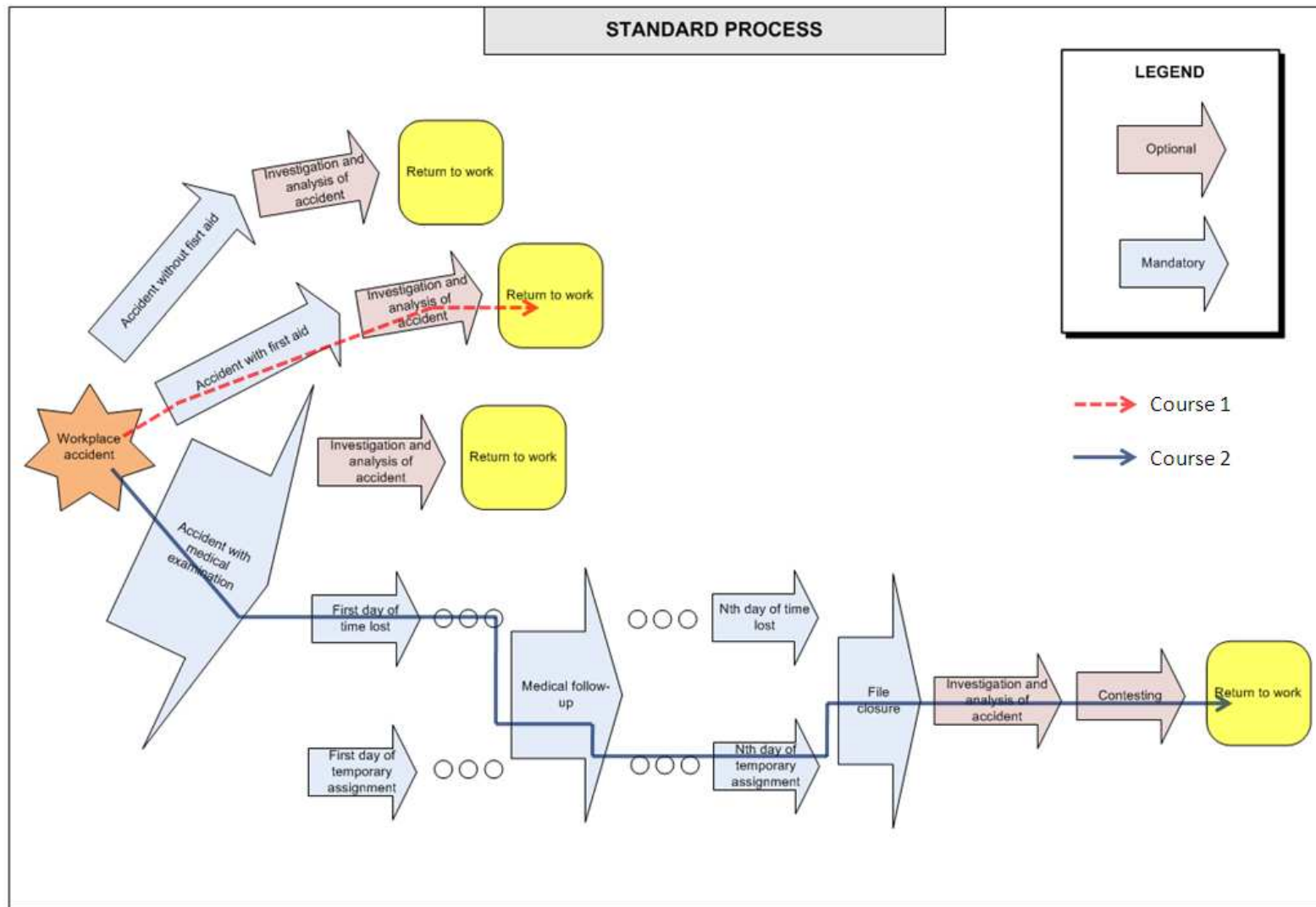
In 9 of the 10 companies, the procedure for an accident not involving first aid needed detailing. For all 10 companies, procedures for an accident involving first aid, a medical examination, time lost (first to  $n^{\text{th}}$  day) or one involving temporary assignment (first to  $n^{\text{th}}$  day) were described. In 4 out of 10 firms, procedures had to be added for the accident categories of “time lost” and “temporary assignment” to take into account the period the company needed to replace the worker, as well as Bases 2 and 3 (Section 4.2). For example, in the case of an accident with time lost, in Company A, the injured employee is replaced permanently on the third day of absence. Since various actions are taken to replace the employee the second day after the accident, details of a “second lost day” procedure had to be itemized. In Company C, the injured employee is permanently replaced after 33 days, during which period a replacement employee working overtime is used. Since the actions and time spent by each stakeholder before and after the 33<sup>rd</sup> lost day were different, these procedures were also described.

In 9 out of 10 cases, there was an interest in describing the procedure for closing the file. In three companies, this procedure differed depending on whether the worker was on temporary assignment or absent with time lost. Nine companies describe an optional “contesting” procedure, whereby a workplace accident that the employer does not consider legitimate is challenged, usually by management. In all nine companies, the first step of the “contesting” procedure is to have the worker assessed by the company physician to obtain a second opinion. The second step, a management dispute with the agency responsible for OHS (the Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail [CSST] in Quebec), was reported in only 4 out of 10 cases.

All the companies reported an “investigation and accident analysis” procedure, consisting of actions taken to establish the causes of the accident and prevent it from recurring. In three of them, the procedure depended on the type of accident (first aid, time lost, temporary assignment). In two companies, the procedure is mandatory, while in eight it is discretionary, with the stakeholders choosing whether to investigate, depending on the seriousness or potential seriousness of the accident. The “medical follow-up” procedure, required when the worker is on medium or long-term medical leave, was described in 9 out of 10 cases. In 3 of the 10 companies, the procedure differed slightly depending on whether the accident involved time lost or temporary assignment. Companies C and E expressed interest in describing hiring and training procedures, because of the possible need to hire and train a new worker at the end of the process (the instruction procedure (4 h) is for employees who already know the job, the formation

procedure (10 days) is for employee who has never done the job before). Companies B and H expressed interest in outlining the procedures implemented when someone returns to work with a permanent injury. Company J reported that its OHS committee, composed of a dozen of employees from both production and administration, has two possible procedures to follow, depending on the nature of the accident.

Finally, despite some little variations, interview results show first-level processes to be similar in all 10 companies. Using the Qualigram software, a standard structure, or overall process, suited to all companies was devised. It is shown in Figure 4.3. This process consists of 11 procedures, 2 of which (contesting and accident investigation and analysis) are discretionary and can be carried out in parallel with other procedures in no particular order, as shown in Figure 4.3. The “courses” taken in two types of workplace accident were followed using this standard process: Course 1 is for a “first aid” accident, while Course 2 is for an accident involving time lost followed by light work before the injured worker returns to his or her regular job.



**Figure 4.3:** Standard organizational response to a workplace accident

#### **4.4.2 Procedure for identifying each stakeholder's actions**

The second-level describes the stakeholders' actions during each procedure identified in the first-level process. The interviews helped identify every stakeholder's role in the procedures and identified the actions taken by each.

Some procedures consist of actions classified as collaborative, involving several stakeholders in the same operation. Some stakeholders are in charge of the action (C), while others are participants (P) (see the task "administer first aid" in Figure 4.4, where the first aid worker is in charge and the injured worker is a participant). The means used (for example, the means of transport, in the case of a trip to the hospital, or the use of a first-aid kit), the forms to be filled out (such as an accident report or insurance claim) and the flow of information between the stakeholders (accident report, accident statistics, etc.) can be described to document the procedure more fully.

A sample procedure for a Company D case involving a medical examination is shown in Figure 4.4 and one for the " $n^{\text{th}}$  day of temporary assignment" is shown in Figure 4.5. By adding the duration and frequency of all actions in the procedure, the costs can be determined.

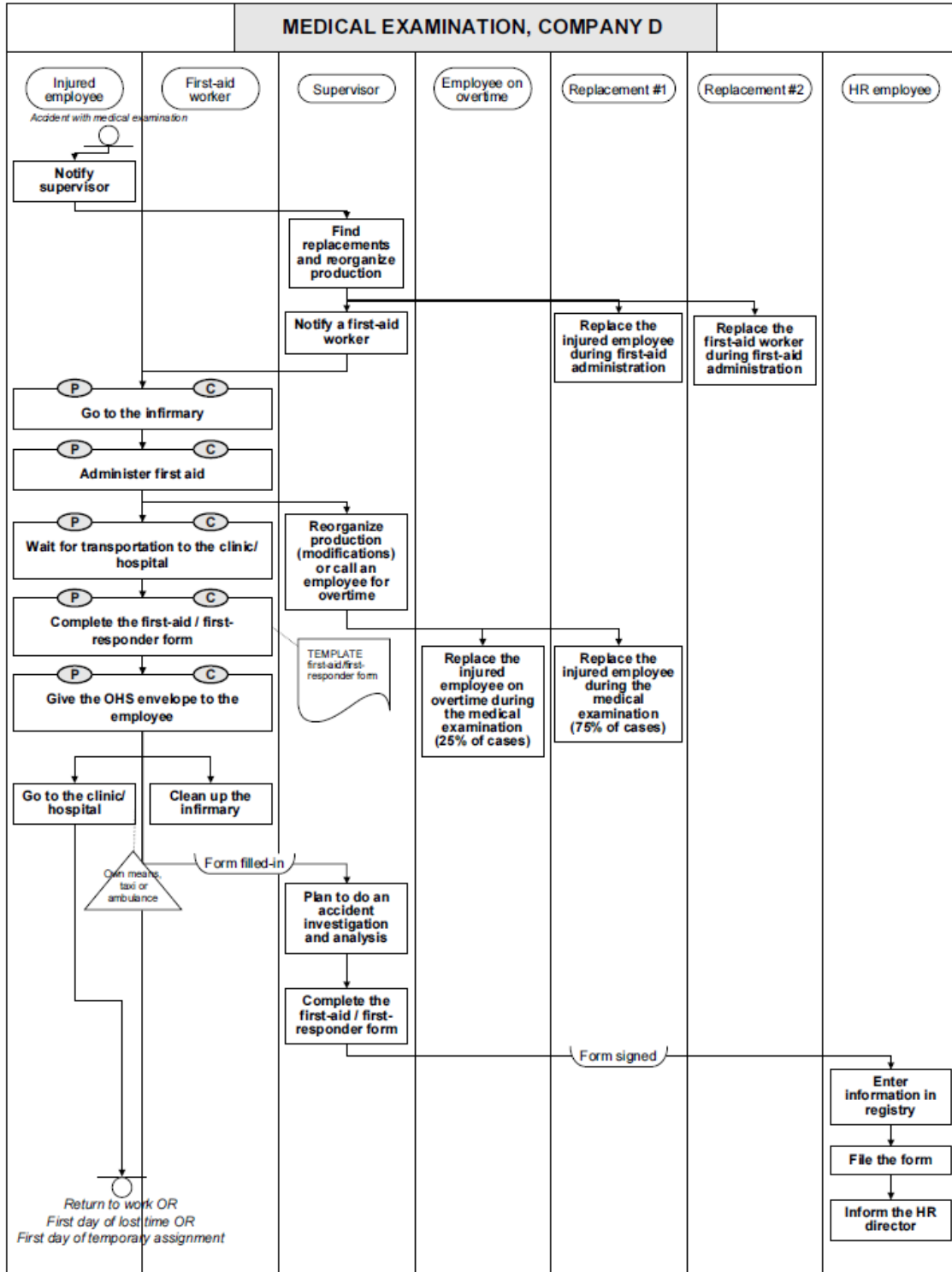
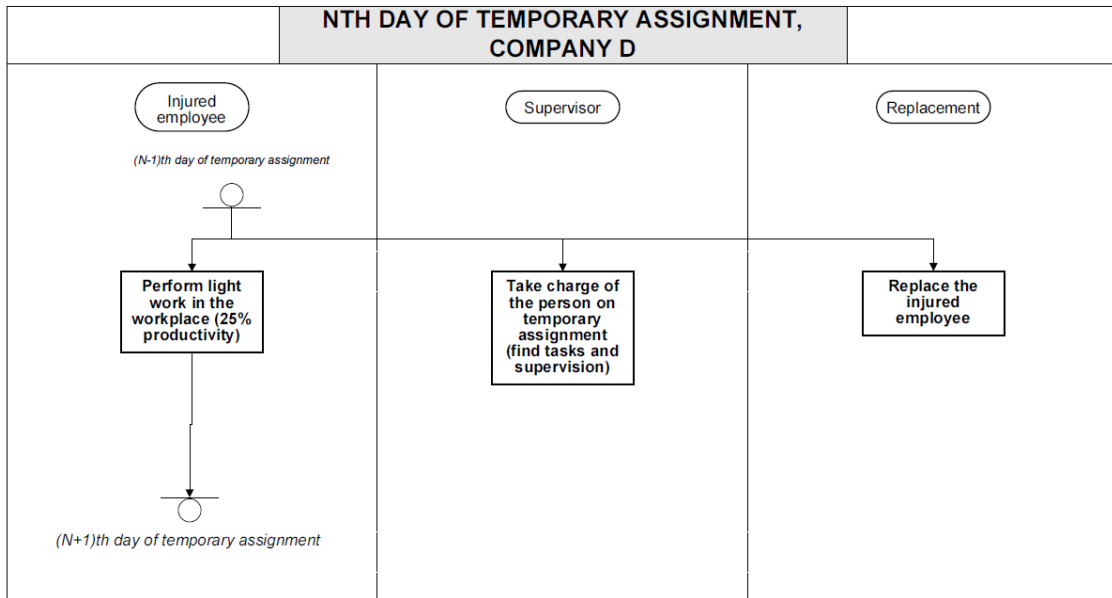


Figure 4.4: Company D's medical examination



**Figure 4.5:** Company D's  $n^{\text{th}}$  day of temporary assignment

While procedures, actions and time spent by stakeholders differed for each company, some similarities can be observed. Table 4.4 shows some similarities and differences between the companies.

**Table 4.4:** Example of duration and frequency of actions taken by stakeholders

Stakeholder	Procedure	Action	Company A	Company B	Company C	Company D	Company E	Company F	Company G	Company H	Company I	Company J	Average
First-aid worker	First Aid	Administer first aid (min)	15	10	25	15	30	30	15	30	10	50	23
Replacement (reserve employee)	Medical examination	Replace the injured employee (%)	50%	100%	50%	75%	75%	50%	100%	100%	100%	100%	80%
Overtime replacement	Medical examination	Replace the injured employee on overtime (%)	50%	0%	50%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	15%
Supervisor	Medical examination	Replace the employee (min)	20	10	30	20	25	15	10	10	25	15	18
Supervisor	First day of temporary assignment (TA)	Give tasks to the employee on TA/Look after the person on TA (min)	10	15	15	10	20	15	20	45	32	15	19,7
Office staff	Medical examination	Process information (min)	-	15	-	-	45	30	35	45	45	100	45
Temporary assignment employee productivity (%)			20%	33%	20%	25%	20%	(cost)	(cost)	50%	(cost)	50%	31%

For example, a first aid worker was involved in the “first aid” procedure in all 10 companies, but spent anywhere from 10 minutes in Company I to 50 minutes in Company J, with an overall average of 23 minutes. In an accident involving a medical examination, the supervisor needs to replace the injured worker. This action, found in all 10 companies, varied in duration from 10 minutes in Companies B, G and H to 25 minutes in Companies E and I. The average was 18 minutes. The supervisor was also involved in all “first day of temporary assignment” procedures, finding light work for the injured employee. This took 10 to 45 minutes, with an average of 20 minutes. In an accident involving a medical examination, office staff must process the information provided by the doctor and open a file with the employers’ OHS group insurance (CSST in Québec) if necessary. This action was required in 7 of the 10 firms, and took an average of 45 minutes. The second-level procedure includes additional information on the frequency of actions. When an injured worker has to go to hospital, the supervisor can choose someone already on the floor as a replacement (100 % of cases in Companies B, F, G, H, I and J) or can call in an employee to work overtime (50 % of cases in Companies A and C, 25 % of cases in Companies D and E).

As specified in Base 3 (Section 4.2), the productivity of the employee assigned to light work must also be factored into calculations. This productivity varies between 20 % (Companies A, C and E) and 50 % (Companies H and J). Companies F, G and I count the time/costs related to temporary assignment directly: if a worker with functional limitations spends six hours on a task which would normally take two hours, the time of the temporary assignment is counted as four hours.

#### **4.4.3 Calculation of indirect costs**

The data on duration and frequency of each action in each procedure are recorded in a Microsoft Excel spreadsheet to calculate the overall cost, which is the sum of the costs of each action. The hourly wages of each stakeholder with a role in the procedures is also included.

The calculation of Company D’s costs for a “medical examination” procedure (Figure 4.4) and for “ $n^{\text{th}}$  day of temporary assignment” (Figure 4.5) are shown in Tables 4.5 and 4.6.



**Table 4.5:** Cost of Company D "medical examination" procedure shown in Figure 4.4

<b>Company D "medical examination" procedure</b>		<b>Time (min)</b>	<b>Frequency (%)</b>	<b>Salary (\$/hr)</b>	<b>Cost (\$)</b>
Injured employee	Notify supervisor	240	100%	18.7	74.9
	Participant: go to the infirmary		100%	18.7	
	Participant: administer first aid		100%	18.7	
	Participant: Wait for transportation to the clinic/hospital		100%	18.7	
	Participant: Complete the First-Aid/First-Responder Form		100%	18.7	
	Participant: Give the OHS envelope to the employee		100%	18.7	
	Go to the clinic/hospital		100%	18.7	
	Own means of transportation		90%		
	Ambulance (paid by insurance)		5%		
	Taxi		5%	90	4.5
Supervisor	Find replacements and reorganize production	10	100%	30	5
	Notify a first-aider		100%	30	
	Reorganize production (modifications) or call in employee for overtime	15	100%	30	7.5
	Plan to do an accident investigation and analysis (see procedure "accident investigation and analysis")		100%	30	
	Complete the First-Aid/First-Responder Form		100%	30	
First-aider	Person in charge: go to the infirmary	20	100%	18.7	6.2
	Person in charge: administer first aid		100%	18.7	
	Person in charge: Wait for transportation to the clinic		100%	18.7	
	Person in charge: Complete the First-Aid/First-Responder Form		100%	18.7	
	Person in charge: Give the OHS envelope to the employee		100%	18.7	
	Clean up the infirmary		100%	18.7	
Employee on overtime	Replace the injured employee <b>with employee on overtime</b> during the medical visit (25% of cases)	220	25%	28.08	25.7
Replacement # 1	Replace the injured employee during first-aid administration	20	100%	18.7	6.2
	Replace the injured employee with overtime during the medical examination (75% of cases)	220	75%	18.7	51.5
Replacement # 2	Replace first aider during first-aid administration	20	100%	18.7	6.2
HR employee	Enter information in the registry	5	100%	20.2	1.7
	File the form		100%	20.2	0
	Inform the director of HR		100%	20.2	0
<b>Company</b>	<b>Amount allocated by the company for this work if no accident had occurred</b>				<b>-74.9</b>
<b>TOTAL</b>					<b>114.6</b>

**Table 4.6:** Cost of Company D "n<sup>th</sup> day of temporary assignment" procedure shown in Figure 4.5

<b>Company D " n<sup>th</sup> day of temporary assignment" procedure</b>		<b>Time (min)</b>	<b>Frequency (%)</b>	<b>Salary (\$/hr)</b>	<b>Cost (\$)</b>
Injured employee	Perform light work in the workplace (25% productivity)	480.00	75%	18.7	112.3
Supervisor	Take charge of the person on temporary assignment (find tasks and supervision)	5.00	100%	30	2.5
Replacement	Replace the injured employee	480.00	100%	18.7	149.8
<b>Company</b>	<b>Amount allocated by the company for this work if no accident had occurred</b>				<b>-149.8</b>
<b>TOTAL</b>					<b>114.8</b>

In order to take into account only the additional cost of the workplace accident, that is, the indirect costs arising from the accident as compared to a situation where no accident had occurred, the amount normally spent by the company on the work performed by the injured worker is subtracted (in bold). The importance of this measure has already been raised by Landstad, Gelin, Malmquist & Vinberg (2002) and Gavius *et al.*, (2009), particularly when a worker is off work and is being paid by the employer's insurance.

The "set-up" stage of the indirect-cost calculation tool ends once the cost of each procedure has been assessed. The costs of Company D's procedures are shown in Table 4.7 as an example.

The "regular use" stage leverages the information gathered in the "set-up" stage. The cost of an accident is the sum of the costs of all procedures. A Microsoft Excel spreadsheet that calculates the cost of each accident from the cost of its constituent procedures was created. This user-friendly tool requires only the information in bold in Table 4.8.

An example of the tool's use for an accident at Company D that involved 10 lost days followed by 10 days of temporary assignment is shown. The total cost of the accident is the sum of the costs of the "medical examination," "first lost day," "second lost day," "third lost day," 7 times the "*n*<sup>th</sup> lost day" and 10 times the "*n*<sup>th</sup> day of temporary assignment" (the cost of which depends on the worker's productivity during this period—here 25%), two "medical follow-ups" (every 10 days), "closing the file," and "investigation and analysis" (discretionary, but chosen for this accident). The cost of this accident was \$1 479.3.

**Table 4.7:** Summary of each procedure's cost for Company D

<b>Costs of procedures</b>	<b>In \$</b>
Accident without first aid	4.7
Accident with first aid	27.5
Investigation and analysis of accident	41.7
Accident with medical examination	114.6
First day of time lost	40.0
Second day of time lost	29.6
Third day of time lost	47.9
n <sup>th</sup> day of time lost	0.00
First day of temporary assignment	159.5
Second day of temporary assignment	144.4
Third day of temporary assignment	162.8
n <sup>th</sup> day of temporary assignment	114.8
Closing of the "time lost" or "temporary assignment" file if the period exceeds three days	47.2
Contestation procedure	425.2
Medical follow-up / Additional medical examination	5.0

**Table 4.8:** Calculating Company D's indirect costs

<b>CALCULATOR</b>		
Number of days of time lost		<b>10</b>
Number of days of temporary assignment		<b>10</b>
Productivity during temporary assignment		<b>25%</b>
Accident investigation and analysis		<b>Yes</b>
First Aid?		<b>No</b>
Medical examination ?		<b>Yes</b>
Medical follow-up / Additional medical examination every	<b>10</b>	Days
Contesting?		<b>No</b>
INDIRECT COSTS TOTAL (in \$)		1479.3

## 4.5. Discussion

### 4.5.1 Compliance with criteria

The use of process mapping to determine the indirect costs of workplace accidents meets the principal criteria (data collection and compilation) to be taken into account when developing an indirect-cost calculation tool suitable for workplace use. These criteria were presented in an earlier article (Jallon *et al.*, 2011a):

- Criterion of allowing the user to determine which cost components are included in the calculation and the flexibility criterion: the process mapping, carried out with the use of a specialized software, is flexible enough to allow the user to incorporate information particular to a business and any data that can be collected or made available. While a standard format is proposed for the overall process (Figure 4.3), the user has the option of adding procedures that he judges to be relevant to the accident's indirect costs and of removing any that are not. For example, if a user considers that the contribution of the procedure "medical follow-up" to the costs of the accident is marginal, or if he has no time to collect information on the "contestation" procedure, these procedures can be removed from the first-level process. Alternatively, if a user decides that the cost of hiring a new employee to replace a worker on medical leave is important in the total cost of the accident, a "hiring" procedure can be added to detail the actions and stakeholders

involved (Company C). For larger companies (e.g., Company B), it could be worthwhile to expand the investigation phase in adding procedures detailing deeper internal investigation, drug/alcohol testing, disciplinary actions or OSHA and insurer reporting. The model thus offers the flexibility needed to customize calculation by using company or context-specific procedures. The user can choose the components of the indirect-cost calculation based on the data, the time available for collection and the desired accuracy of the indirect-cost calculation.

The same flexibility is offered in the second-level procedures. A user with limited time who wants a quick calculation can include only key stakeholders and actions, while a more demanding user can add more stakeholders and actions. Another important point pertaining to flexibility is that the calculation is scalable. The level of detail of the overall process can be increased anytime by adding stakeholders and actions to any procedure the user identifies as playing a role in the cost of the accident. The flexibility allows the user to strike a balance between the time spent on data collection and the required accuracy of the indirect-cost calculation. By involving the end user, the model is less likely to generate cost calculations that the manager deems invalid (Gavious *et al.*, 2009) and complies with the first criterion.

- Criterion of assessing productivity losses using the friction period. The use of mapping processes and procedures for accident-cost calculation highlights the time dimension of actions, especially the time the organization needs to replace the worker and/or regain the pre-accident level of production, which is the basis of the “friction costs” method of assessing productivity losses (Koopmanschap, Rutten, van Ineveld & van Roijen, 1995; Lofland, Pizzi et Frick, 2004).
- Criterion of validity. The model has proven effective in calculating the costs of workplace accidents in 10 companies of various sizes in different industrial sectors. The validation of this model in a larger sample of companies from varied sectors is ongoing and may serve as an example for future users.

#### 4.5.2 Limitations and advantages of the model

The indirect-cost calculation model presented in this paper is the first to rely on data collected through process mapping of an organization's response to a workplace accident.

This method has the advantage of providing the user with an overview of the process and procedures involved. In comparison with other methods described in the literature, its visual format makes it easier to identify areas in need of improvement in order to make the process more efficient. This approach, to some extent, allows the identification and reduction of inefficiencies in the system (Corcoran, 2002). The visual format may also facilitate the dissemination of the process and/or procedures throughout the organization. Graphic representation is a language accessible to all stakeholders and provides a clear illustration of the organization's response to a workplace accident. It also enables other team members to become involved in confirming the procedures, actions and time spent by stakeholders. This method builds on that of Rikhardsson and Impgaard (2004), using the analysis of activities to mitigate the fact that the accounting systems of modern companies do not capture the resources used in such support activities as OHS.

Another advantage of this model, also found in the model of Paez *et al.* (2006), is that after a "data-collection" stage or "set-up" stage, the model can operate with only limited information and basic data available at the time of the accident (i.e., type of accident), saving significant time for the user compared to a method such as that of Gavius *et al.* (2009), where the entire calculation must be redone with each use. For example, in the model presented here, the time spent on the initial data-collection stage is estimated at between 30 and 60 minutes for the overall process, between 12 and 20 minutes per procedure, depending on the level of detail, and between 30 and 90 minutes for checking with the various stakeholders. Thus, the data-collection stage lasts between 3 hours (for a simple case with 10 procedures) and 8.5 hours (for a complex case with 18 procedures). Subsequently, the accident-cost calculation ("regular use" stage) using Microsoft Excel takes less than a minute (the time needed to enter the relevant data; Table 4.8), because it uses information that the company already has and is easy to gather (type of accident, number of lost days, number of days of temporary assignment, etc.).

An advantage of our model over that of Paez *et al.* (2006) is that it better takes into account the variability of accident costs: the number of days lost or on temporary assignment and productivity are factors that have a major impact on the cost of the accident. For example, for

Company D, an accident involving three lost days costs \$273.8, a three-day temporary assignment costs \$622.9 (more than twice as much) and a six-day temporary assignment costs \$1,014.6. One inconvenience is its need for more data to function (number of lost days, length of temporary assignment and productivity of worker on temporary assignment), making it is slightly harder to use and reducing its predictive power.

The prediction of workplace accident costs is a highly relevant research area, because the justification of the cost of proposed ergonomic improvements before their implementation helps reassure management (Goggins *et al.*, 2008). The model presented here, however, is designed to predict the indirect cost of accidents. Scenarios for reduced frequency and severity of accidents can be developed to determine the potential decrease in indirect costs in order to calculate the return on investment. This is a major advantage of this method over those developed by Oxenburgh (1997), Amador-Rodezno (2005), and Lahiri *et al.* (2005), among others, which use data-collection tables to guide the user in determining the return on investment in prevention. These methods have disadvantages, such as relative complexity and the need to develop a set of input data for each intervention, making them better suited to a post-intervention analysis, when all data are available (Goggins *et al.*, 2008).

The evaluation of indirect costs, however, is the first step in calculating the cost-effectiveness of prevention spending, and thanks to its calculation efficiency, our method can track daily, weekly or monthly costs of workplace accidents for later use in a more comprehensive analysis of return on investment. Moreover, other features can be added to the model to account for the reduction of indirect costs and insurance premiums or improved productivity resulting from changes to a workstation. Procedures could be detailed to assess the costs of safety improvement or the cost of workstation modifications to provide, in relation with the reduction of indirect costs and improved productivity, the same type of result —the return on investment in prevention— as the methods for calculating return on investment proposed by Amador-Rodezno (2005) or Oxenburgh (1997).

Finally, a limitation of this model is that the data used in the calculations are frozen at the stage when the data were collected. Consequently, an accident involving a medical examination will always have the same cost, which may not be the case in reality. However, this limitation is a necessary evil in rendering the model much faster for everyday use. It should be noted that an annual updating of data on duration and cost in the process mapping could easily be done in an

hour or two, less time than is required for the initial data collection, which, as discussed above, takes between 3 and 8.5 hours, depending on the complexity of procedures to be taken into account in the calculations.

### **4.5.3 From model to functional tool**

To transform the model presented in this paper to a more friendly-user tool in the field, some improvements are needed. Firstly, the two applications, Qualigram and Microsoft Excel, one used for the “set-up” stage and the other for the “regular-use”, should be combined into a single application to make the tool more user-friendly.

Options for completing and distributing information over the company’s internal network could also be added. For example, documents such as the accident investigation and analysis report and the accident report could be filled out on a computer and then automatically sent to a predetermined distribution list (for example, the supervisor and operations manager for signing, the OHS manager for filing, the plant manager for review). This would reduce the use of paper, prevent document loss, facilitate archiving and save time, particularly where stakeholders work in different locations.

Further features could be added to expand the tool’s use beyond indirect-cost calculation, giving it a broad range of possibilities in OHS management to promote prevention in the workplace. First, for the decision maker to have a global overview of the total cost of an occupational accident, information regarding the direct cost could be added on the same form that presents the indirect cost estimate. Second, it also would be worthwhile implementing a well designed information system for collecting workplace accident data and generating statistics. Interviews in the companies showed that printed accident reports are often poorly filled out, filled out twice or simply missing altogether. The interviews also showed that accident statistics are usually incomplete and outdated. An automated system could alleviate these problems. With usable, up-to-date accident statistics, the company could track accidents more effectively and focus prevention efforts and investment on the workstations with the highest accident costs. While the probabilistic aspect of any accident (Stricoff, 2000) makes the use of accident statistics a poor indicator of a workstation’s risk level, this strategy could nonetheless be a good starting point for workplace prevention. The model for indirect-cost calculation presented here provides a basis for structuring a company’s OHS management.



Although the need was not felt in the 10 companies in which the model was developed, the addition of standard processes and procedures adapted to a type of company or industry sector could result, as needed, in a more comprehensive tool and guide the user during the “set-up” stage. Some standard procedures could also be developed to assess production losses, material losses or the cost of a replacement worker’s drop in productivity.

Finally, our model does not, in its current version, evaluate such qualitative components of the indirect costs of workplace accidents as tarnished corporate image, decline in product quality and reduced employee engagement. There is little information in the literature on evaluating these components or their weight in the accident’s indirect costs. In the interviews, these components were not seen as having a significant impact.

#### **4.6. Conclusion**

Our accident indirect cost estimation model was developed with the participation of 10 small to medium size companies in different industrial sectors. It provides a method for calculating indirect costs based on process mapping of the organizational response to a workplace accident. This approach facilitates the collection of information required to calculate the indirect costs of workplace accidents and provides the user with a reliable, accurate result.

The model is also the first to use process mapping in identifying each stakeholder’s activities and their duration to determine the indirect costs of a workplace accident. The clear, concise graphic representation of process and procedures provides the user with a good understanding of the elements of an accident’s cost, allowing the company to take appropriate steps to optimize the overall process and reduce the indirect costs of workplace accidents.

#### **4.7. Acknowledgements**

We are very grateful to the all those who agreed to be interviewed (whose names are confidential), without whom this study would have been impossible. We would also like to thank the Tactika Management team, particularly Alpha Diallo, who made the process-mapping tool Qualigram Manager available to us free of charge.

This research was supported in part by grants from Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail - IRSST and from National Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC).

#### **4.8. Relevance to Industry**

Workplace decision-makers very rarely assess the indirect costs of workplace accidents, usually because such an assessment involves a long, tedious data-collection process if the calculations are to be sufficiently accurate to be taken into account when calculating the return on investment of prevention spending. The model presented here has been developed and validated in 10 companies and has proven to be effective in calculating indirect costs. A data-collection phase that is leveraged with user-friendly process-mapping software provides decision-makers with a precise, reliable tool that is quick to use and operates with a minimum of information (basic information concerning the accident). The use of this model should promote the consideration of the costs of workplace accidents when decisions on OHS investment are being made.

## 4.9. References

- Aaltonen, M. V. P., & Miettinen, J. (1997). Computer-aided calculation of accident costs. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 7(2), 67-78.
- Aaltonen, M. V. P., Uusi-Rauva, E., Saari, J., Antti-Poika, M., Räsänen, T., & Vinni, K. (1996). The accident consequence tree method and its application by real-time data collection in the Finnish furniture industry. *Safety Science*, 23(1), 11-26.
- Amador-Rodezno, R. (2005). An overview to CERSSO's self evaluation of the cost-benefit on the investment in occupational safety and health in the textile factories: "A step by step methodology". *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 215-229.
- Brody, B., Létourneau, Y. & Poirier, A. (1990c). Indirect cost theory of work accident prevention. *Journal of Occupational Accidents*, 13(4), 255.
- Corcoran. (2002). The Value of estimating the hidden costs of accidents. *Occupational Health and Safety*, 71(9), 26-30.
- Dumas, P. (1990). *La méthode OSSAD : pour maîtriser les technologies de l'information. Tome 1, principes / Philippe Dumas, Gilles Charbonnel ; préface de Jean-Paul de Blasis*. Paris: Les éditions d'organisation.
- Gavious, A., Mizrahi, S., Shani, Y., & Minchuk, Y. (2009). The costs of industrial accidents for the organization: Developing methods and tools for evaluation and cost-benefit analysis of investment in safety. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 434-438.
- Goggins, R. W., Spielholz, P. & Nothstein, G. L. (2008). Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: Implications for predictive cost-benefit analysis. *Journal of Safety Research*, 39(3), 339-344.
- Jallon, R., Imbeau, D. & de Marcellis-Warin, N. (2011a). Development of an indirect-cost calculation model suitable for workplace use. *Journal of Safety Research*, Accepted for publication.
- Koopmanschap, M. A., Rutten, F. F. H., van Ineveld, B. M., & van Roijen, L. (1995). The friction cost method for measuring indirect costs of disease. *Journal of Health Economics*, 14(2), 171-189.

- LaBelle, J. E. (2000). What do accidents truly cost? Determining Total Incident Costs. *Professional Safety*, 45(4), 38-42.
- Lahiri, S., Gold, J. & Levenstein, C. (2005). Net-cost model for workplace interventions. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 241-255.
- Landstad, B. J., Gelin, G., Malmquist, C., & Vinberg, S. (2002). A statistical human resources costing and accounting model for analysing the economic effects of an intervention at a workplace. *Ergonomics*, 45(11), 764-787.
- Lofland, J. H., Pizzi, L., & Frick, K. D. (2004). A Review of Health-Related Workplace Productivity Loss Instruments. *Pharmacoeconomics*, 22(3), 165-184.
- Morley, C., Hugues, J., Leblanc, B. & Hugues, O. (2004). *Processus métiers et systèmes d'information : évaluation, modélisation, mise en œuvre*. Paris: Dunod.
- Neville, H. (1998). Workplace accidents: they cost more than you might think. *Industrial Management*, 40(1), 7-9.
- Oxenburgh, M. (1997). Cost-benefit analysis of ergonomics programs. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(2), 150-156.
- Paez, O., Uahinui, T., Genaidy, A., Karwowski, W., Sun, L., & Daraiseh, N. (2006). Estimating uninsured costs of work-related accidents, part II: an incidence-based model. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 247-260.
- Rikhardsson, P. M., & Impgaard, M. (2004). Corporate cost of occupational accidents: an activity-based analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 173-182.
- Stricoff, R. S. (2000). Safety performance measurement: identifying prospective indicators with high validity. *Professional Safety*, 45(1), 36-39.
- Sun, L., Paez, O., Lee, D., Salem, S., & Daraiseh, N. (2006). Estimating the uninsured costs of work-related accidents, part I: a systematic review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 227-245.

## CHAPITRE 5

# APPLICATION OF A PROCESS MAPPING BASED MODEL FOR THE ASSESSMENT OF INDIRECT COSTS OF WORK-RELATED ACCIDENTS

Romain Jallon, Daniel Imbeau, Nathalie de Marcellis-Warin

Département de Mathématiques et de Génie Industriel,  
École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada

Article soumis à la revue *Accident Analysis and Prevention*

Mots clés : Accident costs; indirect costs; direct costs; indirect costs calculations; Occupational injury; economic evaluation; Occupational Safety and Health.

## 5.1. Abstract

This study presents the results of the application of a new indirect cost calculation model in 10 companies from 4 industrial sectors. It also compares accident direct and estimated indirect costs. A comparison of eight event scenarios shows that indirect costs vary depending on the severity and duration of the accident. Statistical analyses indicate that direct and indirect costs vary significantly depending on the type and site of the injury. Linear regressions reveal the number of days of work stoppage to be a major influence on direct costs, while the number of days of light work has a major influence on indirect costs. Examination of the total cost, including the company's group insurance premium, shows that it is slightly more profitable for the company to keep an injured employee at work, even if he/she is unproductive, than off work altogether. This study presents new findings on the variables that influence indirect costs. The study results should foster the improvement of the tools currently available to corporate decision-makers in promoting the prevention of hazardous industrial workplace situations.

## 5.2. Introduction

Most researchers studying accident costs separate them into two categories (Gosselin, 2004): direct costs, usually including the costs of compensation for the injured employee (lost income substitute), hospital and ambulance, and medical expenses (LaBelle, 2000; Hinze, 1991; Leigh, Markowitz, Fahs & Landrigan, 2000), and indirect costs, comprised of administrative and legal costs and those incurred through a drop in productivity following the accident, the replacement of the accident victim and the investigation (Sun, Paez, Lee, Salem & Daraiseh, 2006).

In most developed countries, direct costs are covered by group insurance which charges the company an annual fee based on the risk level of its activities and its prevention record. Managers are often well aware of the insurance premium paid to cover direct costs. Indirect costs, however, are harder to identify, not really recognized by employers (Bird, 1974), difficult to calculate (Corcoran, 2002; Oxenburgh, 1997) and often underestimated (Brody, Létourneau & André, 1990a). Nonetheless, indirect costs could be substantial, and it is essential to determine their extent as they factor directly in the cost-benefit analysis of prevention measures (Brody *et al.*, 1990a).

While some studies propose using a ratio to derive indirect costs from direct costs based on a linear relationship between the two, several researchers have shown that indirect costs will vary

more depending on the type of event (Simonds & Grimaldi, 1956; Howard, 1964; Imre, 1976; Paez *et al.*, 2006), its severity, the critical importance of the workstation where the accident occurs (Everett & Frank, 1996; Gaviou, Mizrahi, Shani & Minchuk, 2009), and the industrial sector (Brody, Létouneau & Poirier, 1990b; Leopold & Leonard, 1987), effectively refuting the hypothesis of linearity between direct and indirect costs. The indirect costs of workplace accidents are also best calculated at a micro level, either that of the company or the workstation (Son, Melchers & Kal, 2000; Lahiri, Gold & Levenstein, 2005; Grun, 2006; Jallon, Imbeau & de Marcellis-Warin, 2011a).

To encourage prevention investment, a model suitable for use in the workplace was developed to estimate indirect costs of workplace accidents (Jallon *et al.*, 2011a; Jallon, Imbeau & De Marcellis-Warin, 2011b). A summary of this model is presented in section 5.3.

In the present article, this indirect-cost calculation model is used to calculate the indirect costs of workplace accidents in 10 companies (A to J). These companies were selected to obtain a reasonable sample of firms of varying size in various sectors of activity (Table 4.1).

The global objective of the study is both to provide indirect costs estimations for different event scenarios and to characterize the impact of several variables on the direct and indirect costs of workplace accidents.

Three independent analyses were conducted:

- A comparison of the indirect costs of different types of workplace accidents' scenarios (with first aid, medical examination, time off work, light work) is presented in Section 5.4.
- Statistical analyses of a database of 2189 accidents to determine the influence on the direct and indirect costs of a workplace accident of parameters such as the type and site of the injury, the employee's age, prior incidents in the employee's file and MSD are performed in Section 5.5.
- A study of the overall costs of 12 workplace accidents, using 3 scenarios, to determine whether in case of a workplace accident it is more profitable for a company to have the employee off work or to assign him/her to light work is proposed in Section 5.6.

### **5.3. The indirect cost assessment model**

The model used in the present study was presented in a previous article (Jallon *et al.*, 2011b). It is based on a two-level mapping of the process used by an organization when an accident occurs. The first-level process is an overview of the different organizational procedures followed to deal with an accident (Figure 4.3). Figure 4.3 displays an example of the course of procedures followed by two different events. The second level of the organization's response is the procedures themselves (an example of company D's medical examination procedure is presented in Figure 4.4), which describe the precise actions taken by each stakeholder. Every accident generates a series of procedures, each of which has a cost determined by the time taken by the various stakeholders and the frequency of their actions. For each workplace accident, a calculator based on the model was used to determine the indirect costs of the accident by selecting the procedures used and adding up their respective costs (Table 4.8). This calculator works with readily-available data specific to each event, such as the type of event (first aid, medical examination, etc.), the number of days off work and days of light work and the employee's productivity during this period. In Table 4.8, the information in bold is needed to calculate the indirect cost of any accident.

### **5.4. Estimating indirect costs of various workplace-accident scenarios**

#### **5.4.1 Method**

Using the calculator, the indirect costs of workplace accidents in the 10 sample companies were calculated using 8 scenarios:

- Scenario 1: accident without first aid
- Scenario 2: accident with first aid
- Scenario 3: accident with first aid followed by a medical examination and an investigation of the accident
- Scenario 4: accident with 3 days off work and an investigation of the accident
- Scenario 5: accident with 10 days off work and an investigation of the accident
- Scenario 6: accident with 3 days of light work and an investigation of the accident
- Scenario 7: accident with 10 days of light work and an investigation of the accident



- Scenario 8: accident with 20 days off work followed by 20 days of light work, contested by the company, with an investigation of the accident. The contestation is of the "medical expertise" type, so the injured employee is sent to the employer's doctor for a second opinion on the injury and its connection to the employee's work. The second opinion may or may not be used by the company to contest the event with the insurance company. Only the medical expertise procedure is considered in the calculations, not the contestation subsequent to receipt of the second opinion.

These 8 scenarios were established using the Simonds and Grimaldi (1956) classifications: accidents with lost time, accidents with no lost time but requiring a doctor's intervention, accidents requiring first aid with minor material damages, accidents with no lost time but with material damages. The last category, which includes material damages, was not selected for this study because no companies listed any material damages related to a workplace accident. Additional scenarios were added to highlight the indirect-cost impact of the amount of time off work or on temporary assignment. The decision to break down the amount of lost time into 3 days and 10 days was made after analyzing the database of work accidents with lost time from 3 Companies (C, D and E): 1 in 3 workplace accidents involve fewer than 3 days, 1 in 3 involve between 4 and 10 days and 1 in 3 involve 11 days or more.

In the calculations, 2009 hourly rates and employer contributions of 20 % were used for all companies, a realistic average for the Province of Quebec, Canada. Information on the number of actions taken and the total time lost by stakeholders was added. To determine the contribution of each employee category to the indirect accident costs, stakeholders were grouped in three categories: administrative staff (payroll, human resources, manager, coordinator, and supervisor), production staff (substitute employee, first aider, OHS representative, overtime substitute) and the injured employee.

Since the companies had differing labour costs and shift lengths, indirect-cost calculations were standardized by using the same hourly rates for each company: \$18 for production staff and the employee and between \$19 and \$42 for administrative staff. A shift length of 465 minutes was also used for all companies. These hourly rates and shift length are rounded averages based on information from the 10 companies.

## **5.4.2 Results**

Table 5.1 presents the average indirect costs for all 10 companies, the standardized average indirect costs, the minimum and maximum actual (not standardized) indirect costs, total number of actions taken, total time lost by all stakeholders and average indirect costs and time lost broken down by employee category.

**Table 5.1:** Average, minimum, maximum indirect costs and average standardized indirect costs (with and without Company F, shaded in grey), number of different actions, total time lost by stakeholders (with and without Company F, shaded in grey), costs and time lost by administrative staff, production staff and the employee for eight scenarios of accident

Type of workplace accident	Indirect cost (Standardized /min/max indirect costs)	Number of different actions	Total time lost by stakeholders	Costs (%/Time) lost by administrative staff	Costs (%/Time) lost by production staff	Costs (%/Time) lost by the employee
	Indirect costs without Company F		Without Company F	Without Company F	Without Company F	Without Company F
No first aid	\$24.1 (\$25.1 / \$6.5 / \$82.0) <sup>1</sup>	7.4	58.5 min (1.0 h)	\$12.4 (51% / 26.6 min)	\$6.8 (28% / 17.9 min)	\$4.9 (20% / 13.9 min)
First Aid	\$43.5 (\$45.9 / \$14.6 / \$96.2)	11.0	111.9 min (1.9 h)	\$14.2 (33% / 30.7 min)	\$18.5 (42% / 50.6 min)	\$10.8 (25% / 30.6 min)
Medical examination and investigation	\$301.9 (\$293.8 / \$143.6 / \$497.5)	25.9	647.1 min (10.8 h)	\$96.1 (32% / 166.9 min)	\$81.8 (27% / 197.9 min)	\$105.7 (35% / 282.3 min)
3 days off work and investigation	\$433.1 (\$413.1 / \$-7.3 / \$858.4)	46.6	793.8 min (13.2 h)	\$164.6 (38% / 307.7 min)	\$127.9 (30% / 160.4 min)	\$122.3 (28% / 325.7 min)
	\$482.0		896.2 min (14.9 h)	\$167.3 (35% / 309.1 min)	\$172.0 (36% / 264.0 min)	\$122.3 (25% / 323.1 min)
3 days of light work and investigation	\$845.9 (\$791.1 / \$325.2 / \$1807.2)	52.9	1893.4 min (31.6 h)	\$177.9 (21% / 317.1 min)	\$133.1 (16% / 171.4 min)	\$516.6 (61% / 1404.9 min)
	\$903.8		2012.7 min (33.6 h)	\$186.1 (21% / 331.2 min)	\$175.9 (19% / 271.2 min)	\$521.4 (58% / 1410.4 min)
10 days off work and investigation	\$468.0 (\$447.3 / \$-536.8 / \$1229.8)	66.1	713.9 min (11.9 h)	\$193.6 (41% / 384.4 min)	\$118.9 (25% / 3.9 min)	\$137.1 (29% / 325.7 min)
	\$579.6		978.9 min (16.3 h)	\$196.7 (34% / 388.8 min)	\$223.7 (39% / 267.0 min)	\$138.8 (24% / 323.1 min)
10 days of light work and investigation	\$1850.1 (\$1713.7 / \$718.6 / \$3998.4)	88.4	4403.3 min (73.4 h)	\$247.7 (13% / 446.4 min)	\$140.4 (8% / 55.7 min)	\$1443.7 (78% / 3901.1 min)
	\$1975.8		4688.4 min (78.1 h)	\$253.7 (13% / 457.6 min)	\$241.4 (12% / 308.0 min)	\$1460.3 (74% / 3922.8 min)
20 days off work, 20 days of light work, investigation, contestation	\$4493.6 (\$4283.5 / \$-202.5 / \$10090.8)	189.0	10944.3 min (182.4 h)	\$451.2 (10% / 903.0 min)	\$502.1 (11% / 2583.6 min)	\$2817.1 (63% / 7457.8 min)
	\$ 5015.4		12275.0 min (204.6 h)	\$454.2 (9% / 915.0 min)	\$901.5 (18% / 3858.4 min)	\$2856.0 (57% / 7501.6 min)

<sup>1</sup>Actual average cost (standardized average/actual minimum/actual maximum).

Some indirect costs (taxi or ambulance fees, travel expenses, medical expertise fees) are not incurred by a specific stakeholder category, which means the sum of the indirect costs by employee category may differ from the total indirect costs. The difference between the average indirect cost and the standardized average indirect cost is small (less than 8 %).

In Company F, where a large number of employees perform the same task at the same time, some scenarios can have negative indirect costs because an injured employee is only replaced 50 % of the time. Otherwise, the work is transferred to other workers. The company therefore becomes more productive when an accident occurs and actually “earns” money (the indirect cost is consequently negative). Given the uniqueness of this situation, average indirect costs, total time lost by stakeholders and average indirect costs and time lost broken down by employee category were recalculated without Company F in the case of accidents where there is time off work or light work. These results are presented in shaded cells in Table 5.1.

An accident without first aid costs \$24.10 on average, one with first aid costs \$43.50, while one with a medical examination costs \$301.90 on average (between \$143.60 and \$497.50, depending on the company) and causes stakeholders to lose over 10 hours of work time.

There is little difference between the indirect cost of an accident involving 3 days off work (\$433.10) and one involving 10 days off work (\$468.00). The minimum cost of an accident with 3 or 10 days off work is negative, due to Company F (see above). The maximum cost (\$1229.80 for 10 days off work) is due to Company E, which 50 % of the time replaces injured workers with employees working overtime, until the 30<sup>th</sup> day of leave, at which time a permanent substitute is finally hired. If Company F is removed from the calculations, the total time lost by stakeholders increases from 14.9 to 16.3 hours between 3 and 10 days off work. The indirect costs related to actions taken by administrative staff increases by \$29.40, while the time lost by the employee stays at 323.1 minutes, since the injured employee is off work. The cost of the employee’s lost time increases slightly as some companies offer compensation to an injured employee who is off work (about \$2 per day). Although the time spent by production staff does not increase much, costs rise by more than \$50 due to the overtime worked by employees of certain firms, notably Company E.

The average indirect cost of an accident with 3 days of light work (\$845.90) is less than half of that of one with 10 days of light work (\$1850.10). The cost of light work performed by the injured employee is responsible for this difference (the indirect cost related to time lost by the

employee rises from \$516.60 to \$1443.70). If Company F is excluded from the calculations, the total time lost by administrative staff increases by more (\$67.60) than when the employee is off work. This increase is due to measures taken to supervise the employee doing light work. The same situation and the same explanation also apply to production staff. Moreover, the number of actions taken by stakeholders is more than 25 % higher in the case of an accident with 10 days of light work, as compared to an accident with 10 days off work.

On average, a contested accident with 20 days off work and 20 days of light work costs on average \$4493.60, requires 189 different stakeholder actions and causes the company to lose more than 182 hours of work. The cost of the time the employee spends doing light work accounts for 63 % of this amount. If Company F is excluded, the cost of time spent by administrative staff totals \$454.20 (nearly twice as much as for an accident with 10 days of light work). Some costs are related to the "medical expertise" contestation itself (travel expenses, doctor's fees). The time spent by production staff rises sharply, bringing related costs to \$901.50 (compared to \$241.4 for an accident with 10 days of light work).

## **5.5. Comparing direct and indirect costs**

### **5.5.1 Method**

A statistical analysis was performed on a database of 2189 accidents from 2004 to 2008, compiled from the accident reports of three companies of our sample in the plastic products manufacturing sector (C, D and E, Table 4.1). The similarity of the accident report forms (similar information is required in each company to complete these reports) and the fact that Companies C, D and E belong to the same sector - plastic products manufacturing - made it possible to assemble the database from three separate sources:

- Data contained in the accident reports: paper forms filled in by stakeholders in the workplace were recorded in a Microsoft Excel workbook by company employees responsible for compiling accident statistics and following up on files. The accident reports include event-specific information, including the injured employee's name, date of the accident, body part affected, workstation/unit/department, type of the injury, a detailed description of the event, information on the employee's needs after the event (first aid, medical examination) and an investigation of the accident.

- Details on accidents reported to the company's insurance company (for example, in Quebec the insurance company is the Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (CSST)). With authorization from all three companies, we accessed confidential information on events that had led to the opening of an insurance company file, including the injured employee's name, date of the accident, date of return to work, employee's current age, type of contestation, type of event (workplace accident, occupational disease, relapse following a prior accident), number of antecedents (number of prior accidents reported), doctor's diagnosis, site of the injury and direct cost (the amount paid by the insurance company for the accident).
- Data concerning temporary assignments: each company's payroll management system was used to draw up the list of all employees doing light work each day. The names of injured employees and the date of each day of light work were available.

By cross-referencing these three data sources with the injured employee's name and the date of the accident, it was possible to build a comprehensive database for each accident that included the information contained in the accident report, the insurance company file (if applicable) and the days of light work (if applicable). The number of days off work (OW) was obtained by counting the number of working days between the date of the accident and the date of return to work. The number of days of light work (LW) was obtained by counting each day spent in light work in the company's light-work file.

From information contained in the database, the indirect cost of each of the 2189 accidents was assessed using the calculator (Section 5.3). All indirect costs were calculated based on 2009 salaries so the year of the accident would not affect the comparisons. For every accident between 2004 and 2008, the direct cost was updated based on the 2009 Consumer Price Index (Statistics Canada).

Using the accident description, the doctor's diagnosis (if applicable) and the site and type of the injury, a Boolean value for MSDs was added to the database for these types of injury (e.g. epicondylitis, tendinitis, carpal tunnel syndrome, etc.).

The variable "employee's current age" (from the insurance company record) was recoded to "employee's age at the time of injury" using the following formula: Employee's age at the time of the injury = Employee's current age – (year of employee's current age (2010) – year of the date of the accident).

The database includes the variables shown in Table 5.2 with their various categories, in the case of discrete and nominal variables, and their minimum and maximum values, in the case of numeric variables. The database contains 2189 events, of which 389 had a file opened by the insurance company. Only accidents with insurance company files have information on the employee's age at the time of injury, the type of event, the number of prior incidents involving the insurance company and the direct cost. Table 5.3 presents the details of events for each company.

**Table 5.2:** Database variables, minimum and maximum values

<b>Database variables</b>	<b>Variable's minimum and maximum values</b>
Number of accidents	From 1 to 2189
Company number	From 1 to 3
Site of injury	Eye, head, leg, hand, arm, foot, torso, shoulder, wrist, back, other
Type of injury	Burn, cut, foreign body, contusion, crushing, pain, other
Musculoskeletal disorder	Yes/No
Type of event	Workplace accident, occupational disease, relapse due from a prior event
File opened with the insurance company	Yes/No
Worker's age at the time of injury	Under 35/Over 35 <sup>1</sup>
Prior insurance company incidents	No history/1 or more prior incidents <sup>2</sup>
Direct cost	\$0 to \$146,364
Number of days off work	0-1078 days
Number of days of light work	0-145 days
Indirect cost	\$27 to \$17,159
<sup>1</sup> The variable had included 48 categories (18 to 68 years) and was recoded to contain only two categories: under 35 years of age and over 35 years of age.	
<sup>2</sup> The variable had included 20 categories (0 to 30 records) and was recoded to contain only two: no history and 1 or more prior incidents.	

**Table 5.3:** Details of events by company

	Company C	Company D	Company E	Total
Total number of events	302	803	1084	2189
Number of events with an insurance company file opened	98	89	202	389
Year	2005 to 2009	2005 to 2009	2004 to 2009	X

Statistical Program for Social Sciences (SPSS, version 16) software for Windows was used for data analysis, specifically descriptive statistics, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests, Pareto charts, correlations and linear regressions.

The Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests were chosen for variance analysis because they are suitable for small sample sizes and do not require the homoscedasticity of variances or the normal distribution of variables. In addition, these tests are either not sensitive, or are less sensitive to "outliers" because they are based on rank (Pearson, 2005). The Mann-Whitney test is used to compare two independent samples (Gibbons & Chakraborti, 2003), while the Kruskal-Wallis test is used to compare more than two independent samples. If the test result is significant, it means there is a statistical difference between the medians of the two samples. A 0.05 significance level ( $p < 0.05$ ) was used to establish statistical significance. In multiple comparisons analyses, a conservative Bonferroni criterion was applied to the 0.05 level to protect against alpha error inflation. The values where the criterion was used are identified in bold with two asterisks in the tables (\*\*). The p-values smaller than the 0.05 level but larger than the Bonferroni adjusted level are also identified (\*) so as to indicate high likelihood of significance in a future study where comparisons would be done on a subset (i.e., using a less stringent p level) of values selected from the present study.

The Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests were used to determine whether indirect costs and direct costs differ according to the site of the injury, its type, a history of prior insurance company claims, the type of event, the employee's age, the presence or absence of a MSD and the presence or absence of an insurance company file.

The "indirect costs" variable has been standardized by company to allow for variance analyses. The indirect costs of the same type of accident vary according to company (e.g. an accident with medical examination and an accident investigation cost \$172.70 for Company C, \$346.00 for



Company D, and \$399.20 for Company E). The "direct cost" variable was not standardized because the data comes from the same insurance company where all the files are treated with same criteria; this is already a form of standardisation (If the exact same accident would happen in company C and D, the direct cost would be identical for the insurance company).

## **5.5.2 Results**

### **5.5.2.1 Site of injury**

The Kruskal-Wallis test showed a statistically significant difference between indirect costs depending on the "site of the injury" variable ( $p < 0.001$ ). The Mann-Whitney test results are shown in Table 5.4 while Table 5.5 shows the number of events for each injury site and the average of the mean indirect costs for each site of injury divided by the mean indirect costs of the company so as to determine relative importance of each injury site in terms of indirect costs. The number of events (for those with a file opened by the insurance company) for each injury site and the ratio of the mean direct cost for each injury site compared to the mean direct cost are also shown.

Results indicated that the eye is associated with the lowest indirect cost (0.29 times the average) and it is significantly different from all other sites except the head ( $p = 0.163$ ), leg ( $p = 0.008$ ) and foot ( $p = 0.022$ ). The lack of significance between the head and the eye might possibly be due to a coding error at the time of the accident, as some eye injuries may have been coded as head injuries. Despite a lower ratio for the indirect costs associated with the hand, those associated with the leg and foot were not significant because of larger variances. The torso is associated with the highest indirect costs (2.64 times the average) and these are significantly higher than for the eye and head as well as for the leg and hand). The shoulder (indirect costs are 2.06 times the average) and the wrist (2.23 times the average) are also associated with high indirect costs that are significantly higher than those for the eye, head, leg, hand and arm. Indirect costs of an injury to the arm are close to the average for all body areas (1.07), and significantly lower than for the shoulder and wrist.

The Kruskal-Wallis test showed that the direct costs differ significantly among injury sites ( $p < 0.001$ ). In contrast with indirect costs, the Mann-Whitney test on direct costs (Table 5.6) showed fewer significant differences between injury sites. The large variance in the direct cost of accidents in each category may explain this result (particularly for accidents involving the foot,

leg and torso). However, the same trends as with indirect costs can be observed: eye injuries had significantly lower direct costs than those associated with the back, shoulder or arm. Injuries to the shoulder, wrist and arm were associated with higher than average direct costs (1.37; 1.20; and 1.31 times the average, respectively). As with indirect costs, the direct cost of a back injury was in the mid-range (0.80 times the average).

**Table 5.4:** p-value of Mann-Whitney test comparing the "indirect cost" and "site of injury" variables

	Head	Leg	Hand	Arm	Foot	Back	Torso	Shoulder	Wrist
Eye	0.163	0.008*	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>	0.022*	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>
Head		0.325	0.028*	0.005*	0.207	<b>0.001**</b>	<b>0.001**</b>	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>
Leg			0.317	0.060	0.650	0.033*	0.011*	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>
Hand				0.185	0.960	0.049*	0.016*	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>
Arm					0.523	0.467	0.112	<b>0.000**</b>	<b>0.001**</b>
Foot						0.426	0.134	0.005*	0.008*
Back							0.279	0.006*	0.007*
Torso								0.310	0.273
Shoulder									0.820

\*: p-values between 0.05 and 0.05/45 = 0.0011

\*\* (bold): significant p-values (Bonferroni applied)

**Table 5.5:** Number of events, ratio to the average for each category of the "site of injury" variable for direct costs and indirect costs

Site of injury	Eye	Head	Leg	Hand	Arm	Foot	Back	Torso	Shoulder	Wrist	Other
Number of events (indirect cost)	236	181	158	582	256	81	284	93	145	103	17
Ratio to the average (indirect cost)	0.29	0.54	0.78	0.63	1.07	1.05	1.27	2.64	2.06	2.23	--
Number of events (direct cost)	24	27	17	60	37	16	82	31	39	39	17
Ratio to the average (direct cost)	0.11	0.58	2.35	0.95	1.31	1.19	0.80	0.66	1.37	1.20	--

**Table 5.6:** p-value of the Mann-Whitney test comparing the "direct cost" and "site of injury" variables

	Hand	Foot	Head	Leg	Wrist	Back	Torso	Shoulder	Arm
Eye	0.143	0.377	0.117	0.131	0.009*	<b>0.001**</b>	0.002*	<b>0.001**</b>	<b>0.000**</b>
Hand		0.899	0.620	0.341	0.081*	0.038*	0.036*	0.014*	<b>0.001**</b>
Foot			0.633	0.449	0.208	0.235	0.178	0.099*	0.031*
Head				0.555	0.270	0.440	0.252	0.129	0.039*
Leg					0.769	0.886	0.855	0.551	0.397
Wrist						0.812	0.845	0.545	0.214
Back							0.359	0.240	0.063
Torso								0.736	0.510
Shoulder									0.607

\*: p-values between 0.05 and 0.05/45 = 0.0011

\*\* (bold): significant p-values (Bonferroni applied)

### 5.5.2.2 Type of the injury

The Kruskal-Wallis test showed that indirect costs varied significantly with the type of injury ( $p < 0.001$ ). The Mann-Whitney test (Table 5.7) showed that the indirect costs were significantly different between most types of injury with a few exceptions. Results indicate that accidents with the lowest indirect costs (Table 5.8) are cuts, burns and foreign body injuries (about 3 times lower than average), while accidents involving crushing and pain are the most costly (1.12 times the average). Despite a ratio identical to the pain type, the large variance in indirect costs of crushing injuries prevents this type from being statistically different from contusions, foreign bodies and cuts. The ratios of direct costs of injury type to average are very close to those obtained with indirect costs indicating that direct and indirect costs display similar behaviour when injury type is considered. The Kruskal-Wallis test showed a significant difference in direct costs depending on the type of the injury ( $p < 0.001$ ). The Mann-Whitney test on direct costs showed fewer significant differences between the various types of injuries (Table 5.9) than with indirect costs (Table 5.7). These tests show that foreign body and cut injuries are associated with significantly lower direct costs than other types of accidents. Pain injury type is the most expensive type of injury (1.12 times the average).

**Table 5.7:** p-value of the Mann-Whitney test comparing the "indirect cost" and "type of injury" variables

	Foreign body	Burn	Contusion	Pain	Crushing
Cut	<b>0.000**</b>	<b>0.003**</b>	0.004*	<b>0.000**</b>	0.013*
Foreign body		<b>0.000**</b>	<b>0.001**</b>	<b>0.000**</b>	0.128
Burn			<b>0.000**</b>	0.176	<b>0.000**</b>
Contusion				<b>0.000**</b>	0.483
Pain					<b>0.000**</b>

\*: p-values between 0.05 and 0.05/15 = 0.0033

\*\* (bold): significant p-values (Bonferroni applied)

**Table 5.8:** Number of events, ratio to the average for each category of the "type of injury" variable for direct costs and indirect costs

Type of injury	Cut	Foreign body	Burn	Contusion	Pain	Crushing	Other
Number of events (indirect cost)	270	282	119	549	700	184	66
Ratio to the average (indirect cost)	0.08	0.15	0.29	0.70	1.12	1.12	
Number of events (direct cost)	8	26	14	63	216	31	13
Ratio to the average (direct cost)	0.08	0.15	0.35	0.73	1.12	1.06	

**Table 5.9:** p-value of the Mann-Whitney test comparing the "direct cost" and "type of injury" variables

	Foreign body	Burn	Contusion	Crushing	Pain
Cut	0.715	0.024*	0.010*	0.018*	0.012*
Foreign body		0.014*	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>	<b>0.000**</b>
Burn			0.79	0.922	0.628
Contusion				0.856	0.734
Crushing					0.673

\*: p-values between 0.05 and 0.05/15 = 0.0033

\*\* (bold): significant p-values (Bonferroni applied)

### 5.5.2.3 Cross analysis between site and type of injury

A cross analysis was performed between the "site of injury" and "type of injury" variables. The results are shown in Table 5.10. With respect to arm and foot injuries, 30.5 % and 37 %, respectively, involved contusion and 41 % and 42 % involved pain. Finger and hand injuries were usually associated with a cut (34.2 %) or crushing (19.2 %). Back, shoulder and wrist injuries were usually associated with pain (72.4 %, 84.1 % and 60.2 %, respectively) and a leg injury usually involved contusion (58.2 %) or pain (28.5 %). An eye injury was almost always associated with a foreign body (90.3 %), 58.5 % of head injuries involved a contusion, and 44.1 % of torso injuries involved pain while another 34.4 % involved a contusion.

**Table 5.10:** Cross analysis between the "site of injury" and "type of injury" variables

	Other	Burn	Contusion	Foreign body	Cut	Pain	Crushing
Other	56.50%	0.00%	19.40%	3.20%	0.00%	14.50%	6.50%
Arm	2.30%	15.20%	<b>30.50%</b>	1.20%	5.50%	<b>41.00%</b>	4.30%
Hand	1.40%	8.40%	16.80%	9.10%	<b>34.20%</b>	10.80%	19.20%
Back	0.40%	0.00%	21.90%	0.00%	0.40%	<b>72.40%</b>	4.90%
Shoulder	0.00%	0.00%	13.80%	0.00%	0.00%	<b>84.10%</b>	2.10%
Leg	0.00%	1.30%	<b>58.20%</b>	1.30%	3.80%	<b>28.50%</b>	7.00%
Eye	0.40%	4.20%	0.80%	<b>90.30%</b>	1.30%	3.00%	0.00%
Foot	0.00%	0.00%	<b>37.00%</b>	0.00%	2.50%	<b>42.00%</b>	18.50%
Wrist	0.00%	5.80%	22.30%	1.00%	4.90%	<b>60.20%</b>	5.80%
Head	7.00%	3.50%	<b>58.50%</b>	4.10%	22.80%	4.10%	0.00%
Torso	3.20%	7.50%	<b>34.40%</b>	1.10%	1.10%	<b>44.10%</b>	8.60%

The percentage values above 25 % are represented in bold and shaded in grey.

### 5.5.2.4 Musculoskeletal disorders

MSD were all related to pain injuries. MSDs primarily affected the back (33.9 %), shoulder (21.1 %), arm (17.40 %) and wrist (9.70 %). Back and shoulder injuries were associated with an MSD more often than any other type of injury.

The Mann-Whitney test showed that the indirect costs ( $p < 0.001$ ), the number of days off work ( $p < 0.001$ ) and the number of days of light work ( $p < 0.001$ ) differed significantly depending on whether the injury is MSD-related or not (Table 5.11). On average, the indirect costs of MSD

injuries were 3.8 times higher than for other injuries. An MSD-related injury required an average of 6.3 times more days off work and nearly four times (3.77) more days of light work than other injuries. MSDs generated about 30 % more in direct costs than other types of injuries but this difference is not statistically significant ( $p=0.099$ ). For an MSD injury: the average indirect cost ranged from \$569 (Company D) to \$1,803 (Company C); the average direct cost ranged from \$4,285 (Company E) to \$5,484 (Company C); and an average of 15 days off work and 3.5 days of light work were required.

**Table 5.11:** p-value of the Mann-Whitney test comparing the "direct cost" and "indirect cost" variables with "musculoskeletal disorder", number of events, average and ratio to the average for each "musculoskeletal disorder" category for direct costs and indirect costs

	Ratio to the average (number of events - average)  Musculoskeletal disorder = no	Ratio to the average (number of events - average)  Musculoskeletal disorder = yes	p-value of Mann- Whitney test
Direct cost	0.89 (N=201 - \$3832)	1.11 (N=188 - \$4762)	0.099
Indirect cost	0.67 (N=1682)	2.08 (N=507)	<b>0.000**</b>
Number of days off work	(N=1682 – 2.35 days)	(N=507 – 14.82 days)	<b>0.000**</b>
Number of days of light work	(N=1682 – 0.93 days)	(N=507 – 3.51 days)	<b>0.000**</b>

\*\* (bold): significant p-values ( $p < 0.05$ )

#### 5.5.2.5 Insurance company file opened

The Mann-Whitney test (by individual company and for all companies) showed indirect costs to be significantly different ( $p < 0.001$ ), depending on whether an insurance company file was opened or not. The average indirect costs of an accident declared to the insurance company were 8.64 times higher than for one not reported in Company C, 18.61 times higher in Company D and 12.81 times higher in Company E. These results are consistent with the fact that minor accidents (first aid) are not reported to the insurance company.

### **5.5.2.6 Employee age**

The age of employees was available only for accidents where a file had been opened with the employer's insurance company (389 events - Table 5.3). The Mann-Whitney test showed no significant difference between the indirect costs of accidents involving employees under the age of 35 as compared with those involving employees over 35 ( $p=0.107$ ) although the average indirect costs were 10 % higher for the over-35 group. However, the difference in direct costs was significant between age groups ( $p=0.006$ ). On average, direct costs were about 1.28 times higher for employees over 35. The number of days off work appears to be higher for older workers (an average of 34.78 days off work vs. 21.77 days) as is the number of days of light work (7.85 days vs. 5.2 days), but these differences were not statistically significant according to the Mann-Whitney test ( $p=0.482$  and  $p=0.846$ , respectively).

### **5.5.2.7 Prior accident declared to the insurance company**

The Mann-Whitney test showed that indirect costs differed significantly depending on whether the employee had a prior accident declared to the insurance company ( $p<0.001$ ). Indirect costs were 20 % higher on average in cases where an accident had already been registered at the insurance company for the same employee. Direct costs however did not appear to differ significantly ( $p=0.123$ ) with the presence or absence of an employee claim history.

### **5.5.2.8 Type of event**

Whether the event was a "work accident," "occupational disease" or "relapse following a prior event", the Kruskal-Wallis test showed significant differences in the direct costs ( $p<0.001$ ), indirect costs ( $p=0.004$ ), the number of days off work ( $p<0.001$ ) and the number of days of light work ( $p=0.031$ ). The average direct cost was lower for workplace accidents (\$3100, on average) than for occupational diseases (\$5,107) and relapses (\$18,243, on average). These differences are statistically significant (results are shown in Table 5.12). The same trend is observed for the average number of days off work (23.07, 24.44 and 120.17 days, respectively) but the difference is significant only for workplace accident and occupational diseases compared to relapses (respectively  $p=0.003$  and  $p=0.001$ ). The average number of days of light work was significantly different for occupational diseases than for relapses ( $p=0.01$ ). The difference in number of days of light work is not significant for workplace accident compared to occupational diseases and relapses. The indirect costs are nearly significantly different for workplace accidents compared to



occupational diseases and relapses (respectively  $p=0.027$  and  $p=0.022$ ) and significantly different for occupational diseases compared to relapse ( $p=0.002$ ).

**Table 5.12:** Direct cost, indirect cost, number of days off work and of light work by type of event, Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests

	Work accident (N = 317)	Occupational disease (N = 48)	Relapse (N = 24)	Total (N = 389)	Mann-Whitney work accident/occ. disease p-value	Mann-Whitney work accident/relapse p-value	Mann-Whitney occupational disease/relapse p-value
Direct cost (\$)	3100	5107	18243	4282	<b>0.004**</b>	<b>0.000**</b>	<b>0.001**</b>
Indirect cost (ratio to the average)	0.93	0.80	2.2		0.027*	0.022*	<b>0.002**</b>
Number of days off work	23.07	24.44	120.17	29.24	0.019*	<b>0.003**</b>	<b>0.001**</b>
Number of days of light work	6.13	3.81	20.33	6.72	0.091	0.061	<b>0.010*</b>

\*: p-values between 0.05 and  $0.05/3 = 0.017$

\*\* (bold): significant p-values (Bonferroni applied)

### 5.5.2.9 Pareto charts

Pareto charts were plotted for each of the three companies studied in this section (Table 5.13). Results show that the distribution of direct and indirect costs by number of events more or less follows the 80/20 rule:

Direct costs:

- Company C: 20 % of accidents generated 83 % of direct costs
- Company D: 20 % of accidents generated 84 % of direct costs

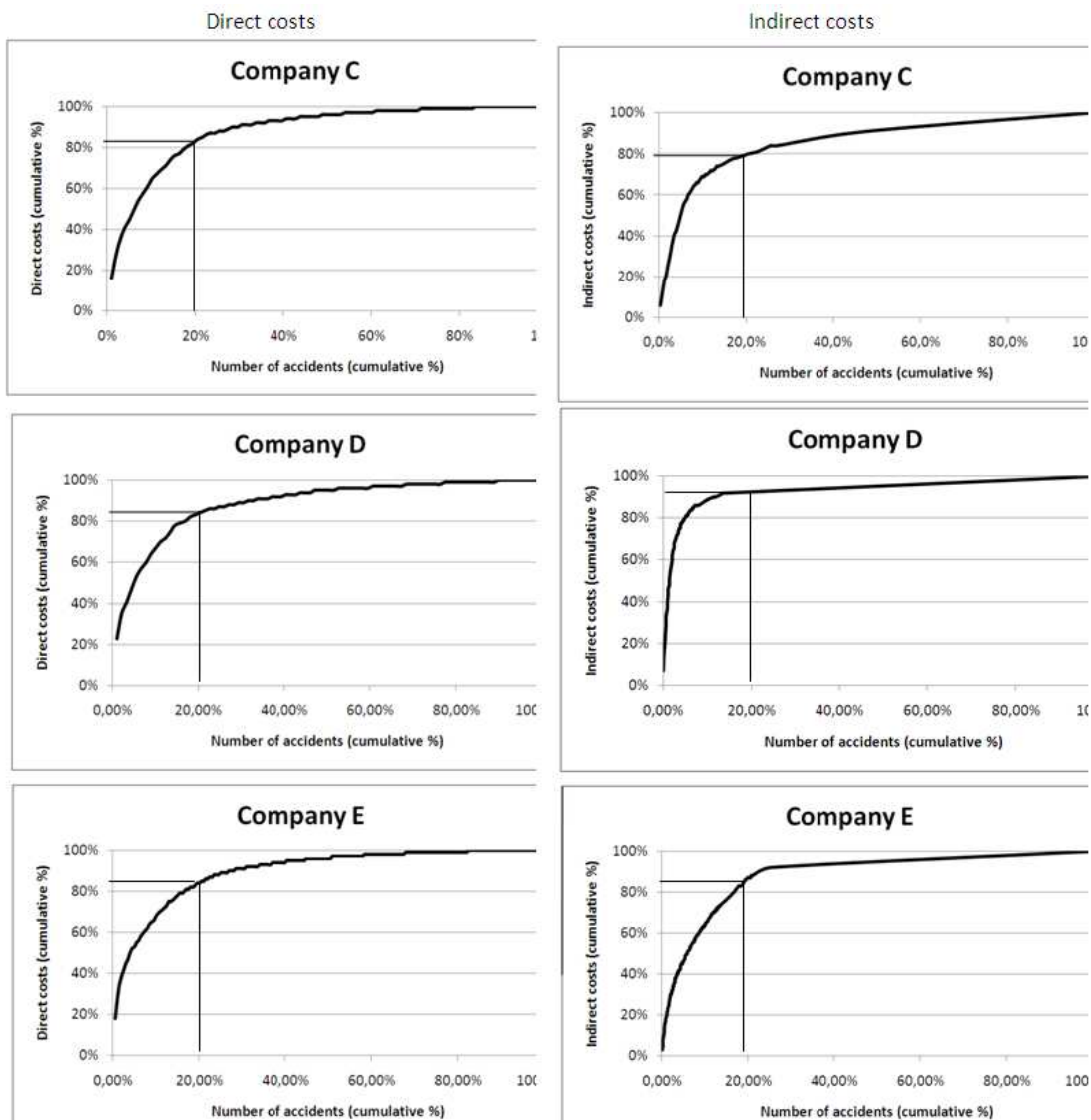
- Company E: 20 % of accidents generated 84 % of direct costs

Indirect costs:

- Company C: 20 % of accidents generated 80 % of indirect costs
- Company D: 20 % of accidents generated 92 % of indirect costs
- Company E: 20 % of accidents generated 87 % of indirect costs

Clearly, a limited number of events were responsible for most of the direct and indirect costs.

**Table 5.13:** Pareto charts (direct and indirect costs for company C, D and E)



### 5.5.2.10 Direct and indirect costs correlations

Only events for which an insurance company file had been opened ( $N = 389$ ) were examined in this part of the study. Using the database, linear regressions were conducted to assess the impact of the number of days off work (OW) or of light work (LW) on the values of "indirect cost" and "direct cost." The analysis also attempted to establish a linear relationship between the "direct cost" and "indirect cost" variables.

Distribution indices were calculated to examine the normality of each variable, that is, "direct cost," "indirect cost," "OW" and "LW." Although the values of the coefficients of skewness and kurtosis for the variables mentioned above do not fall within the limits of -1.25 to 1.25 (Hair, Tatham, Anderson & Black, 1998) to consider the distribution of the variable been normal, the central limit theorem states that when  $N$  is high, it is possible to approximate a normal distribution (Hogg & Craig, 1978). The distribution of the "direct cost," "indirect cost," "OW" and "LW" variables can therefore be approximated as normal.

The correlation matrix between the "direct cost," "indirect cost," "OW" and "LW" variables is presented in Table 5.14.

**Table 5.14:** Pearson correlation coefficient value and p-value of "direct cost", "indirect cost", "OW" and "LW" variables

	Direct cost	Indirect cost	OW	LW
Direct cost	1	0.358 (p=0.000)	0.904 (p=0.000)	0.261 (p=0.000)
Indirect cost		1	0.384 (p=0.000)	0.850 (p=0.000)
OW			1	0.290 (p=0.000)
LW				1

There does not seem to be any significant problem of multicollinearity between the variables "OW" and "LW" ( $r = 0.290 < 0.5$ ) (Hair *et al.*, 1998). The dependent variable "indirect cost" is strongly correlated with the independent variable "LW" ( $r = 0.850$ ) and more weakly with the independent variable "OW" ( $r = 0.384$ ). The potential presence of linearity can be visually observed on the scatter plot between "OW" and "indirect cost" on one hand, and "LW" and

"indirect cost" on the other (plots not shown). Table 5.15 presents the results of the hierarchical linear regression between the independent variables "OW" and "LW" and the dependent variable "indirect cost" (regression coefficient, standardized regression coefficients, p, VIF and R<sup>2</sup>). The VIF value is <5, indicating that there is no multicollinearity between "OW" and "LW." Table 5.15 shows that the greater the number of days off work and of light work, the higher the indirect cost. The impact of the number of days of light work on indirect cost is significantly greater than that of the number of days off work. The number of days off work accounts for 14.8 % of the variance in "indirect cost," while the number of days of light work accounts for 59.5 % of the variance in "indirect cost."

**Table 5.15:** Results of the hierarchical linear regression between the independent variables "OW" and "LW" and the dependent variable "indirect cost"

Model	Unstandardised Coefficients		Standardised Coefficients	t	Sig	Unstandardised Coefficients		Standardised Coefficients	t	Sig
	B	Std. Error	Beta			B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1732.245	136.169		12.721	0	959.697	79.335		46.8	0
OW	10.263	1.255	0.384	8.178	0	4.03	0.722	0.151	5.581	0
LW						143.651	4.82	0.806	29.800	0

Dependent variable: indirect cost

Adjusted R <sup>2</sup>	0.145	0.741
R <sup>2</sup>	0.148	0.742
P	0.000	0.000
VIF	--	1.092
Δ R <sup>2</sup>	--	0.595

The variables "OW" and "LW" are weakly correlated ( $r = 0.290$ ). The dependent variable "direct cost" is strongly correlated with the independent variable "OW" ( $r = 0.904$ ) and more weakly correlated with the independent variable "LW" ( $r = 0.261$ ). The potential presence of linearity can be visually observed on the scatter plot between "OW" and "direct cost" on one hand, and "LW" and "direct cost" on the other (plots not shown). Table 5.16 presents the results of the hierarchical linear regression between the independent variables "OW" and "LW" and the dependent variable "direct cost" (regression coefficient, standardized regression coefficients, p, VIF and R<sup>2</sup>). The VIF value is <5, indicating that there is no multicollinearity between "OW" and "LW." The analysis shows that the greater the number of days off work, the higher the direct cost. The impact of the number of days off work on direct cost is significantly greater than that of the

number of days of light work. The number of days off work accounts for 81.7 % of the variance of the direct cost, while the impact of the number of days of light work is not significant ( $p=0.962$ ).

**Table 5.16:** Results of the hierarchical linear regression between the independent variables "OW" and "LW" and the dependent variable "direct cost"

Model	Unstandardised Coefficients		Standardised Coefficients	t	Sig	Unstandardised Coefficients		Standardised Coefficients	t	Sig
	B	Std. Error	Beta			B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1188.067	277.301		4.284	0	1183.516	293.787		4.028	0
OW	105.939	2.556	0.904	41.45	0	105.902	2.674	0.903	39.608	0
LW						0.846	17.81	0.001	0.047	0.962

Dependent variable: direct cost

Adjusted R <sup>2</sup>	0.816	0.816
R <sup>2</sup>	0.817	0.817
P	0.000	0.962
VIF	--	1.092
$\Delta R^2$	--	0.002

The presence of linearity between "direct cost" and "indirect cost" can be visually observed on a scatter plot (plot not shown). Table 5.17 presents the results of the linear regression between the dependent variable "indirect cost" and the independent variable "direct cost" (regression coefficient, standardized regression coefficients, p and R<sup>2</sup>). Results show no clear linearity between the independent variable "direct cost" and the dependent variable "indirect cost": the "direct cost" variable only accounts for 12.8 % of the variance in "indirect cost."

**Table 5.17:** Results of the linear regression between the dependent "indirect cost" and independent "direct cost" variables

Dependant variable	Model	Beta	Erreur standard	Beta standardisé	p	Sig
Indirect cost	Constant	1692.107	140.482		12.045	0
	Direct cost	0.082	0.011	0.358	7.542	0

Dependent variable: indirect cost

Adjusted R <sup>2</sup>	0.126
R <sup>2</sup>	0.128
P	0

## **5.6. Estimating the impact of time off work and light work on indirect costs**

### **5.6.1 Method**

In Quebec, organizations such as Company B, which pays more than \$400,000 in annual insurance premium, are subject to the retrospective rate-setting plan. Under this rating system, the real cost of accidents at the company is reflected in its H&S premium. The rate is thus closely tied to the company's workplace health and safety performance and its prevention programs and as such, efforts to reinstate injured workers have a direct impact on its insurance premium. When the insurer compensates an off-work employee, it covers medical and rehabilitation costs and pays the employee an IRB totalling about 90 % of his/her net wage. However, when calculating the company's premium, the impact of medical and rehabilitation costs and the IRB almost doubles, due to the multiplication factor applied by the insurer.

Our hypothesis was that, given this multiplier, it is more costly for the company to declare the event to the insurer than to take care of the injured employee on its own and to assign him/her to light work, even when the employee's productivity is very low. To test this hypothesis, the total cost (the indirect costs of the event and the direct-cost impact of the event on the company's insurance premium) of all MSD accidents that occurred in 2009 in Company B was studied according to three scenarios. Twelve events involving MSD were chosen because these usually cause prolonged absence and their costs are significant in all industrialized countries (EBIC, 1998; Yelin, 2003 ; CSST 2010).

- The actual scenario (scenario 1) takes into account the number of days off work (data provided by the insurer with the company's agreement) and the number of days and total hours the injured employee spends doing light work at reduced productivity (data provided by the company).
- In the second scenario (scenario 2), the employee spends half of the actual-scenario "off-work" time doing light work and the other half off work: this means the amount of IRB paid in the actual scenario is divided by 2, the number of days off work is divided by 2, the number of days of light work is increased by half the number of days off work, the productivity of the employee doing light work is recalculated by adding the number of hours spent off work divided by 2 to the number of actual-scenario hours spent doing light work, and the medical and rehabilitation costs are the same as those in the actual scenario.

- In the third scenario (scenario 3), the employee is assigned to do light work rather than staying off work: no IRB is paid, no days off work are counted, the number of days of light work is increased by the number of days off work, the productivity of the employee doing light work is recalculated by adding the number of hours spent off work to the number of actual-scenario hours spent doing light work, and the medical and rehabilitation costs are the same as those in the actual scenario.

For each of the twelve selected events and for each scenario, the total cost was calculated using the indirect cost calculator and a tool for projecting the financial impact of an event on the future premium. This tool, developed by the insurer (CSST) for exclusive use by its advisors to guide employers, uses medical expenses, IRB, specific insurer data and company parameters to assess the impact of a given event on the company's group insurance cost and premiums.

### **5.6.2 Results**

The key data for calculating the indirect costs (days off work and of light work, employee productivity during light work) of each of the three scenarios are shown in Table 5.18. The total cost of each event including the total cost of the injury, its impact on insurance premiums and its indirect costs, is shown (shaded in grey) for each scenario. Cost differences between scenarios were calculated to compare them. For events 1-4 there is no cost difference since the injured employee took no days off work. On average, for events 5 to 12, it would have cost the company 8.5 % less to keep its employee on light work with zero productivity than to have him/her off work and compensated by the CSST. Similarly, it would have cost the company 3.2 % less to support the employee for half the duration of his/her absence from work.

For event 6 only, the costs are slightly higher (0.4 %) for the scenario where the employee is doing light work rather than being off work. This result is due to the fact that the costs paid (\$1,797) for this event are different from the costs charged to the company (\$1,324) that were used to calculate the premium. For event 7, there is little difference between the scenarios because the number of days of light work is already high compared to the number of days off work in the actual scenario. For events 9 and 10, the difference between the actual scenario and the alternative scenarios is greater than that of the other events. This is explained by the low indirect costs (relative to the impact on the premium) in the actual scenario.

**Table 5.18:** total costs of 12 Company B workplace accidents involving musculoskeletal disorders according to 3 different scenarios of length of time off work

Event number	Information about the event (source, insurance company)				Scenario 1: Actual scenario							
	Contestation of the claim	Diagnosis	Income replacement benefits (IRB) paid by the insurance company	Medical and rehabilitation costs paid by the insurance company	Number of days of light work	Hours spent doing light work	Productivity of employee doing light work	Number of days off work	Indirect costs	Estimated total cost of injury	Estimated impact on insurance cost from 2011 to 2014	Total cost of Scenario 1
Event 1		tendinitis of the right forearm	-	\$2,808	61	180.6	63%	0	\$5,121	\$5,400	-	\$10,521
Event 2		tendinitis of the right shoulder	-	\$1,643	37	147.8	50%	0	\$4,088	\$3,240	-	\$7,328
Event 3		epicondylitis of the right elbow	-	\$720	122	593.0	39%	0	\$14,714	\$1,440	-	\$16,154
Event 4		tendinitis of the right shoulder	-	\$765	11	32.4	63%	0	\$1,331	\$1,440	-	\$2,771
Event 5	Administrative Review (AR)	tendinitis of the left forearm	\$1,158	\$1,520	22	38.5	78%	11	\$1,259	\$5,220	-	\$6,479
Event 6		tendinitis of the right wrist and elbow	\$980	\$344	0	0	DNA	10	\$244	\$2,520	-	\$2,764
Event 7		tendinitis of the left shoulder	\$2,585	\$4,882	182	673.3	54%	24	\$15,927	\$14,580	\$700	\$31,207
Event 8		left trapezius and left bicipital tendinitis	\$2,836	\$6,748	49	194.5	50%	26	\$4,926	\$18,720	\$900	\$24,546
Event 9		bursitis of the left knee	\$7,344	\$2,590	1	5.3	34%	63	\$431	\$19,260	\$1,000	\$20,691
Event 10		tendinitis of the right shoulder	\$9,546	\$4,397	12	26.5	72%	91	\$1,483	\$27,180	\$1,900	\$30,563
Event 11	Medical Assessment Office (MAO)	Left epicondylitis	\$11,743	\$8,410	338	1362.5	50%	113	\$33,535	\$39,240	\$3,000	\$75,775
Event 12	MAO/AR	Left epicondylitis, left tricep tendinitis	\$21,516	\$18,398	271	1138.9	47%	200	\$28,998	\$77,580	\$5,100	\$111,678



**Table 5.18:** total costs of 12 Company B workplace accidents involving musculoskeletal disorders according to 3 different scenarios of length of time off work (continued)

	Scenario 2: 50% of actual IRB paid								Scenario 3: No IRB paid								Results	
	Number of days of light work	Hours spent doing light work	Productivity of employee doing light work	Number of days off work	Indirect costs	Estimated total cost of injury	Estimated impact on insurance cost from 2011 to 2014	Total cost of Scenario 2	Number of days of light work	Hours spent doing light work	Productivity of employee doing light work	Number of days off work	Indirect costs	Estimated total cost of injury	Estimated impact on insurance cost from 2011 to 2014	Total cost of Scenario 3	Difference (%) between Scenario 1 and scenario 2	Difference (%) between scenario 1 and scenario 3
Event 1	61	180.6	63%	0	\$5,121	\$5,400	-	\$10,521	61	180.6	63%	0	\$5,121	\$5,400	-	\$10,521	0%	0%
Event 2	37	147.8	50%	0	\$4,088	\$3,240	-	\$7,328	37	147.8	50%	0	\$4,088	\$3,240	-	\$7,328	0%	0%
Event 3	122	593.0	39%	0	\$14,714	\$1,440	-	\$16,154	122	593.0	39%	0	\$14,714	\$1,440	-	\$16,154	0%	0%
Event 4	11	32.4	63%	0	\$1,331	\$1,440	-	\$2,771	11	32.4	63%	0	\$1,331	\$1,440	-	\$2,771	0%	0%
Event 5	28	82.5	63%	5	\$2,252	\$4,140	-	\$6,392	33	126.5	52%	0	\$3,247	\$2,160	-	\$5,407	1.3%	16.5%
Event 6	5	40.0	0%	5	\$1,130	\$1,620	-	\$2,750	10	80.0	0%	0	\$2,054	\$720	-	\$2,774	0.5%	-0.4%
Event 7	194	769.3	50%	12	\$18,340	\$12,060	\$700	\$31,100	206	865.3	47%	0	\$20,566	\$9,540	\$400	\$30,506	0.3%	2.2%
Event 8	62	298.5	40%	13	\$7,209	\$15,840	\$900	\$23,949	75	402.5	33%	0	\$9,564	\$13,140	\$600	\$23,304	2.4%	5.1%
Event 9	33	257.3	3%	31	\$6,309	\$12,240	\$800	\$19,349	64	509.3	1%	0	\$11,951	\$5,040	-	\$16,991	6.5%	17.9%
Event 10	58	390.5	16%	45	\$9,505	\$17,820	\$800	\$28,125	103	754.5	8%	0	\$17,651	\$8,460	\$400	\$26,511	8.0%	13.3%
Event 11	395	1814.5	43%	56	\$43,629	\$27,720	\$2,000	\$73,349	451	2266.5	37%	0	\$54,234	\$16,380	\$900	\$71,514	3.2%	5.6%
Event 12	371	1938.9	35%	100	\$46,531	\$57,600	\$4,200	\$108,331	471	2738.9	27%	0	\$64,990	\$35,820	\$2,600	\$103,410	3.0%	7.4%

## 5.7. Discussion

### 5.7.1 Employee substitution procedures

In the 10 companies in which the study was conducted, no production losses were incurred because of a work accident. Similarly, the Aaltonen and Soderqvist (1987) study found that indirect costs were not as high as expected because the time lost due to an accident did not result in a production loss or drop in sales. This can be explained by the fact that the company maintains a pool of surplus labour as a precautionary measure. Monnery's (1998) study of a cheque-clearing department suggests that employee replacement costs are an important factor in an event's overall indirect costs and the results of the present study support this.

Measures for minimizing production losses as much as possible were identified in the 10 companies of this study:

- Using employees from the reserve team: Most companies participating in this study have a reserve team of permanent employees with the skills to work at all workstations. The company can deploy a reserve-team employee rapidly to replace one who is absent. In the calculations, the time spent by the reserve-team employee is included in the indirect cost of the event, under the assumption that if there were fewer work-related accidents, the company would need fewer reserve-team personnel. Generally, a reserve-team employee will work at the injured employee's workstation until a substitute is found. The company carefully calculates the number of workers it needs on its reserve team to deal with absenteeism and workplace health and safety problems. Moreover, in the 10 companies surveyed, absenteeism is a much more frequent cause for substitution than workplace accidents. In a study, Gavius *et al.* (2009) also mention the use of backup staff to cope with a drop in production capacity.
- Using overtime: An employee on the shift preceding or following that of the injured employee may be asked to replace him/her, on an overtime basis, leaving labour productivity unchanged, since the time required for the task is the same, but increasing wage costs. Our results also show that with accidents involving between 3 and 10 days of lost time, the time spent by production staff (264 minutes and 267 minutes, respectively) increases only slightly, whereas costs increase more significantly (from \$172 to \$223.70) due precisely to overtime.

- Hiring a worker on a recall list: Some companies have a recall list composed of employees who have been recently laid-off (and therefore need no training). The company may, if needed, elect to re-hire an employee. In this case, labour productivity is unchanged (usually the time required to perform the task remains the same). It is worth noting that a recall list can only be made when there is not a labour shortage and the work requires no special qualifications.
- Hiring a new employee: In the companies in which the study was conducted, only Company E specified that it occasionally hires a new employee when a position is vacated because of a long absence due to workplace accident. This recruitment is followed by 10 days of training and occurs only after a long substitution period by a reserve-team employee and/or by an employee on overtime. Hiring a new employee adds significantly to the event's total indirect cost. For example, in Company E, the indirect cost of an event involving 20 days off work followed by 20 days of light work is \$10,090.80, that is more than twice the average.
- Transferring work to other employee teams: This option is usually preferred only in cases of short absence (a maximum of a few days) and leads to direct savings in wages for the workstation (productivity increases). This is the reason behind the negative indirect costs of Company F. It should be noted, however, that "the extent to which over-usage of people occurred was very difficult to determine" (Landstad, Gelin, Malmquist & Vinberg, 2002).
- Non-substitution: In some cases, a company may decide not to replace the injured employee, particularly if his/her job is not a key position. In this case production declines, as does the number of hours worked. The indirect-costs calculation model should therefore account for the loss of revenue due to fewer hours worked.

Once the employee is replaced, indirect costs are principally related to follow-up on the file, supervision of the employee doing light work and the time lost by the injured employee due to reduced productivity (on average for these 10 companies, an employee is at 31 % productivity during light work (Jallon *et al.*, 2011b)). The delay before an employee is replaced varies among the companies studied: it happens immediately in Companies F, G, H, I and J; after 3 days in Companies A, B and D; after 5 days (or 33 days) in Company C; and after 30 days in Company E.

The damage caused by a workplace accident can depend on where it occurs in the production line (Gavious *et al.*, 2009). For example, if a highly skilled employee is absent, Miller (1992) speaks of "irreplaceable skills" (such as the operator of a particular robot), the company may encounter problems finding a substitute (no one with the skills to perform the task is available) and the workstation could experience a drop in production volume. If the workstation in question is a production bottleneck, the drop in production may have an impact on the productivity of all the jobs down the line, leading to very high indirect costs. Penalties for non-compliance with delivery times may also become a significant issue (e.g. construction sites). In the case of a very serious accident (death of the employee), the company may halt its activities in certain departments or on certain lines or shut down completely for several days during investigations. For this type of event, not reported in the 10 companies surveyed, the drop in revenue due to production losses should be calculated. A specific procedure could then be developed and added to the overall process to ensure this cost is included in the total cost of the event (Jallon *et al.*, 2011b).

### **5.7.2 Assessment of costs according to type and site of the injury**

This study is among the first to show a wide disparity in indirect costs depending on the type and site of injury. An accident involving the head costs 4 times less than one involving the shoulder, and an accident involving pain costs 7 times more than one involving a foreign body. In fact, indirect costs vary more according to the type and site of the injury than they do according to the age of the employee. While the results of the present study are in line with those of Laufer (1987a), they deviate from those of Brody *et al.* (1990b), which show that indirect costs do not vary depending on the type or site of the injury. This difference can be explained by the different methodologies that were used - Brody *et al.* (1990b) used only the events with lost workdays whereas this study compares all type of workplace accidents – and by the fact that the process mapping model used to estimate the indirect costs in this study is better-adapted to assess the gravity of the events than Brody *et al.* (1990b)'s questionnaires.

Some parallels can be drawn between our study and that of Hinze, Devenport and Giang (2006), which studied the medical expenses of no-lost-time injuries in the construction sector, although the classifications used here are not strictly identical. Hinze *et al.* (2006) show that shoulder injuries are associated with the highest medical expenses, while eye injuries are associated with

lowest. Hand and foot injuries are in the mid range, while back injuries are in the upper half. These findings are supported by the present study. Hence an attempt should be made whenever feasible to group indirect costs according to the type or site of an injury. Highlighting significant differences in direct and indirect costs due to the type and site of an injury opens up a new avenue for prevention efforts by helping target jobs and workstations where parts of the body are extensively solicited and for which expensive injuries are associated.

### **5.7.3 Direct/indirect costs ratio**

The present study is one more that undermines the existence of a ratio between direct and indirect costs. This result is consistent with those of Paez *et al.* (2006). The correlation between direct and indirect costs is weak ( $r = 0.358$ ) and linear regression revealed that direct costs explain only 12.8 % of the variance in indirect costs.

Among the 389 events in Companies C, D and E for which direct-cost information was available, the direct cost to indirect cost ratio ranged from 1:0.015 to 1:52.17, with an average of 1:0.48. If all 2189 events are considered, the ratio rises to 1:0.63. Such a large ratio variability is also reported by Hinze (1991): "in reviewing the cost ratio values, it is recognized that an extremely wide range is represented (the ratio ranges from values as small as 0 and as large as 315 for medical case injuries and from 0.19 to 3537 for restricted activity/lost workday cases)." The final ratio of 1:0.63 is close to that calculated by Brody *et al.* in the Province of Quebec in 1990 (1:0.83).

According to Laufer (1987a), given the variability of this ratio, the use of a ratio between indirect and direct costs should be abolished. The present authors share this opinion and also agree with the viewpoint of Koopmanschap and Rutten (1993): "indirect costs in economic evaluation should preferably be presented separately from direct costs, health effects and other study outcomes." Indirect costs represent a significant proportion of an accident's costs, a proportion that varies with each accident. Therefore, these costs should be evaluated and integrated into the accident's total cost. Failing to do this could lead to erroneous profitability calculations and poor prevention spending decisions.

#### **5.7.4 Relative impact of number of days of lost time and temporary assignment on total direct and indirect costs**

Brody *et al.* (1990a) converted to 1982 dollars the indirect cost estimates of Simonds and Grimaldi (1956), who had conducted a study in the metallurgy, construction and chemistry sectors. These figures were compared with the indirect-cost data from the 2189 events in Companies C, D and E:

- events involving time off work, with a temporary or permanent inability to work: Simonds and Grimaldi (1956): \$465 (1982 dollars); the present study: \$2,042 (2009 dollars)
- events involving a temporary partial disability or requiring medical care outside the company, but not causing time off work (medical examination): Simonds and Grimaldi (1956): \$115 (1982 dollars); the present study: \$365 (2009 dollars)
- events requiring first aid outside the company and involving material damages costing not more than \$50 (1982 dollars) or production losses of less than eight man-hours: Simonds and Grimaldi (1956): \$25 (1982 dollars); the present study: \$63 (2009 dollars)

Simonds and Grimaldi (1956) added an additional category: cases with no time off work, involving a minimum of \$50 (1982 dollars) in material damages or production losses of eight man-hours or more, totalling \$850 (1982 dollars). While the current form of our indirect-cost calculator does not account for material damages, a procedure for assessing these losses could eventually be developed (Jallon *et al.*, 2011b). No material damages were reported in the 10 companies surveyed.

Another major finding of the present study is the indication that the number of days off work has little impact on indirect costs. This finding was already noted by Laufer (1987a): "The correlation between lost days and uninsured accident costs is low."

The calculator used in this study is the first to integrate the duration of light work into the calculation of an event's indirect cost. The results show that the number of days of light work plays a major role in an event's indirect cost. The number of days of light work should be considered when calculating indirect costs. The opposite is true when it comes to direct cost. The number of days off work has a significant impact on total direct cost, which is logical since the direct cost consists of IRB and medical expenses. However, the number of days of light work has no influence on direct costs. The findings of the present study thus support those of Imre (1976),

Levitt *et al.* (1981) and Paez *et al.* (2006): for accidents with time off work, direct costs increase faster than indirect costs. For less serious injuries (first aid, medical examination) however, indirect costs are more significant, as they are for events with days of light work.

Finally, not all events are necessarily recorded because company reporting processes are not necessarily well defined or organized. We do believe that a good management system can be used to record certain minor events that could signal the beginnings of a more expensive event.

### **5.7.5 The accident-cost pyramid**

The Pareto charts show that a small number of events account for the largest portion of both direct and indirect costs of workplace accidents. Among the 2189 events, 1660 (75.8 %) required only first aid, 116 (5.3 %) a single medical examination and first aid, and 413 (18.9 %) at least one day off work or of light work. These figures are close to those of the National Council on Compensation Insurance (NCCI) from 1993, cited in the study by Paez *et al.* (2006) and Leigh *et al.* (2000): 60.03 % of injuries are "first-aid: non disabling injury that is not Occupational Safety and Health Administration (OSHA) recordable"; 19.68 % are "medical only, no indemnity: injury that needs medical treatment and, therefore, is OSHA recordable"; and 14.60 % are "temporary total: an injury that causes lost time from the worker." The present study does not include any cases of "permanent partial major: an injury that results in permanent disability" (5.55 %); "permanent total: injury that results in total disability" (0.09 %); or "death" (0.05 %).

The difference between the present study and the NCCI study (1993) concerns accidents with a medical examination: they represent a smaller proportion in our study (5.3 % vs. 19.68 %), likely because Quebec's health care system is arguably more generous than the United States' (doctors here often prescribe time off work) and because our study was conducted in medium to large companies with in-house infirmaries able to treat such minor injuries as cuts and contusions that would otherwise have required a medical examination.

Companies should give priority to taking action on the most costly events (with days off work or of light work, Table 5.1), whose contribution to overall cost is significant. It should also be noted that the costs associated with a relapse of a prior event are considerable, so it would be beneficial that researchers develop tools and approaches that will spur companies to take appropriate action to prevent employees from having a recurrence of the same injury.

### **5.7.6 Cost of musculoskeletal disorders**

As mentioned in several previous studies (EBIC, 1998; Yelin, 2003; Leigh, Waehrer, Miller & Keenan, 2004), costs associated with MSDs are high. The average direct cost due to an MSD (\$4762 in 2009 dollars) in the present study is close to the amount of IRB paid by the insurer for injuries of the "itis" variety (\$4977 in 2008 dollars) (CSST, 2010). On average, an "MSD" injury requires 15 days off work and 3.5 days of light work (Section 5.5.2.4). The average indirect cost associated with this type of event (among all 10 companies) is \$975.70. Given the significant expense associated with an MSD as compared to other types of injury (Table 5.12), there should be a proper accounting of their cost (Korhan & Mackieh, 2010).

### **5.7.7 Time off work or temporary assignment**

The study of the overall cost difference between the three scenarios involving time off work and light work shows that cost differences (less than 10 %) are probably not significant enough to induce a company to reinstate an employee as soon as possible after an accident. In fact, light work is costly for the company: for example, an unproductive day of light work for an employee costs Company B about \$175. In comparison, the insurer pays an off-work employee about 90 % of his/her net salary and then multiplies this by a factor of 1.95 before adding it to the company's insurance premium, a total of approximately \$197 per day. The difference between the two scenarios is therefore not great enough to induce the company to keep the employee on temporary assignment.

One must note however, that in the case of the MSD injuries studied, rehabilitation expenses were significant, and thus had a major impact on the cost of the injury, which remained the same among the three scenarios. This negatively affects the "profitability" of scenarios favouring light work over time off work. In addition, for these calculations, employees were considered unproductive while doing light work when days off work were transformed into days of light work. The calculations were repeated for event 12, with employee productivity at about 30 % for light work (Jallon *et al.*, 2011b) when days off work were transformed into days of light work. The difference then rises from 3 % to 7 % when comparing scenario 2 to scenario 1, and from 8.5 % to 17 % when comparing scenario 3 to scenario 1, making light work more advantageous for the company. However, it would appear that workers' compensation agencies should increase financial incentives to encourage companies to keep their injured employees at work. Light work



allows the injured worker to maintain his/her salary and shorten his/her return period to full productivity.

Finally, decreasing the frequency, severity and length of workplace accidents through prevention of hazardous work situations would reduce workers' compensation payments and medical expenses (direct costs) and would, in turn, lead to a decrease in the company's insurance premiums (Miller, 1997; Aaltonen & Miettinen, 1997; Neville, 1998).

## **5.8. Conclusion**

In general, the concrete findings of this study expand the body of knowledge on indirect costs and their characteristics. This study shows that indirect costs do not correlate with direct costs. Indirect costs have a significant impact on the total cost of an event and they should be assessed systematically and separately from direct costs. Indirect costs vary considerably depending on the duration and severity of the event (first aid vs. medical examination vs. accident with time off work or temporary assignment). Moreover, the number of days of light work accounts for nearly 60 % of the variance in indirect costs, proving that the number of days of light work and the employee's productivity during this period should be taken into account when calculating an event's indirect cost. The costs associated with replacement and the company's methods of replacing an injured employee (substitute employee or not, overtime work, etc.) do have a significant impact on indirect costs.

Indirect costs vary significantly according to the type and site of the injury, which suggests new areas of research on indirect-cost calculation as it relates to these variables.

The very low (less than 10 %) difference in total cost between the scenarios of time off work and those of light work does not encourage companies to reinstate employees quickly after an accident.

Given these new findings on indirect costs, this study should stimulate new research as well as the development of new tools for workplace decision-makers to help prevent hazardous workplace situations in their companies.

## **5.9. Acknowledgements**

The authors are grateful to those (whose names are confidential) who provided the corporate data necessary for this study. The authors would also like to thank Daniel Legros, Employer Relations Advisor with the CSST, who provided us with the CSST's multiplication factor. This research was supported in part by grants from Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail - IRSST and from National Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC).

## **5.10. Relevance to Industry**

This study provides concrete findings concerning the use of an indirect-cost assessment tool adapted to the time and accuracy constraints of workplace decision-makers in 10 companies of various sizes and industrial sectors. While an effort to put these findings to general use remains to be made, even at this stage industry can take from them a sense of the scale of the problem and a number of ideas for addressing OHS issues in their companies. These findings also open up a realm of possibilities for industrial applications of the calculator. A strong signal from workplaces could incite researchers to develop even more efficient indirect-cost calculation tools to encourage preventive measures and OHS investment.

## 5.11. References

- Aaltonen, M., & Soderqvist, A. (1987). *Occupational Injuries and Economic Assessment in Furniture Industries: a Nordic Project*. Paper presented at the XIth World Congress on the Prevention of Occupational Accident and Diseases. Stockholm.
- Aaltonen, M. V. P., & Miettinen, J. (1997). Computer-aided calculation of accident costs. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 7(2), 67-78.
- Bird, F. (1974). *Management Guide to Loss Control*. Atlanta, GA: Institute Press.
- Brody, B., Létourneau, Y., & André, P. (1990a). Le coût des accidents de travail: état des connaissances. *Relations Industrielles*, 45(1), 94-116.
- Brody, B., Létourneau, Y., & Poirier, A. (1990b). *Les coûts indirects des accidents du travail*. Rapport de recherche R-044, IRSST, Montréal, QC.
- Corcoran. (2002). The Value of estimating the hidden costs of accidents. *Occupational Health and Safety*, 71(9), 26-30.
- Everett, J. G., & Frank Jr., P. B. (1996). Costs of Accidents and Injuries to the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), 158-164.
- Gavious, A., Mizrahi, S., Shani, Y., & Minchuk, Y. (2009). The costs of industrial accidents for the organization: Developing methods and tools for evaluation and cost-benefit analysis of investment in safety. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 434-438.
- Gibbons, J. D., & Chakraborti, S. (2003). *Nonparametric Statistical Inference, Fourth Edition, Revised and Expanded*. New-York: Marcel Dekker, Inc.
- Gosselin, M. (2004). *Analyse des avantages et des coûts de la santé et de la sécurité au travail en entreprise: Développement de l'outil d'analyse*. Rapport de recherche R-375, IRSST, Montréal, QC.

- Grun, R. E. (2006). *Monitoring and evaluation Projects: A step-by-step Primer on Monitoring, Benchmarking, and Impact Evaluation*. Health, Nutrition and Population (HNP) Discussion Paper, The World Bank, Washington, DC.
- Hair, J. F., Tatham, R. L., Anderson, R. E., & Black, W. (1998). *Multivariate Data Analysis, Fifth Edition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc.
- Heinrich, H. W. (1959). *Industrial accident prevention: A scientific approach*, 4<sup>th</sup> ed. (1931 for the 1<sup>st</sup> ed.), New York: McGraw Hill.
- Hinze, J. (1991). *Indirect costs of construction accidents*. The construction Industry Institute (CII), Source document 67, Austin, TX.
- Hinze, J., Devenport, J. N., & Giang, G. (2006). Analysis of Construction Worker Injuries That Do Not Result in Lost Time. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(3), 321-326.
- Hogg, R. V., & Craig, A. (1978). *Introduction to Mathematical Statistics*. New-York: MacMillan Publishing Co., Inc.
- Howard, W. A. (1964). Cost of Accidents in Seven Undertakings. *Personnel Practice Bulletin*, 20(3), 19-24.
- Imre, J. J. (1976). *Uninsured Costs of Work Accidents: Replication and New Applications of Simonds Method*. Michigan State University, East Lansing, MI.
- Jallon, R., Imbeau, D., & de Marcellis-Warin, N. (2011a). Development of an indirect-cost calculation model suitable for workplace use. *Journal of Safety Research*, Accepted for publication.
- Jallon, R., Imbeau, D., & De Marcellis-Warin, N. (2011b). A process mapping model for calculating indirect costs of workplace accidents *Journal of Safety Research*, Accepted for publication.

- Korhan, O., & Mackieh, A. (2010). A model for occupational injury risk assessment of musculoskeletal discomfort and their frequencies in computer users. *Safety Science*, 48(7), 868-877.
- Koopmanschap, M. A., & Rutten, F. F. H. (1993). Indirect costs in economic studies. *Pharmacoeconomics*, 4, 406.
- LaBelle, J. E. (2000). What do accidents truly cost? Determining Total Incident Costs. *Professional Safety*, 45(4), 38-42.
- Lahiri, S., Gold, J., & Levenstein, C. (2005). *Net-cost model for workplace interventions*. Paper presented at the Proceedings from the Economic Evaluation of Health and Safety Interventions at the Company Level Conference.
- Landstad, B. J., Gelin, G., Malmquist, C., & Vinberg, S. (2002). A statistical human resources costing and accounting model for analysing the economic effects of an intervention at a workplace. *Ergonomics*, 45(11), 764-787.
- Laufer, A. (1987a). Construction accident cost and management safety motivation. *Journal of Occupational Accidents*, 8(4), 295-315.
- Leigh, J. P., Markowitz, S. B., Fahs, M., & Landrigan, P. J. (2000). *Costs of Occupational Injuries and Illnesses*. Ann Harbor, MI: University of Michigan Press.
- Leigh, J. P., Waehrer, G., Miller, T. R., & Keenan, C. (2004). Costs of occupational injury and illness across industries. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 30(3), 199-205.
- Leopold, E., & Leonard, S. (1987). Costs of Construction Accidents to Employers. *Journal of Occupational Accidents*, 8, 273-294.
- Levitt, E. R., Parker, H. W., Samelson, N. M. (1981). *Improving Construction Safety Performance: the user's role*. Stanford, CA: Stanford University.

- Miller, T. R. (1992). *The cost of injuries to employers: A NETS compendium*, Washington, DC : The Urban Institute.
- Miller, T. R. (1997). Estimating the costs of injury to U.S. employers. *Journal of Safety Research*, 28(1), 1-13.
- Monnery, N. (1998). The costs of accidents and work-related ill-health to a cheque clearing department of a financial services organisation. *Safety Science*, 31(1), 59-69.
- Neville, H. (1998). Workplace accidents: they cost more than you might think. *Industrial Management*, 40(1), 7-9.
- Oxenburgh, M. (1997). Cost-benefit analysis of ergonomics programs. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(2), 150-156.
- Paez, O., Uahinui, T., Genaidy, A., Karwowski, W., Sun, L., & Daraiseh, N. (2006). Estimating uninsured costs of work-related accidents, part II: an incidence-based model. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 247 - 260.
- Pearson, R. K. (2005). *Mining Imperfect Data: Dealing with Contamination and Incomplete Records*. Philadelphia: SIAM: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Simonds, R. H., & Grimaldi, J. V. (1956). *Safety management*. Homewood, Illinois: Irwin.
- Son, K. S., Melchers, R. E., & Kal, W. M. (2000). Analysis of safety control effectiveness. *Reliability Engineering and System Safety*, 68(3), 187-194.
- Sun, L., Paez, O., Lee, D., Salem, S., & Daraiseh, N. (2006). Estimating the uninsured costs of work-related accidents, part I: a systematic review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 227 - 245.
- Yelin, E. (2003). Cost of musculoskeletal diseases: impact of work disability and functional decline. *Journal of Rheumatology*, 68, 8-11.

Web sites:

Economic Burden of Illness in Canada (EBIC), 1998: <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ebic-femc98/pdf/ebic1998.pdf>

Statistics Canada: <http://www40.statcan.gc.ca/l02/cst01/econ46a-fra.htm>

Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (CSST), 2010:

[http://www.csst.qc.ca/publications/300/DC\\_300\\_275.htm](http://www.csst.qc.ca/publications/300/DC_300_275.htm)

## CHAPITRE 6

### **MISE EN RELATION DES NIVEAUX DE RISQUE ET DES COÛTS DES ACCIDENTS DE TRAVAIL**

Romain Jallon, Daniel Imbeau, Nathalie de Marcellis-Warin

Département de Mathématiques et de Génie Industriel,  
École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada



## 6.1. Résumé

L'évaluation des facteurs de risque est une étape clé du modèle d'intervention pour prévenir les situations de travail non sécuritaires. Toutefois, cette évaluation est difficilement justifiable économiquement dans la mesure où les coûts liés aux mauvaises conditions de travail ne sont pas systématiquement estimés dans les entreprises à cause de plusieurs difficultés dont une collecte de données rétrospective, longue et fastidieuse. La charge économique liée aux mauvaises conditions de travail est pourtant un incitatif de taille pour convaincre les preneurs de décision d'investir en SST. L'objectif de cette étude est de mettre en relation les niveaux de risque mesurés au moyen de méthodes d'évaluation des facteurs de risque avec les coûts directs et indirects des accidents de travail. Cette relation permettrait, au moment de l'évaluation du poste de travail, de bénéficier d'une double indication à la fois sur les niveaux de risque auxquels sont exposés les travailleurs et sur les coûts reliés à cette exposition au risque. Les niveaux de risque de 38 postes de travail ont été évalués avec le QEC et le FIOH puis mis en relation avec les coûts directs et indirects d'accidents survenus sur chacun de ces postes. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de corrélation significative entre les niveaux de risque mesurés par ces méthodes et les coûts directs et indirects. L'identification des facteurs de risque et le calcul des coûts doivent donc être réalisés de façon indépendante.

## 6.2. Introduction

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) au dos et aux membres supérieurs constituent un problème majeur ayant des retombées au niveau personnel, social et économique: ils affectent la majorité des pays industrialisés, réduisent la qualité de vie de ceux qui sont affectés et détériorent la productivité des milieux de travail (NRC/IM, 2001). Les lésions de type TMS sont la première cause d'incapacité au travail dans les pays développés (WHO, 2003). Bien que l'étiologie des TMS soit complexe, il est reconnu que des facteurs physiques et psychosociaux présents dans le milieu de travail peuvent en être à l'origine (NRC/IM, 2001). Environ 60 % des personnes vivant avec des TMS associent certaines de leurs douleurs à un travail actuel ou antérieur (Camirand, Bernèche, Cazale, Dufour & Baulne, 2010).

Les TMS découlent d'une rupture de l'équilibre entre les capacités du travailleur et les exigences de son travail (Kuorinka & Forcier, 1997 ; Marras, 2003). Il faut donc intervenir en modifiant les exigences de la tâche (en réduisant l'exposition aux facteurs de risque) pour rétablir l'équilibre, ce

qui suppose une intervention "ergonomique" en milieu de travail (Putz-Anderson, 1988 ; NRC/IM, 2001).

### **6.2.1 L'évaluation du risque, une étape centrale dans le processus d'intervention en prévention**

Le consensus dans la littérature scientifique en matière de modèle d'intervention en prévention des TMS comprend trois étapes (Denis, St-Vincent, Imbeau, Jette & Nastasia, 2008) :

- Analyses préliminaires : identifier les problèmes de TMS afin de prioriser les actions. Les variables les plus souvent utilisées sont les indicateurs de santé et les difficultés liées à la charge de travail (utilisation de données de la compagnie suivie de questionnaires administrés aux travailleurs).
- Diagnostic : décrire le travail et faire l'inventaire des facteurs de risque afin de trouver les causes ou les déterminants des problèmes identifiés. Cette étape de diagnostic peut être réalisée en utilisant des outils permettant de qualifier et de quantifier les facteurs de risque.
- Maîtrise du risque par la recherche de solutions appropriées : la solution peut être basée sur l'application de normes existantes, sur l'adaptation de normes, ou sur l'élaboration de nouveaux repères.

L'évaluation des facteurs de risque occupe une place centrale dans le processus d'intervention pour prévenir les TMS, notamment dans l'étape de diagnostic (Figure 1.2).

Afin de procéder à l'évaluation des facteurs de risque, des outils ont été développés par les chercheurs avec pour objectif d'aider les intervenants en SST à détecter les situations de travail qui présentent des risques, et ce, idéalement avant que des lésions ne se soient déclarées. Plusieurs outils ou méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque physiques de TMS ont été publiés dans la littérature scientifique ces dernières années (Li & Buckle, 1999 ; Imbeau, Nastasia & Farbos, 2004), mais peu d'études évaluent les avantages et les contraintes de chaque outil ou méthode afin d'orienter le choix du praticien en SST. Afin de répondre à cette problématique, Imbeau et Fradet (2004) ont analysé et comparé 21 outils d'évaluation des facteurs de risque de TMS. Leurs résultats indiquent que chaque outil combine différents facteurs de risque et des échelles d'évaluation qui lui sont propres et que peu d'outils ont fait l'objet d'une évaluation de leur validité et leur fiabilité. Cette étude conclut tout de même que le QEC se

démarque des autres outils. Le QEC est la seule méthode d'analyse des facteurs de risque validée avec l'implication systématique de praticiens et d'ergonomes. Cet outil ou questionnaire a été élaboré pour obtenir une série de scores (cou, dos, poignets, bras...) capable d'indiquer au à l'intervenant en santé et sécurité le niveau de risque auquel l'opérateur est soumis durant l'exécution de sa tâche.

De plus, cet outil est l'un des seuls à intégrer directement l'opinion du travailleur dans l'évaluation du niveau de risque à son poste de travail. Le QEC fait même partie intégrante du coffre à outil du programme d'amélioration continue utilisé dans des entreprises du secteur de fabrication de produits en matière plastique dans lesquelles la présente étude a été réalisée. Selon le niveau de certification de l'usine ou du département, un ou plusieurs postes de travail sont évalués en interne avec le QEC par du personnel formé à son utilisation et, selon les scores obtenus, le poste de travail est modifié ou non. À la suite des changements, le poste est réévalué pour déterminer si les modifications apportées ont permis de réduire le risque. Dans le programme d'amélioration continue de ces entreprises, un autre outil développé par le Finnish Institute of Occupational Health (appelé FIOH) (Ahonen, Launis & Kuorinka, 1989) est utilisé parallèlement au QEC. Le FIOH est un outil plus général qui n'est pas dédié spécifiquement à l'évaluation des TMS et qui ne rentrait donc pas dans l'étude comparative de Imbeau et Fradet (2004). Le FIOH propose une analyse ergonomique et les éléments qu'il évalue sont très variés (levées de charge, bruit, luminosité, communication entre les travailleurs, température du milieu de travail, etc.). Comme le QEC, il intègre l'opinion du travailleur dans l'évaluation du niveau de risque. Son contenu et sa structure font qu'il est bien adapté pour l'évaluation de la plupart des tâches industrielles et de manutention.

### **6.2.2 Intérêt de la mise en relation entre les niveaux de risque et les coûts des accidents**

Un avantage de compiler un score d'exposition aux facteurs de risque à un poste de travail est qu'il s'agit d'un indicateur prospectif et non rétrospectif – une situation de travail comportant un risque de TMS élevé peut être corrigée avant même qu'un événement n'y soit déclaré. L'utilisation d'indicateurs prospectifs permet dans une certaine mesure de justifier ou au moins de légitimer la mise en place de solutions pour éviter les accidents avant qu'ils ne surviennent.

Toutefois, pour convaincre les gestionnaires d'investir en prévention, l'expression des problématiques de SST dans un langage monétaire semble être une clé du succès (Fulwiler, 2000). L'évaluation des coûts des mauvaises conditions de travail passe par le calcul des coûts directs et indirects des accidents de travail. Si les coûts directs sont généralement accessibles, le calcul des coûts indirects comporte plusieurs difficultés (Jallon, Imbeau & de Marcellis-Warin, 2011a). De plus, le calcul des coûts indirects liés aux mauvaises conditions de travail passe forcément par une mesure rétrospective en proie à plusieurs biais (menaces de validité) qu'il convient de documenter et limiter (Grun, 2006). Par exemple, le poste de travail ne doit connaître aucune modification au cours de l'analyse, laquelle peut s'étaler sur plusieurs années. Stricoff (2000) se pose la question du nombre d'années nécessaires avant d'avoir un nombre de données significativement suffisant, et Lyon (1997) détermine le coût moyen des blessures en utilisant les statistiques d'accidents des trois à cinq années précédant l'évaluation.

Une solution à ces problématiques serait d'arriver à prévoir le coût des accidents, notamment pour s'affranchir d'une collecte de données remontant plusieurs années en arrière. Seules les études de Lanoie et Trottier (1998) et Lanoie et Tavenas (1996) présentent un modèle mathématique basé sur une analyse économétrique rigoureuse qui permet de prédire le nombre (et donc le coût) des accidents après la modification de situations de travail à risque. Peu d'efforts ont toutefois été menés dans la littérature scientifique pour comprendre et prédire les coûts des accidents de travail (Paez *et al.*, 2006), alors que l'utilisation d'un indicateur de coûts prospectif serait probablement un aspect particulièrement intéressant pour justifier un investissement ou la mise en place d'une mesure préventive avant même que l'implantation des correctifs n'ait été réalisée. Il s'agirait d'un outil d'aide à la décision efficace car il permettrait de prioriser les projets et de convaincre les dirigeants de libérer les ressources nécessaires tôt dans le processus de prévention.

La prédiction du coût des accidents passe peut-être par une association avec un bon indicateur prospectif tel que l'évaluation des facteurs de risque. Jusqu'à présent, la littérature scientifique ne compte aucune mise en relation directe entre le niveau de risque à un poste de travail tel qu'évalué par les méthodes d'évaluation des facteurs de risque d'accident et de blessure et le coût des mauvaises conditions de travail sur ce poste. L'existence d'une telle relation permettrait de préciser la réduction attendue du coût des accidents du travail en fonction de la diminution du niveau de risque à un poste de travail et d'évaluer les coûts liés aux investissements à réaliser en

matière de prévention selon des seuils d'exposition au risque, et donc d'utiliser les coûts des accidents comme un indicateur prospectif et non rétrospectif comme c'est le cas actuellement dans la littérature scientifique.

L'étude présentée ici propose d'explorer l'existence d'une relation entre le niveau de risque tel que mesuré par les méthodes d'évaluation des facteurs de risque à un poste de travail et les coûts des accidents sur ce poste.

### **6.3. Méthodologie**

#### **6.3.1 Échantillon**

Cette étude a été menée dans 4 entreprises de 2 secteurs d'activités : fabrication de produits en matières plastiques (2 entreprises) et foresterie (2 entreprises). Il s'agit de 4 entreprises (les entreprises C, E, H et I) parmi 10 au total dans lesquelles deux autres études (Jallon, Imbeau & de Marcellis-Warin, 2011b, 2011c) ont déjà été menées. La description des entreprises (chiffre d'affaires, masse salariale, nombre d'employés) est présentée au tableau 2.1. Ces 4 entreprises ont été retenues car leurs fichiers de statistiques d'accidents sont complets et à jour et donc exploitables pour la mise en relation entre les niveaux de risque et les coûts.

Au total, 38 postes de travail ont été sélectionnés pour participer à cette étude dans les 4 entreprises. Ces postes de travail ont été ciblés par les directeurs SST et RH des entreprises comme potentiellement à risque. Ces personnes se sont basées sur les statistiques d'accidents et les commentaires des travailleurs et des contremaîtres pour sélectionner ces postes.

#### **6.3.2 Choix des méthodes d'évaluation du niveau de risque**

Le QEC a été choisi comme outil d'évaluation des facteurs de risque de TMS pour cette étude en raison de sa facilité d'utilisation, du fait qu'il intègre l'opinion du travailleur et qu'il ait été validé par plusieurs intervenants en SST (Section 6.2.1)

Afin d'obtenir un niveau de risque plus global en plus du niveau de risque de TMS évalué avec le QEC, le FIOH a également été retenu pour l'évaluation des facteurs de risque. Même si son utilisation n'a pas été validée comme celle du QEC, ses caractéristiques (évaluation d'éléments variés, facilité d'utilisation, prise en compte de l'opinion du travailleur) et le fait qu'il soit utilisé régulièrement par les entreprises du secteur de fabrication de matières plastiques au sein du

programme d'amélioration continue nous a poussé à le sélectionner comme seconde méthode d'évaluation des facteurs de risque.

Pour chaque évaluation avec le QEC, un niveau d'exposition E, variant entre 0 et 1, a été calculé à partir de la somme X des scores de QEC indépendants aux différentes parties du corps (dos, épaule/bras, poignet/main et cou) divisée par le score maximal atteignable  $X_{\max}$  ( $E = X / X_{\max}$  ;  $X_{\max} = 176$  pour les tâches de manutention et  $X_{\max} = 162$  pour les autres tâches (Brown & Li, 2003)). Pour chaque poste de travail sélectionné, de une à quatre évaluations ont été réalisées en utilisant le QEC. La moyenne de ces évaluations a été utilisée pour calculer le score de QEC associé au poste de travail.

Le poste de laminage de l'entreprise E comprenant deux activités distinctes (laminage et manutention) impossibles à évaluer conjointement au moyen d'une seule évaluation avec le QEC, deux analyses ont été conduites, l'une sur la tâche de laminage, l'autre sur la tâche de manutention.

Un score global de FIOH a également été compilé pour chaque poste de travail. Pour chacun des 14 points évalués (poste de travail, charge physique globale, éclairage, bruit, environnement thermique, etc.), le travailleur a le choix entre 4 degrés d'appréciation et l'évaluateur entre 4 ou 5 degrés. Lors de la compilation des résultats, la même importance a été accordée au score de l'évaluateur qu'à celle du(des) travailleur(s). Par exemple, au point d'évaluation 1 où il y a 4 degrés d'appréciation pour l'évaluateur, si deux travailleurs sont interrogés, la formule utilisée est la suivante :

$$\left( \frac{\text{Score de l'évaluateur}}{3} + \frac{\left( \frac{\text{Score du 1er travailleur}}{3} + \frac{\text{Score du 2eme travailleur}}{3} \right)}{2} \right) \times 10$$

Le score de FIOH global (entre 0 et 10) est obtenu en faisant la moyenne des scores de chaque point évalué.

Au final, un score de QEC et de FIOH moyen est obtenu pour chaque poste de travail sélectionné. Les évaluations des postes ont eu lieu en 2006 et 2007 et aucun poste n'avait fait l'objet de modifications depuis les trois dernières années. Trois postes de travail ont en revanche été modifiés après la première évaluation (à l'été 2007) : les postes de perçage et de laminage de l'entreprise C et le poste de cirage de l'entreprise E. Une nouvelle évaluation des facteurs de risque sur ces trois postes a été réalisée 6 mois après l'implantation des correctifs.

### **6.3.3 Recoupement avec la base de données des statistiques d'événements**

Des recoupements ont été réalisés à partir des fichiers de statistiques d'événements des entreprises afin de dresser la liste des accidents survenus sur chaque poste de travail évalué avec le QEC et le FIOH. Les statistiques d'événements, tenues par un responsable dans chaque compagnie, étaient homogènes entre les entreprises, complètes et à jour. Pour chaque accident de travail, les informations contenues dans le fichier de statistiques d'événements regroupent des informations telles que le nom du travailleur blessé, la date de l'événement, la partie du corps touchée, le poste de travail, la nature de l'accident, une description détaillée de l'événement ainsi que des informations concernant la situation du travailleur après l'événement (premiers soins, visite médicale) et la réalisation ou non d'une enquête et analyse d'accident associée à l'événement. Les accidents de travail de type TMS ont été différenciés des autres événements afin de pouvoir les associer indépendamment au score de QEC.

Les évaluations des postes de travail avec le QEC et le FIOH ayant eu lieu en 2006 et 2007 et aucun poste de travail n'ayant subi de modifications au cours des trois années précédant leur évaluation, la période de recoupement s'est échelonnée de 2005 à 2008 dans les entreprises du secteur de fabrication de produits en matière plastique, et de 2004 à 2009 dans le secteur de la foresterie. Le recoupement avec la base de données de statistiques d'événements a été ajusté, pour les trois postes ayant fait l'objet de modifications, selon que les événements étaient survenus avant ou après les modifications. Seuls deux de ces postes, le poste de laminage de l'entreprise C et le poste de cirage de l'entreprise E, ont connu des événements après les modifications.

Au total, 593 événements, dont 195 de type TMS, ont été associés aux postes de travail évalués. Le tableau 6.1 présente, pour chaque entreprise, le nom des postes de travail évalués, le nombre d'événements sur chaque poste (de type TMS ou non), et la période de recoupement avec la base de données de statistiques d'accidents.

**Tableau 6.1 :** Nom du poste de travail, nombre d'événements, nombre d'événements de type TMS et période de recoupement avec la base de données de statistiques d'accidents

Entreprise	Poste de travail	Nombre d'événements	Nombre d'événements TMS	Période
C	Démoulage	12	8	2005-2008
C	Empilage	2	0	2005-2008
C	Polissage	7	3	2005-2008
C	Laminage	30	7	2005-2007
C	Modifié : laminage	11	2	2008
C	Perçage	7	4	2005-2008
C	Robot gelcoat	10	2	2005-2008
E	Cirage	2	2	2005-2007
E	Modifié : cirage	1	1	2008
E	Démoulage	17	5	2005-2008
E	Polissage	30	9	2005-2008
E	Perçage	36	7	2005-2008
E	Laminage	172	32	2005-2008
E	Laminage manutention		27	2005-2008
H	Bouturage	8	0	2004-2008
H	Désherbage sur passerelle	11	1	2004-2008
H	Éclaircie sur table	5	1	2004-2008
H	Emballage de ballots	8	4	2004-2008
H	Empotage	11	3	2004-2008
H	Entrée en tunnel	14	4	2004-2008
H	Expédition des ballots de plants	1	0	2004-2008
H	Mise en bac des plants	11	4	2004-2008
H	Repiquage manuel de boutures	10	3	2004-2008
H	Secouage des plants	4	2	2004-2008
H	Sortie de tunnel	32	21	2004-2008
H	Triage de plants racines nues	48	14	2004-2008



**Tableau 6.1 :** Nom du poste de travail, nombre d'événements, nombre d'événements de type TMS et période de recoupement avec la base de données de statistiques d'accidents (suite)

Entreprise	Poste de travail	Nombre d'événements	Nombre d'événements TMS	Période
I	Repiquage de plants racines nues	9	2	2004-2009
I	Classification de plants	9	3	2004-2009
I	Éclaircie sur table (tunnel)	8	3	2004-2009
I	Désherbage racines nues sarclage	3	0	2004-2009
I	Emballage des ballots- manipulation	7	2	2004-2009
I	Empotage	3	1	2004-2009
I	Empotage palettisation	1	1	2004-2009
I	Empotage préparation	3	1	2004-2009
I	Expédition racines nues	1	0	2004-2009
I	Mise au champ récipients suite à empotage	10	1	2004-2009
I	Protection hivernale	7	1	2004-2009
I	Sortie des tunnels des récipients	11	4	2004-2009
I	Taille de bourgeon de peuplier	2	1	2004-2009
I	Triage après extraction en racines nues	19	9	2004-2009
<b>TOTAL</b>	<b>40 postes</b>	<b>593</b>	<b>195</b>	

#### 6.3.4 Calcul des coûts directs et des coûts indirects

À partir de la liste des 593 événements, des recoupements ont été faits afin d'obtenir les informations contenues dans chaque dossier ouvert auprès du régime d'assurance collectif (CSST au Québec) et notamment les coûts directs (montant versé par la CSST pour l'événement). Les coûts directs ne sont disponibles que pour les accidents avec perte de temps des entreprises C, E et I, l'entreprise J n'ayant pas souhaité que nous accédions à ces données confidentielles. Des recoupements ont également été réalisés avec les fichiers de suivi de l'assignation temporaire de chaque entreprise afin de connaître, pour chaque événement ayant occasionné des travaux légers, sa durée ainsi que la productivité du travailleur.

Les coûts indirects ont été calculés au moyen de l'outil de calcul des coûts indirects présenté dans une étude précédente des mêmes auteurs (Jallon *et al.*, 2011b). Ce calculateur, basé sur une cartographie du processus organisationnel à deux niveaux, fonctionne avec les données propres à

chaque événement obtenues dans les fichiers de statistiques d'accidents, de l'organisme d'assurance collective et de l'assignation temporaire telles que le type d'accident (événement avec premiers soins, événement avec visite médicale, etc.), le nombre de jours d'arrêt de travail et de travaux légers, la productivité du travailleur pendant cette période. Le calculateur avait déjà été développé et utilisé dans une étude précédente (Jallon *et al.*, 2011c) dans chacune de ces entreprises.

Pour chacun des 593 événements reliés à un poste de travail pour lequel le niveau de risque a été évalué, les coûts indirects ont été chiffrés grâce au calculateur. Une base salariale de 2009 a été utilisée afin d'éliminer l'effet de l'année lors des analyses. Le coût indirect de chaque événement a été standardisé par entreprise pour éliminer l'effet d'entreprise. En effet, les coûts indirects d'un même type d'événement sont différents selon les entreprises (par exemple, un événement avec visite médicale et enquête et analyse d'accident coûte respectivement 172.7 \$ pour l'entreprise C contre 399.2 \$ pour l'entreprise E). Le coût direct n'a pas été standardisé puisqu'il émane de la même institution pour toutes les entreprises (régime d'assurance collective), mais il a été actualisé pour chaque événement survenu entre 2004 et 2008, sur une base annuelle de 2009 à partir de l'indice des prix à la consommation (Statistique Canada).

Deux bases de données ont finalement été créées : une base de données de 593 événements comprenant pour chaque événement le score de FIOH, le coût indirect et le coût direct (pour les événements ayant occasionné une perte de temps) et une autre de 195 événements de type TMS comprenant le score de QEC, le coût indirect et le coût direct.

### **6.3.5 Mise en relation des niveaux de risque et des coûts directs et indirects**

Le logiciel « Statistical Program for Social Sciences » pour Windows (SPSS, version 16) a été utilisé pour analyser les deux bases de données : statistiques descriptives et corrélations. Un niveau de significativité de 0,05 ( $p\text{-value} < 0,05$ ) a été retenu. L'objectif est d'identifier si des corrélations existent entre le niveau de risque et les coûts indirects d'une part et entre le niveau de risque et les coûts directs d'autre part.

Les indices de distribution ont été calculés afin d'étudier la normalité de chacune des variables « QEC », « coût indirect standardisé » et « coût direct » et sont présentés dans le tableau 6.2.

**Tableau 6.2 :** Indices de distribution des variables « QEC », « coût indirect standardisé » et « coût direct »

	QEC	Coût indirect standardisé	INV (Coût indirect standardisé)	Coût direct	LN (Coût direct)
Coefficient d'asymétrie	-0,442	3,794	-0,504	3,064	-0,288
Coefficient d'aplatissement	1,206	19,101	-1,114	9,458	0,989

Si les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement ont des valeurs comprises entre -1,25 et 1,25 alors il est possible de considérer que la distribution de la variable suit une loi normale (Hair, Tatham, Anderson & Black, 1998). Les valeurs des coefficients d'asymétrie et d'aplatissement des variables « coût indirect standardisé » et « coût direct » ne rentrant pas dans les limites de -1,25 à 1,25, une transformation inverse a été appliquée à « coût indirect standardisé » et logarithmique à « coût direct » pour que ces variables respectent le critère de normalité.

La même démarche a été appliquée pour les analyses avec le FIOH, les indices de distribution étant présentés au tableau 6.3.

**Tableau 6.3 :** Indices de distribution des variables « FIOH », « coût indirect standardisé » et « coût direct »

	FIOH	Coût indirect standardisé	INV (Coût indirect standardisé)	Coût direct	LN (Coût direct)
Coefficient d'asymétrie	0,730	6,063	-1,239	3,946	0,156
Coefficient d'aplatissement	0,133	49,648	0,624	16,633	1,221

#### 6.4. Résultats

La matrice de corrélation entre les variables « QEC », « INV (Coût indirect standardisé) » et « LN (Coût direct) » est présentée au tableau 6.4.

**Tableau 6.4 :** Valeur des coefficients de corrélation de Pearson et p-value des variables « QEC », « INV (Coût indirect standardisé) » et « LN (Coût direct) »

	QEC	INV (Coût indirect standardisé) (N=195)	LN (Coût direct) (N=57)
QEC	1	0,027 (p=0,712)	0,062 (p=0,645)
INV (Coût indirect standardisé)		1	-0,499 (p=0,000)
LN (Coût direct)			1

Il ne semble pas y avoir de corrélation entre le QEC et les coûts indirects (p=0,712), ni entre le QEC et les coûts directs (p=0,645).

La matrice de corrélation entre les variables « FIOH », « INV (Coût indirect standardisé) » et « LN (Coût direct) » est présentée au tableau 6.5.

**Tableau 6.5 :** Valeur des coefficients de corrélation de Pearson et p-value des variables « FIOH », « INV (Coût indirect standardisé) » et « LN (Coût direct) »

	FIOH	INV (Coût indirect standardisé) (N=593)	LN (Coût direct) (N=95)
FIOH	1	-0,049 (p=0,236)	0,059 (p=0,570)
INV (Coût indirect standardisé)		1	-0,439 (p=0,000)
LN (Coût direct)			1

Il ne semble pas y avoir de corrélation entre le FIOH et les coûts indirects (p=0,236), ni entre le FIOH et les coûts directs (p=0,570). Les variables « FIOH » et « INV (Coût indirect standardisé) » sont indépendantes, tout comme les variables « FIOH » et « LN (Coût direct) ».

Certaines analyses supplémentaires ont été conduites pour tenter de trouver une dépendance entre les niveaux de risque et les coûts indirects et directs.

- Analyse par entreprise : Les mêmes analyses ont été menées indépendamment par entreprise. La variable coût indirect a subi une transformation logarithmique (pour respecter la normalité) puis les coefficients de corrélation ont été calculés entre les variables « QEC », « FIOH » et « LN (Coût indirect) » pour chaque entreprise. Les coûts directs n'ont pas été inclus à cause d'un nombre de données trop faible par entreprise. Les résultats sont présentés au tableau 6.6 :

**Tableau 6.6** : Valeur des coefficients de corrélation de Pearson et p-value des variables « QEC » et « LN (Coût indirect) » ainsi que « FIOH » et « LN (Coût indirect) » pour chaque entreprise.

Coefficients de corrélation	Entreprise C	Entreprise E	Entreprise I	Entreprise J
QEC et LN (Coût indirect)	-0,153 p=0,455 N=26	0,198 p=0,073 N=83	-0,241 p=0,071 N=57	-0,116 p=0,550 N=29
FIOH et LN (Coût indirect)	-0,065 p=0,566 N=79	0,149 p=0,016* N=258	-0,045 p=0,570 N=163	0,016 p=0,879 N=93

Pour l'entreprise E, il semble y avoir une corrélation significative ( $p=0,016$ ) entre le FIOH et les coûts indirects mais cette corrélation est faible ( $r=0,149$ ). La corrélation montre que plus le score de FIOH est important, plus les coûts indirects sont grands. Dans tous les autres cas, il n'y a pas de corrélation significative.

- Analyse par poste de travail : les coûts indirects moyens standardisés ont été calculés pour chaque poste de travail afin de limiter l'effet de poids lorsque beaucoup d'événements ont été déclarés à un poste de travail. Les coefficients de Spearman ont été évalués entre le QEC et le FIOH et les coûts indirects standardisés moyens par poste de travail. Le coefficient de corrélation est non significatif de 0,092 ( $N=35$ ,  $p=0,601$ ) entre le QEC et le coût indirect standardisé moyen et non significatif de 0,129 ( $N=40$ ,  $p=0,420$ ) entre le FIOH et le coût indirect standardisé.
- Analyse ciblée avec le FIOH pour les postes de travail avec plus de 10 événements : la base de données a été allégée pour ne contenir que les 19 postes de travail pour lesquels

plus de 10 événements sont associés, afin d'éliminer l'effet des postes de travail associés à peu d'événements. Les coefficients de corrélation de Pearson ont été calculés entre le FIOH et la transformée inverse des coûts indirects standardisés (INV (Coût indirect standardisé)) pour les 19 postes de travail. Le coefficient est non significatif et s'élève à -0,079 (N=454, p=0,092).

- Analyse orientée sur la partie du corps impliquée dans l'événement : une dernière analyse a été menée avec pour objectif d'utiliser le score de QEC indépendant de chaque partie du corps sollicitée au cours de la tâche (dos, épaule/bras, main/poignet, cou) plutôt que le score de QEC global. En effet, l'utilisation du score de QEC global peut conduire à une dilution d'un niveau de risque élevé à une partie du corps lorsque le niveau de risque aux autres parties est faible. Pour cette analyse, si la blessure ayant conduit à un accident de travail concerne le dos, son coût indirect est mis en relation avec le score de QEC au dos du poste de travail sur lequel l'événement a eu lieu. Les événements de type TMS ont été classés en quatre catégories selon le siège de la lésion (dos, bras/épaule, poignet/main, cou), cette information étant disponible dans le fichier de statistiques d'événements et mise en relation avec les coûts indirects des événements survenus sur chaque poste de travail. Les coefficients de corrélation de Pearson ont été calculés à partir de cette nouvelle base de données associant l'inverse du coût indirect standardisé (INV (Coût indirect standardisé)) avec le score de QEC indépendant de la partie du corps impliquée lors de l'accident de travail et pour laquelle une blessure est survenue. Les résultats montrent un coefficient de corrélation de 0,005 (N=160) non significatif (p=0,948) entre ces variables.

Enfin, les résultats des tableaux 6.4 et 6.5 montrent une corrélation significative ( $p < 0,05$ ) entre les variables LN (Coût direct) et INV (Coût indirect standardisé). Plus les coûts directs sont élevés, plus les coûts indirects sont élevés. Cette corrélation avait déjà été identifiée dans un article précédent des mêmes auteurs (Jallon *et al.*, 2011c).

## 6.5. Discussion

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre les niveaux de risque évalués avec le QEC et le FIOH et les coûts directs et indirects des accidents de travail. L'évaluation d'un niveau de risque au moyen du QEC ou du FIOH doit donc être réalisée indépendamment de l'évaluation

des coûts. Cette indépendance fait qu'il est plus difficile de convaincre les intervenants en SST d'évaluer les facteurs de risque car, à la lumière des résultats de cette étude, cette évaluation ne semble pas reliée à un incitatif économique direct. L'évaluation du niveau de risque est pourtant considérée comme un bon indicateur prospectif pour détecter une situation de travail à risque - le niveau de risque peut être élevé même si il n'y a pas eu d'événement sur le poste évalué - et elle fournit à l'utilisateur de nombreuses pistes pour la mise en place d'actions correctives afin d'améliorer le poste de travail. Stricoff (2000) incite d'ailleurs à délaisser des indicateurs rétrospectifs basés sur les statistiques d'accidents (auxquelles un coût peut être rattaché) pour des indicateurs « prospectifs », tels que la mesure de l'exposition au risque, pour évaluer un programme de prévention. Petersen (1998) avance également que les statistiques d'accidents ne représentent pas un bon indicateur de la bonne gestion en SST d'une entreprise et ne permettent pas de conclure si un programme de prévention a obtenu de bons résultats.

En révélant une relation associant les coûts et les niveaux de risque, cette étude aurait rendu possible l'utilisation d'un indicateur économique, bon incitatif à l'investissement en prévention, au moment de l'analyse du poste de travail par un outil d'évaluation des facteurs de risque. L'échec de cette mise en relation ne fait qu'augmenter la nécessité de développer des méthodes de calcul des coûts les plus prospectives possibles. Pour ce faire, il faut limiter le temps et la difficulté de la collecte de données et rendre possible l'utilisation de méthodes d'évaluation des coûts lors de l'étude de différents scénarios d'implantation d'actions préventives, par exemple via des analyses de sensibilité.

Pour les postes de travail ayant subi des modifications (les postes de perçage et de laminage de l'entreprise C et le poste de cirage de l'entreprise E), les données montrent, entre avant et après les modifications, que les coûts indirects moyens sont restés constants pour le poste de cirage (malgré une diminution des scores de QEC et de FIOH), qu'ils ont augmenté pour le poste de laminage de 1075,6 \$ à 1964,3 \$ (malgré une diminution des scores de QEC mais une augmentation du score du FIOH) et qu'ils ont diminué pour le poste de perçage de 782,1 \$ à 0 \$, puisqu'il n'y a pas eu d'événement après les modifications (malgré une augmentation des scores de QEC et de FIOH). Il faut toutefois nuancer ces résultats car la partie de l'évaluation du travailleur de ces postes de travail n'a pas été réalisée par la même personne avant et après les modifications. De plus, la période de recoupement avec les statistiques d'accidents s'étale sur trois ans avant les modifications contre une année seulement après les modifications.

Les 4 entreprises retenues pour cette étude nous ont servi de terrain d'essai pour tester l'existence de la relation entre les niveaux de risque et les coûts directs et indirects des accidents de travail. Un nombre relativement faible de couples QEC/coûts et FIOH/coûts ont été exploités. Lors de futures recherches, des analyses similaires pourraient être menées avec un nombre plus important de couples score d'exposition/coûts et des mises en relation pourraient être effectuées avec d'autres méthodes de calcul de coûts ou d'évaluation prospective des niveaux de risque, comme par exemple OCRA, RULA, REBA, OWAS (etc.), afin de confirmer l'indépendance des niveaux de risque et des coûts directs et indirects.

Les résultats montrent qu'il est impossible de pouvoir obtenir une estimation fiable de coûts (directs ou indirects) à partir d'un score de QEC ou de FIOH ni même d'affirmer que les coûts augmentent lorsque le niveau de risque, tel que mesuré par les méthodes d'évaluation des facteurs de risque, augmente. Dans cette étude, les coûts directs et indirects des accidents de travail dépendent de l'événement. Pour expliquer ce manque de corrélation, on peut se demander quels sont les éléments qui déclenchent un accident de travail. L'identification des causes conduisant à un accident de travail constitue un domaine de recherche à part entière. Sklet (2004) réalise une description sommaire des méthodes d'investigation des accidents les plus reconnues et les plus utilisées. L'utilisation de ces méthodes d'investigation permet d'identifier les causes des accidents afin qu'ils ne se produisent plus.

Dastous, Nikiema, Maréchal, Racine & Lacoursière (2008) décrit les causes fondamentales des accidents comme étant l'erreur humaine, les défaillances technologiques et les défaillances organisationnelles. L'hypothétique relation entre le niveau de risque mesuré par le QEC et le FIOH et les coûts est donc sans doute affaiblie par le fait que les causes des accidents de travail sont multiples (Gardner, Cross, Fonteyn, Carlopio & Shikdar, 1999 ; Katsakiori, Kavvathas, Athanassiou, Goutsos & Manatakis, 2010) et que ces outils ne sont pas capables de mesurer toutes les causes pouvant conduire à un accident de travail. Si ces outils évaluent bien les risques liés à l'environnement de travail proche, ils sont moins efficaces pour appréhender les problèmes inhérents à la formation, à la philosophie de gestion, au contrôle du travail, à l'erreur humaine, à la capacité physique du travailleur, même si certains de ces aspects sont partiellement pris en compte dans l'évaluation du travailleur. De plus, le niveau de risque moyen, évalué à partir de 1 à 4 évaluations par poste de travail, peut probablement augmenter pour un travailleur en particulier ou une période précise : condition physique personnelle, travailleur moins habitué à la tâche,



fatigue excessive, heures supplémentaires, changement d'outil ou de matière première (etc.). Un autre biais est aussi relié à la mobilité des travailleurs : un travailleur qui œuvre à un poste de travail physiquement contraignant peut demander une réaffectation à un poste de travail moins difficile et se blesser sur ce poste. La blessure associée à une exposition peut donc se produire ailleurs que là où le risque est présent.

Peut-être que, lors de futures recherches, un effort particulier devrait être investi pour que la relation niveau de risque/coûts soit établie au niveau de l'événement et du travailleur plutôt qu'au niveau du poste de travail. Le niveau de risque devrait donc être évalué pour le travailleur blessé sur l'ensemble des postes de travail où il a œuvré sur une période de temps préétablie, pour prendre en compte un historique de son exposition. Un niveau d'exposition global pourrait être alors être compilé à partir des durées d'exposition et des niveaux de risque évalués sur chacun des postes de travail où le travailleur blessé a travaillé sur la période définie.

Pour rendre possible une telle collecte de données, des ressources devront être investies pour réaliser :

- un suivi serré des travailleurs et de leur ancienneté aux différents postes de travail occupés ;
- une évaluation des facteurs de risque au moyen des méthodes d'exposition aux facteurs de risque à chaque poste occupé et à chaque fois qu'un événement survient.

Un système informatique de collecte de données d'accidents de travail rigoureux devrait également être implanté dans les entreprises afin de disposer de données complètes pour la mise en relation des niveaux de risque et des coûts.

## **6.6. Conclusion**

Cette étude montre qu'il n'y a pas de corrélation entre les niveaux de risque et les coûts directs et indirects. L'évaluation du niveau de risque au moyen du QEC ou du FIOH devrait donc être réalisée indépendamment de celle des coûts directs et indirects. Chacune de ces évaluations a pourtant son intérêt : l'évaluation des facteurs de risque fournit une information prospective et permet de détecter et de corriger des situations de travail à risque avant même qu'une lésion n'ait été déclarée. L'évaluation économique est utile pour convaincre les preneurs de décision d'investir en SST. Même si très peu de méthodes de calcul des coûts permettent d'évaluer les coûts de mauvaises situations de travail de façon prospective (i.e., avant qu'un événement

survivance), les chercheurs devraient faire progresser les méthodes existantes afin de rendre leur utilisation plus systématique dans les milieux de travail. Un point d'amélioration intéressant serait de rendre les méthodes d'évaluation des coûts suffisamment flexibles pour qu'elles puissent être utilisées dans le cadre d'analyses de sensibilité afin de justifier l'intérêt économique de mesures préventives avant l'implantation des correctifs. Des travaux de recherche additionnels pourraient également être entrepris, avec une méthodologie et des outils différents afin de confirmer l'indépendance entre les niveaux de risque et les coûts des accidents.

### **6.7. Remerciements**

Les auteurs remercient grandement les personnes (dont le nom est confidentiel) qui nous ont fourni les données d'entreprise nécessaires à la réalisation de cette étude. Cette recherche a été supportée par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail - IRSST et par le Conseil de Recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).

### **6.8. Intérêt pour l'industrie**

L'évaluation du niveau de risque au moyen d'un outil d'évaluation reconnu tel que le QEC ou le FIOH permet de détecter les situations de travail à risque auxquelles sont exposés les travailleurs, avant même qu'un accident se soit produit. Ce niveau de risque est à priori déconnecté d'une connotation économique puisque le coût des mauvaises conditions de travail est généralement associé à une collecte de données rétrospective – des accidents ont donc dû avoir lieu pour que le calcul puisse être réalisé. En identifiant une relation entre le niveau de risque et les coûts directs et indirects liés à l'exposition à ce niveau de risque, cette étude aurait permis d'obtenir une information économique lors de l'évaluation des facteurs de risque à un poste de travail. La disponibilité de cette information économique, importante pour convaincre les preneurs de décisions d'investir en SST, au moment de l'évaluation des facteurs de risque, aurait permis de favoriser la prise en charge des situations de travail à risque par les intervenants dans les milieux de travail.

## 6.9. Références

- Ahonen, M., Launis, M., Kuorinka, T. (1989). *Ergonomics Workplace Analysis*. Ergonomic Section, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki.
- Brown R. and Li G., (2003), *The development of action levels for the “ Quick Exposure Check (QEC) system ”*, In: *Contemporary Ergonomics 2003*, London: Taylor & Francis, 41-46.
- Camirand, H., Bernèche, F., Cazale, L., Dufour, R. & Baulne, J. (2010). *L'enquête québécoise sur la santé de la population, 2008 : pour en savoir plus sur la santé des Québécois*. Québec, Québec : Institut de la statistique du Québec.
- Dastous, P. A., Nikiema, J., Maréchal, D., Racine, L., & Lacoursière, J. P. (2008). Risk management: All stakeholders must do their part. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21(4), 367-373.
- Denis, D., St-Vincent, M., Imbeau, D., Jette, C., & Nastasia, I. (2008). Intervention practices in musculoskeletal disorder prevention: A critical literature review. *Applied Ergonomics*, 39(1), 1-14.
- Fulwiler, R. D. (2000). Building the Business Case for Health and Safety. *Occupational Hazards*, 62, 13-16.
- Gardner, D., Cross, J. A., Fonteyn, P. N., Carlopio, J., & Shikdar, A. (1999). Mechanical equipment injuries in small manufacturing businesses. *Safety Science*, 33, 1-12.
- Grun, R. E. (2006). *Monitoring and evaluation Projects: A step-by-step Primer on Monitoring, Benchmarking, and Impact Evaluation*. Health, Nutrition and Population (HNP) Discussion Paper, The World Bank, Washington, DC.
- Hair, J. F., Tatham, R. L., Anderson, R. E., & Black, W. (1998). *Multivariate Data Analysis, Fifth Edition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc.
- Imbeau, D., & Fradet, C. (2004). Outils d'évaluation des facteurs de risque de TMS. Présentation aux ergonomes de la Direction de la prévention-inspection. Montréal, QC.

- Imbeau, D., Nastasia, I., Farbos, B. (2004). *Troubles musculo-squelettiques: évaluation et conception du travail (Chapitre 18)*. Dans : *Manuel d'hygiène du travail: du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*, Montréal, QC: Modulo-Griffon.
- Jallon, R., Imbeau, D., & de Marcellis-Warin, N. (2011a). Development of an indirect-cost calculation model suitable for workplace use. *Journal of Safety Research*, Accepted for publication.
- Jallon, R., Imbeau, D., & De Marcellis-Warin, N. (2011b). A process mapping model for calculating indirect costs of workplace accidents. *Journal of Safety Research*, Accepted for publication.
- Jallon, R., Imbeau, D., & De Marcellis-Warin, N. (2011c). Application of a process mapping based model for the assessment of indirect costs of work-related accidents. *Accident analysis and prevention*, Submitted for publication.
- Katsakiori, P., Kavvathas, A., Athanassiou, G., Goutsos, S., & Manatakis, E. (2010). Workplace and organizational accident causation factors in the manufacturing industry. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(1), 2-9.
- Kuorinka, I. et Forcier, L. (1995). *Les lésions attribuables au travail répétitif – Ouvrage de référence sur les lésions musculo-squelettiques liées au travail*. Sainte-Foy: Québec, Multi-mondes/IRSST/Maloiné.
- Lanoie, P., & Tavenas, S. (1996). Costs and benefits of preventing workplace accidents: The case of participatory ergonomics. *Safety Science*, 24(3), 181-196.
- Lanoie, P., & Trottier, L. (1998). Costs and Benefits of Preventing Workplace Accidents: Going from a Mechanical to a Manual Handling System. *Journal of Safety Research*, 29(2), 65-75.
- Li, G., & Buckle, P. (1999). *The development of a practical method for the exposure assessment of risks to work-related musculoskeletal disorders*. University of Surrey: European Institute of Health and Medical Sciences.

- Lyon, B. K. (1997). Ergonomic benefit/cost analysis: Communicating the value of enhancements. *Professional Safety*, 42(3), 33-36.
- Marras, W. S. (2003). The case for cumulative trauma in low back disorders. *The Spine Journal*, 3, 177-179.
- National Research Council/Institute of Medicine (NRC/IM) (2001). *Musculoskeletal Disorders and the Workplace - Low back and Upper extremities*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Paez, O., Uahinui, T., Genaidy, A., Karwowski, W., Sun, L., & Daraiseh, N. (2006). Estimating uninsured costs of work-related accidents, part II: an incidence-based model. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 247 - 260.
- Petersen, D. (1998). What measures should we use, and why? Measuring safety system effectiveness. *Professional Safety*, 43(10), 37-40.
- Putz-Anderson, V. (1988). *Cumulative trauma disorders – A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. London: Taylor et Francis.
- Sklet, S. (2004). Comparison of some selected methods for accident investigation. *Journal of Hazardous Materials*, 111, 29-37.
- Stricoff, R. S. (2000). Safety performance measurement: identifying prospective indicators with high validity. *Professional Safety*, 45(1), 36-39.
- WHO Scientific Group (2003). *The burden of MS conditions at the start of the new millenium*. Geneva: World Health Organization.

Sites Internet :

Statistique Canada : <http://www40.statcan.gc.ca/102/cst01/econ46a-fra.htm>

## CHAPITRE 7 : DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif principal de cette thèse était de développer un outil de calcul des coûts indirects adapté à une utilisation par les intervenants en SST sur le terrain. L'outil développé lors de cette recherche puise ses bases dans une analyse critique de la littérature (chapitre 3). Ces bases ont été identifiées afin de rendre l'outil d'évaluation des coûts indirects adapté aux contraintes de temps et de précision des intervenants en SST. En intégrant ces bases dans le développement de l'outil, ce dernier dispose de caractéristiques qui le différencient des autres outils existants dans la littérature scientifique. Ces caractéristiques seront passées en revue dans la première partie de ce chapitre. La seconde partie de cette discussion est dédiée aux améliorations à apporter à l'outil de calcul des coûts indirects afin de rendre son utilisation plus conviviale et systématique lors du processus de prévention des situations de travail à risque. Les troisième et quatrième études (chapitres 5 et 6) montrent des résultats concrets de l'utilisation de l'outil dans différents milieux de travail. Ces résultats apportent des pistes de recherche pour de futurs travaux consacrés à l'évaluation des coûts indirects qui seront discutées dans la dernière section de cette discussion.

### 7.1. Caractéristiques de l'outil d'évaluation des coûts indirects

L'outil mis en place dans cette étude se démarque nettement des méthodes d'évaluation des coûts indirect basées sur une approche « top-down » (Leigh, Markowitz, Fahs & Landrigan, 2000 ; Leigh, Waehrer, Miller & Keenan, 2004 ; Miller 1992, 1997 ; Hinze, Devenport & Giang, 2006) qui fournit un coût indirect moyen, agrégé à partir d'informations contenues dans des bases de données globales ou nationales et en utilisant certaines hypothèses, pour un secteur d'activité, un type de blessure ou un type d'accident. Notre outil diffère également des méthodes de calcul du type « bottom-up » basées sur des enquêtes/questionnaires et des données locales collectées dans des entreprises qui évaluent un coût indirect par secteur d'activité ou par type d'accident calculé à partir de la moyenne des coûts indirects estimés dans chaque entreprise sondée (Laufer, 1987a ; Brody, Létourneau & Poirier, 1990a ; Aaltonen & Miettinen, 1997). Au contraire, notre outil utilise des données collectées dans l'entreprise où le calcul de coûts indirect est mené et fournit donc un résultat propre à cette entreprise, ce qui permet de prendre en compte une variabilité dans le coût indirect des accidents ; en effet, toutes les entreprises d'un même secteur d'activité n'ont pas le même coût pour un événement similaire parce que les mécanismes de remplacement, les

traitements salariaux, les procédures d'enquête et analyse d'accident (etc.) sont différents d'une entreprise à l'autre.

Un des inconvénients liés à l'évaluation des coûts indirects à un niveau local est que ce type d'évaluation requiert habituellement une collecte de donnée longue et fastidieuse, non adaptée aux tâches quotidiennes des preneurs de décision (Miller, 1992) et qui doit être renouvelée pour chaque nouvelle évaluation des coûts indirects, ce qui représente un frein de taille à l'utilisation de ce type d'évaluation pour les milieux de travail. Notre outil s'affranchit en partie de la problématique du temps passé à collecter les données en proposant un fonctionnement en deux étapes : une première étape, ponctuelle, où l'utilisateur va collecter les données pour mettre en place l'outil de calcul des coûts indirects, et une étape de fonctionnement/utilisation de l'outil qui met à profit les données de la première étape. Si l'étape de collecte de données nécessite, selon le niveau de détail souhaité, de 3 à 8,5 h, l'avantage de notre méthode par rapport aux méthodes de calcul des coûts indirects basées sur une analyse locale (comme celle de Gaviou, Mizrahi, Shani & Minchuk, 2009) est que celle-ci ne doit pas être répétée à chaque utilisation. Une fois l'étape de mise en place terminée, l'outil fonctionne ensuite avec des données propres à chaque événement et facilement disponibles (type d'accident, nombre de jours de perte de temps, nombre de jours d'assignation temporaire) et le calcul des coûts indirects est alors réalisé en moins d'une minute.

Pour l'étape de collecte de données, l'outil de calcul des coûts indirects s'appuie sur une cartographie du processus organisationnel sur deux niveaux en réponse à un accident de travail. Le processus de premier niveau présente une vue globale des différentes procédures auxquelles peut faire appel la réponse organisationnelle à un accident de travail. Un processus de base évolutif, élaboré à partir des données organisationnelles de 10 entreprises de taille et de secteurs d'activités variés, est proposé comme point de départ à la cartographie de la réponse organisationnelle de chaque entreprise (Figure 4.3). Les procédures, second niveau de la réponse organisationnelle (Figures 4.4, 4.5 et Annexe A), permettent de décrire précisément les actions prises par chaque intervenant. Chaque accident étant composé d'une succession de procédures et chaque procédure ayant un coût lié à la durée et à la fréquence des actions prises par chaque intervenant, un calculateur permet de sélectionner automatiquement, à l'étape de fonctionnement, les procédures impliquées lors de l'accident de travail, et leur coût est additionné pour estimer le coût indirect de l'événement. C'est la première fois que la cartographie du processus

organisationnel en réponse à un accident de travail est utilisée pour estimer les coûts indirects et cette solution offre plusieurs avantages. Tout d'abord, le format visuel de la représentation graphique du processus et des procédures est un langage simple qui devrait faciliter l'étape de collecte de données et la rendre plus accessible. Un autre avantage est que ce format offre à l'utilisateur une vue globale de la réponse de l'organisation lorsqu'un accident de travail survient, ce qui permet de détecter les inefficacités du système afin de rendre l'organisation plus efficace dans la gestion de ses dossiers d'accident.

L'utilisation de la cartographie permet également d'obéir à plusieurs critères que devraient respecter les méthodes d'évaluation des coûts adaptées à un usage sur le terrain. Ces critères, présentés à la section 3.6, sont tirés d'une analyse critique de la littérature et des travaux de Biddle (2005). L'utilisation d'un logiciel de cartographie offre à son utilisateur la flexibilité nécessaire à la personnalisation du calcul. Ce dernier peut choisir les composantes de coûts qu'il souhaite retrouver dans le calcul en fonction des données disponibles dans l'entreprise, du temps qu'il est prêt à allouer à la collecte de données et de la précision recherchée dans le calcul du coût indirect de l'événement (critère de flexibilité). La cartographie met également en valeur la dimension chronologique de la période de friction, déterminée par le temps dont l'organisation a besoin pour remplacer le travailleur et retrouver le niveau de production d'avant l'accident (Koopmanschap, Rutten, van Ineveld & van Roijen, 1995 ; Lofland, Pizzi & Frick, 2004) (critère de prise en compte de la période de friction).

Un autre avantage de notre outil repose dans le fait qu'il prend en compte la variabilité dans le coût des accidents à l'intérieur de la même entreprise, en intégrant notamment le nombre de jours de perte de temps et d'assignation temporaire liés à l'événement dans les calculs (bases de développement 2 et 3, Section 3.7). D'ailleurs, la régression linéaire multiple entre le nombre de jours de perte de temps et d'assignation temporaire et les coûts indirects (Section 5.5.2.10) montre que ces variables jouent un rôle significatif dans le coût indirect d'un événement : le nombre de jours d'arrêt de travail explique 14,8 % de la variance des coûts indirects alors que le nombre de jours de travaux légers explique quant à lui 59,5 % de cette variance.

Un des principaux freins à l'utilisation de notre outil dans les milieux de travail reste encore le temps nécessaire à l'étape de collecte de données. Cette étape pourrait toutefois être raccourcie en proposant des processus et procédures de base pré-remplies adaptés selon la taille de l'entreprise ou le secteur d'activité. En outre, plusieurs intervenants (contremaître, représentant SST,



responsable RH) doivent être interrogés par la personne qui réalise la cartographie, notamment au sujet des actions entreprises, de leur fréquence et de leur durée lorsqu'un événement survient. Un autre inconvénient est que les données collectées lors de la première étape sont figées afin de rendre l'utilisation de l'outil plus rapide au quotidien. Une mise à jour devrait donc être effectuée occasionnellement (annuellement ou bi annuellement) et systématiquement dès que le processus organisationnel connaît des modifications. Notons toutefois que l'outil est évolutif : il est possible à tout moment de rajouter une procédure ou d'en augmenter le niveau de détail. De plus, notre outil ne permet pas la prise en compte des composantes qualitatives relatives à la diminution de l'image de marque de l'entreprise, à la perte du moral de la main-d'œuvre (etc.). Peu d'informations sont disponibles dans la littérature scientifique en ce qui concerne l'évaluation de ces composantes et leur poids dans le coût indirect de l'événement.

## **7.2. Améliorations à apporter à l'outil**

Plusieurs améliorations devront être apportées à l'outil d'évaluation des coûts indirects afin de rendre son utilisation plus conviviale et systématique pour les entreprises. Actuellement, le logiciel Qualigram, qui fonctionne avec Microsoft Visio, est utilisé pour bâtir la cartographie de la réponse organisationnelle à un accident de travail. Les données de cette cartographie sont ensuite extraites manuellement, intégrées puis compilées dans un classeur Microsoft Excel pour l'étape de fonctionnement. Un seul et unique outil, combinant les deux logiciels et les deux étapes, devrait être mis en place. Ainsi, l'utilisateur serait capable de préciser directement pour chaque procédure la fréquence et la durée de chaque opération. Ces informations seraient ensuite directement intégrées au calcul des coûts indirects, sans qu'il soit nécessaire de passer par l'étape d'extraction manuelle.

Un processus standard, élaboré à partir des données de 10 entreprises de petite et moyenne tailles dans 4 secteurs d'activité différents, est proposé comme point de départ de la cartographie. Une fois que l'outil aura été diffusé dans d'autres entreprises, des processus standards adaptés à une taille d'entreprise ou à un secteur d'activité particulier pourraient être élaborés pour satisfaire les besoins du plus grand nombre d'utilisateurs. Des procédures de base pourraient être également proposées afin d'accélérer l'étape de collecte de données. D'autres procédures pourraient être construites afin d'intégrer au calcul du coût indirect certaines composantes comme la baisse de productivité d'un travailleur remplaçant, les pertes matérielles et les dommages causés aux

marchandises, la formation ou l'embauche d'un nouveau travailleur, la contestation juridique d'une blessure, les pénalités pour retards de livraison (notamment dans le cas des chantiers de construction), les amendes, les dommages et intérêts versés (etc.).

Dans le cas de l'absence d'un employé très qualifié (opérateur d'un robot spécifique par exemple) – Miller (1992) parle de « irreplaceable skills » – l'entreprise peut rencontrer certains problèmes pour trouver un remplaçant, lorsqu'aucune personne disponible ne dispose des qualifications pour effectuer la tâche. Dans ce cas, une diminution du volume de production pourra avoir lieu au poste de travail. Si le poste occupé est un goulot d'étranglement (Gavious *et al.*, 2009), la chute du volume de production pourra avoir un impact sur la productivité de tous les postes de travail en aval. Dans ces cas, la perte de chiffre d'affaires liée à la diminution du volume de production devrait être calculée au moyen d'une procédure spécifique.

Notre outil s'est révélé efficace, dans le cadre d'une première étude exploratoire, pour calculer le coût des accidents de travail dans 10 entreprises. Les étapes de collecte de données et de compilation ont été réalisées par l'équipe de recherche. La validation de cet outil directement par les personnes responsable de la SST devra être réalisée sur un échantillon plus important d'entreprises de tailles et de secteurs d'activité variés.

L'outil de calcul des coûts indirects devrait être associé à un système de gestion intégré des accidents de travail. Ce système de gestion pourrait centraliser, dans un seul et même outil et une seule base de données, l'ensemble des informations reliées aux accidents de travail. Cet outil global pourrait regrouper les éléments suivants :

- Les déclarations d'événement : notre expérience montre que les déclarations d'événement, généralement complétées en format papier, sont souvent mal remplies, complétées deux fois ou tout simplement manquantes. Un système de remplissage sur support informatique de la déclaration d'événement avec une intégration directe aux statistiques d'événements permettrait de limiter ce problème, de garder un fichier de statistiques d'événements complet et à jour et d'éviter l'étape de « reporting » par la personne en charge de la SST. Un système de suivi pourrait pointer les postes de travail pour lesquels il y a déjà eu plusieurs événements. Les déclarations d'événement devraient donc indiquer le poste de travail sur lequel le travailleur s'est blessé. Dans les entreprises dans lesquelles l'étude a été menée, cette information n'est pas systématiquement rapportée, ce qui rend plus difficile la détection des postes de travail ayant un nombre

élevé d'événements afin de cibler les actions préventives. La non-disponibilité de cette information dans plusieurs des 10 entreprises a d'ailleurs réduit considérablement le nombre de données disponibles pour la mise en relation des niveaux de risque tel qu'évalués par les méthodes d'évaluation des facteurs de risque dans la quatrième partie (chapitre 6) de cette étude.

- Les enquêtes et analyses d'accident : les enquêtes et analyses d'accident pourraient être remplies sur un support informatique, annexées directement à l'événement, puis diffusées via le réseau interne ou par courriel directement aux intéressés, afin d'améliorer le suivi des correctifs. Un module pourrait permettre, par le remplissage d'une procédure, de calculer le coût des correctifs à partir du temps des actions de chaque intervenant (ingénierie, équipe de maintenance, etc.) et du coût du matériel. Le coût de cette procédure pourrait être intégré à terme dans un calcul de rentabilité.
- Lien avec l'organisme en charge de l'assurance collective (CSST au Québec) et intégration des coûts directs : l'outil pourrait être relié directement au site Internet de la CSST afin d'obtenir en temps réel les informations reliées au traitement du dossier et à son suivi. Tous les formulaires requis par la CSST pourraient être remplis électroniquement grâce au logiciel et annexés à l'événement. Ceci permettrait de gagner du temps dans la gestion administrative des dossiers de perte de temps. Les coûts directs pourraient également venir compléter et enrichir l'information contenue dans les statistiques d'événements.
- Liaison avec le système de gestion de l'assignation temporaire : notre expérience montre que les données relatives à l'assignation temporaire, nécessaires au calcul du coût indirect, sont généralement difficiles à recueillir dans les entreprises. En effet, les entreprises ont rarement un système de « reporting » des jours passés en assignation temporaire et de la productivité de chaque travailleur pendant cette période. Ces données sont en général annexées aux fichiers de la paye et n'apparaissent donc pas directement dans les statistiques d'accidents comme les autres données nécessaires au calcul du coût indirect de l'événement (nombre de jours de perte de temps, situation du travailleur après l'événement, etc.). Intégrer directement cette information aux statistiques d'accidents simplifierait nettement le fonctionnement de l'outil de calcul des coûts indirects.

- Analyse coût/bénéfice : l'outil pourrait permettre, grâce aux informations disponibles (coûts indirects, coûts directs, coûts des modifications) d'effectuer des calculs de rentabilité des mesures préventives, comme dans les études de Lahiri, Gold & Levenstein (2005), Oxenburgh (1997) ou Amador-Rodezno (2005). Pour ce faire, des fonctionnalités additionnelles devront être ajoutées afin d'intégrer au calcul de rentabilité la diminution de la prime d'assurance (versée par l'employeur à l'organisme en charge de l'assurance collective) et l'amélioration de la productivité à la suite de modifications à un poste de travail. En effet, les modifications touchant l'ergonomie s'accompagnent souvent d'améliorations de la technologie de production qui contribuent à l'amélioration du temps de cycle et à l'augmentation de la productivité (Helander & Burri, 1995). Par exemple, Yeow et Nath Sen (2003) rapportent une diminution du temps de cycle de 6,1 % à la suite de modifications sur le poste de travail et des gains de productivité de 6,5 %.
- Prime d'assurance : la diminution de la prime d'assurance liée à la diminution de la fréquence et de la gravité des accidents de travail à la suite d'actions préventives est un facteur qu'il convient de prendre en compte lors de l'analyse coût/bénéfice d'activités de prévention (Riel & Imbeau, 1997 ; Lanoie & Trottier, 1998 ; Lanoie & Tavenas, 1996 ; Gosselin, 2004). Un module automatisé de calcul d'impact sur la prime d'assurance de chaque accident de travail avec un dossier ouvert à la CSST pourrait être proposé à l'utilisateur afin qu'il ait une vision encore plus globale du coût de l'accident.

La mise en place d'un outil intégré de suivi des dossiers d'accidents, des statistiques d'événements, et des actions préventives ainsi que de calcul de rentabilité devrait permettre de mieux structurer le volet SST dans les entreprises et d'aider les preneurs de décision dans leurs investissements en SST.

### **7.3. Futures recherches**

Afin d'améliorer la prise en charge des situations de travail à risque par les entreprises, les preneurs de décision doivent savoir ce que coûtent à leur entreprise les mauvaises conditions de travail (Fulwiler, 2000 ; Dorman, 2000 ; Corcoran, 2002). Dans la littérature scientifique, l'évaluation des coûts indirects n'est généralement réalisée qu'après la mise en place des modifications. Il ne s'agit donc pas d'une information que le preneur de décision détient a priori pour organiser ses activités de prévention. Les futures recherches devraient sans doute se

concentrer sur le développement d'outils de calcul des coûts indirects proactifs, qui permettraient d'évaluer les coûts des mauvaises conditions de travail avant même que des modifications ne soient planifiées. Notre outil, à condition que les modifications présentées à la section 7.2 soient apportées et que son utilisation soit validée dans d'autres entreprises, et quelques autres (Paez *et al.*, 2006 ; Gaviou *et al.*, 2009) constituent une bonne base de travail.

Les futurs outils que mettront en place les chercheurs devraient permettre d'évaluer les coûts indirects à un niveau local, idéalement au niveau du poste de travail, et en utilisant les données propres à l'entreprise (Son, Melchers & Kal, 2000) plutôt que des données globales/compilées à une échelle plus importante. Ils devraient également respecter certains critères pour être adaptés à une utilisation sur le terrain (Section 3.6) et inclure les coûts liés à la période des travaux légers dans les calculs (Section 3.7.2). Il faut également que ces futurs outils limitent au maximum le temps nécessaire à l'étape de collecte de données (Aaltonen & Miettinen, 1997 ; LaBelle, 2000). Deux avenues de recherche sont proposées pour répondre à ce besoin et une piste de recherche est à éviter.

La première piste de recherche est basée sur l'identification inédite d'une différence significative dans le montant des coûts indirects selon le siège ou la nature de la lésion (Sections 5.5.2.1 et 5.5.2.2). Des différences dans les frais médicaux (coûts directs) selon le siège de la lésion avaient déjà été identifiées par Hinze *et al.* (2006). L'identification de ces différences permet d'ouvrir de nouvelles voies de recherche : par exemple, un coût moyen « de base » pourrait être évalué pour chaque entreprise et le coût de chaque événement pourrait être établi, à partir du coût « de base » et d'un facteur multiplicatif dépendant du type de blessure, de la taille de l'entreprise et du secteur d'activité. Afin d'établir ces tables, une collecte de données de grande ampleur devra être réalisée dans de nombreux établissements, en utilisant une méthodologie similaire à celle utilisée par Brody *et al.* (1990b).

Pour que le preneur de décision puisse disposer d'une information sur les coûts indirects en amont du processus de prévention, une autre piste de recherche était d'identifier une relation entre le niveau de risque mesuré avec des méthodes d'évaluation des facteurs de risque et les coûts indirects. En effet, l'évaluation du niveau de risque est un bon indicateur prospectif pour détecter une situation de travail à risque (le niveau de risque peut être élevé même si il n'y a pas eu d'événement au poste évalué) et elle fournit à l'utilisateur de nombreuses pistes pour la mise en place d'actions correctives afin d'améliorer le poste de travail. Malheureusement, les résultats

de la quatrième étude (chapitre 6) montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre les niveaux de risque évalués avec le QEC et le FIOH et les coûts directs et indirects des accidents de travail. Toutefois, cette mise en relation n'a été testée que de façon exploratoire dans 4 entreprises et un nombre relativement faible de couples QEC/coûts et FIOH/coûts ont été exploités. Lors de futures recherches, des analyses similaires pourraient être menées avec un nombre plus important de couples score d'exposition/coûts et des mises en relation pourraient être effectuées avec d'autres méthodes de calculs de coûts ou d'évaluation des niveaux risques afin de peut-être identifier une corrélation significative entre les niveaux de risque obtenus avec des méthodes d'évaluation des facteurs de risque et des coûts directs et indirects.

En revanche, plusieurs études ont tenté de mettre en valeur l'existence d'un ratio entre les coûts directs, facilement identifiables (Brody *et al.*, 1990b ; Oxenburgh, 1997), et les coûts indirects pour réduire l'étape de collecte de données. Tout d'abord, l'existence d'un tel ratio n'est valable que pour les événements pour lesquels un dossier a été ouvert auprès de l'assurance collective alors que la majorité des événements ne sont pas déclarés (passé proche, premiers soins). D'autre part, les résultats du chapitre 5 démontrent une corrélation faible entre les coûts directs et les coûts indirects ainsi qu'une très grande variabilité du ratio coût direct : coût indirect (de 1:0.015 jusqu'à 1:52.17 selon l'événement). Ces résultats concordent avec ceux de l'étude de Paez *et al.* (2006) et de Hinze (1991). L'utilisation d'un ratio entre les coûts directs et indirects devrait donc être abolie (Laufer, 1987a) et les coûts indirects évalués de façon indépendante des coûts directs (Koopmanschap & Rutten, 1993).

Un effort particulier devrait être investi dans la prévention des TMS, compte tenu de l'importance des montants associés aux TMS en comparaison des autres types de blessures (EBIC, 1998 ; Leigh *et al.*, 2004). Dans les 10 entreprises dans lesquelles les données de cette thèse ont été obtenues, les coûts directs et indirects des TMS s'élèvent à respectivement (4762 \$ et 975.7 \$/ \$ de 2009).

Enfin, au Québec, des incitatifs additionnels devraient être développés afin d'encourager les entreprises à réintégrer leurs travailleurs le plus tôt possible après leur blessure (Costa-Black, 2009). Les résultats du troisième article (chapitre 5) montrent que la différence de coût total pour l'entreprise (impact sur la prime d'assurance et coûts indirects) est faible, approximativement de 10 %, entre laisser son travailleur en arrêt de travail ou le prendre en charge en travaux légers non-productifs (l'écart de coût augmente si le travailleur est productif en travaux légers). La

faiblesse de cette différence de coûts ne pousse pas les entreprises à réintégrer leurs travailleurs blessés rapidement après l'accident. Toutefois, les entreprises du Québec doivent garder en tête que le facteur d'impact (multiplicateur appliqué au coût direct pour le calcul de la prime) double pratiquement si une IRR est versée au 8<sup>ème</sup> trimestre suivant la date de la blessure. Afin d'éviter que les coûts d'assurance explosent, les entreprises du Québec devraient donc impérativement réintégrer leurs travailleurs en arrêt de travail avant que la CSST ne verse une IRR au cours de ce 8<sup>ème</sup> trimestre.

En somme, le développement d'outils de calculs des coûts indirects et de gestion de la SST devrait se faire avec la participation des entreprises et des preneurs de décision, afin de réduire le fossé entre la théorie des travaux de recherche reliés à l'évaluation économique en SST et l'utilisation des résultats de ces travaux par les intervenants en SST dans les milieux de travail. La collecte d'informations sur le terrain, par l'envoi d'un questionnaire, semble une avenue qui permettrait aux chercheurs de développer des outils répondant précisément aux attentes des preneurs de décisions. Par exemple, des précisions relatives à l'investissement en SST, aux mécanismes de prévention, à la manière de calculer les coûts et bénéfices de ces actions, au temps que les preneurs de décisions sont capables d'allouer au calcul des coûts et bénéfices d'activités de prévention, aux composantes de coûts qui leur semblent pertinentes d'inclure dans le calcul, à la précision souhaitée, orienteraient efficacement les travaux des chercheurs.

#### **7.4. Conclusion**

Cette thèse a été menée avec pour objectif de développer un outil de calcul des coûts indirects adapté à une utilisation par les intervenants en SST au sein des milieux de travail. Elle met en avant des critères à respecter et des bases de développement à intégrer lors de la mise en place d'un outil de calcul des coûts indirects adapté à un usage professionnel. Ces travaux de recherche présentent un outil inédit de calcul des coûts indirects basé sur une cartographie de la réponse organisationnelle à un accident de travail. Cette approche, testée dans 10 entreprises de tailles et secteurs d'activité variés, facilite la collecte d'informations nécessaires au calcul du coût indirect des accidents de travail et fournit à l'utilisateur un résultat fiable et précis. La disponibilité d'une information précise et de qualité concernant les coûts indirects devrait stimuler les investissements en prévention.

L'utilisation de cet outil dans 10 entreprises apporte des informations nouvelles sur le comportement des coûts indirects : les premiers résultats montrent que le nombre de jours d'assignation temporaire et la productivité du travailleur ont un impact majeur sur le coût indirect d'un accident de travail, que les coûts indirects ne sont pas corrélés aux coûts directs, et qu'ils varient nettement selon la durée et la gravité de l'événement. D'autres analyses pourront être menées avec cet outil afin de valider son utilisation dans un éventail plus large d'entreprises et de l'améliorer pour qu'il réponde encore mieux aux besoins des preneurs de décisions dans les milieux de travail.

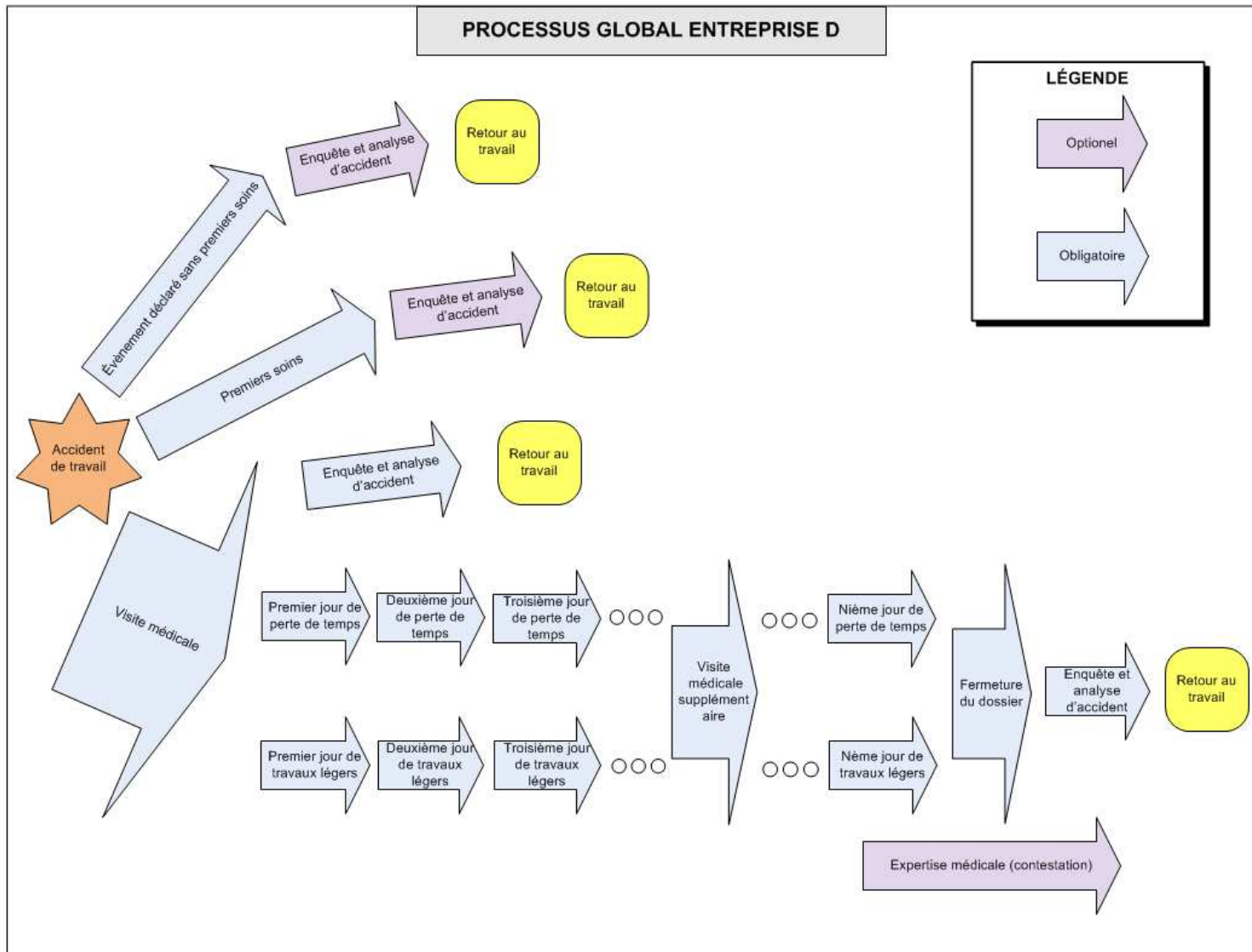
Afin que les intervenants en SST puissent bénéficier d'une information économique en amont du processus de prévention sans avoir à se livrer à une collecte de données rétrospective des événements passés, cette recherche a tenté de mettre en relation le niveau de risque tel qu'évalué par les méthodes d'évaluation des facteurs de risque avec les coûts des événements. Les premiers résultats de cette étude exploratoire montrent cependant qu'il n'y a pas de corrélation significative entre ces variables. D'autres recherches devront être entreprises pour arriver à évaluer le coût de mauvaises situations de travail de façon prospective.

De façon générale, les résultats concrets générés par cette thèse élargissent les connaissances sur les coûts indirects et leur caractérisation. Ils devraient alimenter de nouvelles recherches et le développement de nouveaux outils destinés aux preneurs de décisions. Ces travaux devraient favoriser la prévention des situations de travail à risque dans les entreprises et alimenter les stratégies en matière de prévention de différents organismes comme la CSST, les associations sectorielles paritaires et les regroupements d'employeurs.



## **ANNEXE A : PRÉSENTATION DU PROCESSUS ET DES PROCÉDURES DE L'ENTREPRISE D EN VUE D'ÉTABLIR LE COÛT INDIRECT DES ACCIDENTS DE TRAVAIL**

L'annexe A vient compléter les travaux du second article avec un descriptif plus exhaustif des données collectées au moyen de la cartographie des processus et du fonctionnement du calculateur des coûts indirects, afin de fournir au lecteur une vue plus complète de la démarche de recherche et un exemple concret de l'utilisation de l'outil de calcul des coûts indirects dans une entreprise. Les données de l'entreprise D ont été choisies car elles donnent un bon aperçu du fonctionnement de l'outil sans rentrer dans un niveau de détail élevé (processus d'un niveau de détail moyen). Les processus et procédures des autres entreprises sont disponibles sur demande. Le processus global de l'entreprise D est présenté à la figure A-1 et comprend 15 procédures, détaillée ainsi que leur coût dans cette annexe. À la fin du document sont présentés les calculs des coûts indirects de quelques accidents de travail.



**Figure A.0** : Processus global de l'entreprise D

Le résumé du coût de chaque procédure est présenté dans tableau ci-dessous :

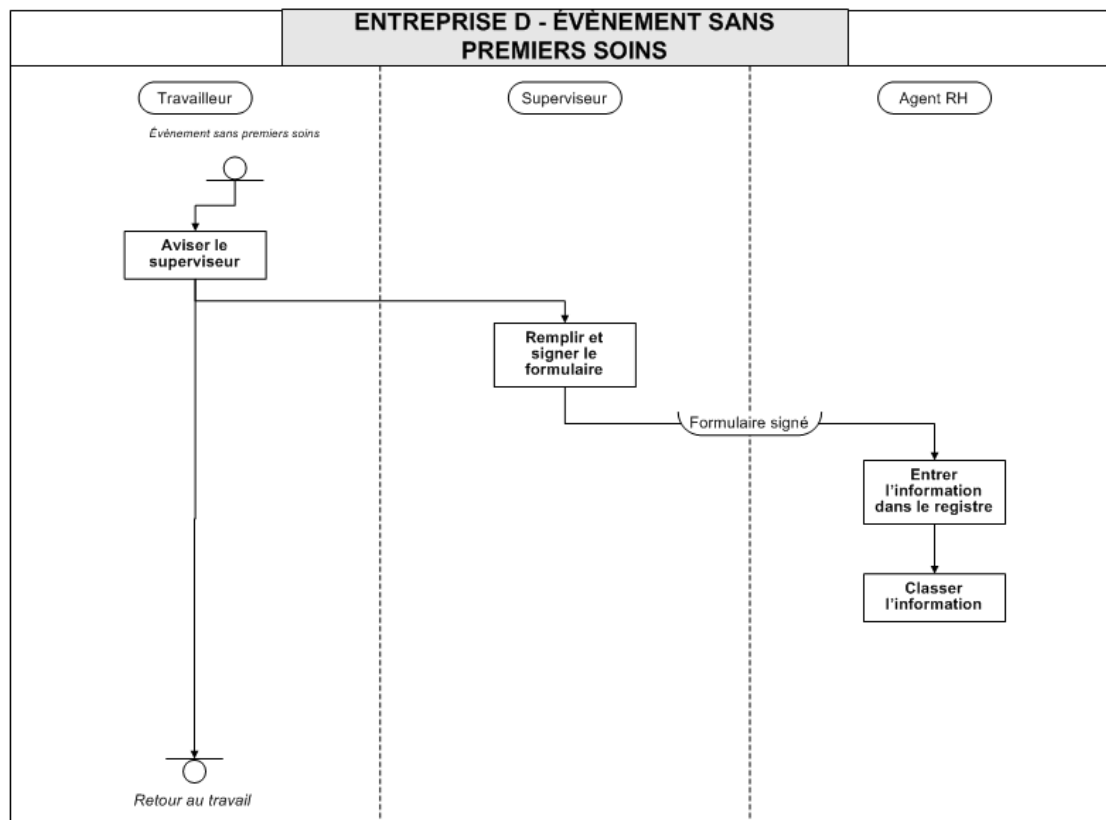
**Tableau A.0** : Résumé du coût de chaque procédure

Événement déclaré sans premiers soins	4,73
Premiers soins	27,51
Enquête et analyse d'accident	41,66
Visite médicale	114,62
Premier jour de perte de temps	40,04
Deuxième jour de perte de temps	29,56
Troisième jour de perte de temps	47,94
Nième journée de perte de temps	0,00
Fermeture du dossier perte de temps ou travaux légers (si supérieur à 3 jours)	47,24
Expertise médicale (contestation)	425,20
Visite médicale supplémentaire	5,04
Premier jour de travaux légers	159,46
Deuxième jour de travaux légers	144,38
Troisième jour de travaux légers	162,76
Nième jour de travaux légers	114,82

### A.1. Événement déclaré sans premiers soins

Le travailleur avise son superviseur du « passé proche ». Ce dernier décide ou non de planifier une enquête et analyse d'accident (voir A.3 : Enquête et analyse d'accident). L'information est ensuite compilée dans le fichier de statistiques d'accidents par l'agent RH.

Parfois le travailleur peut attendre sa pause pour aviser son superviseur.



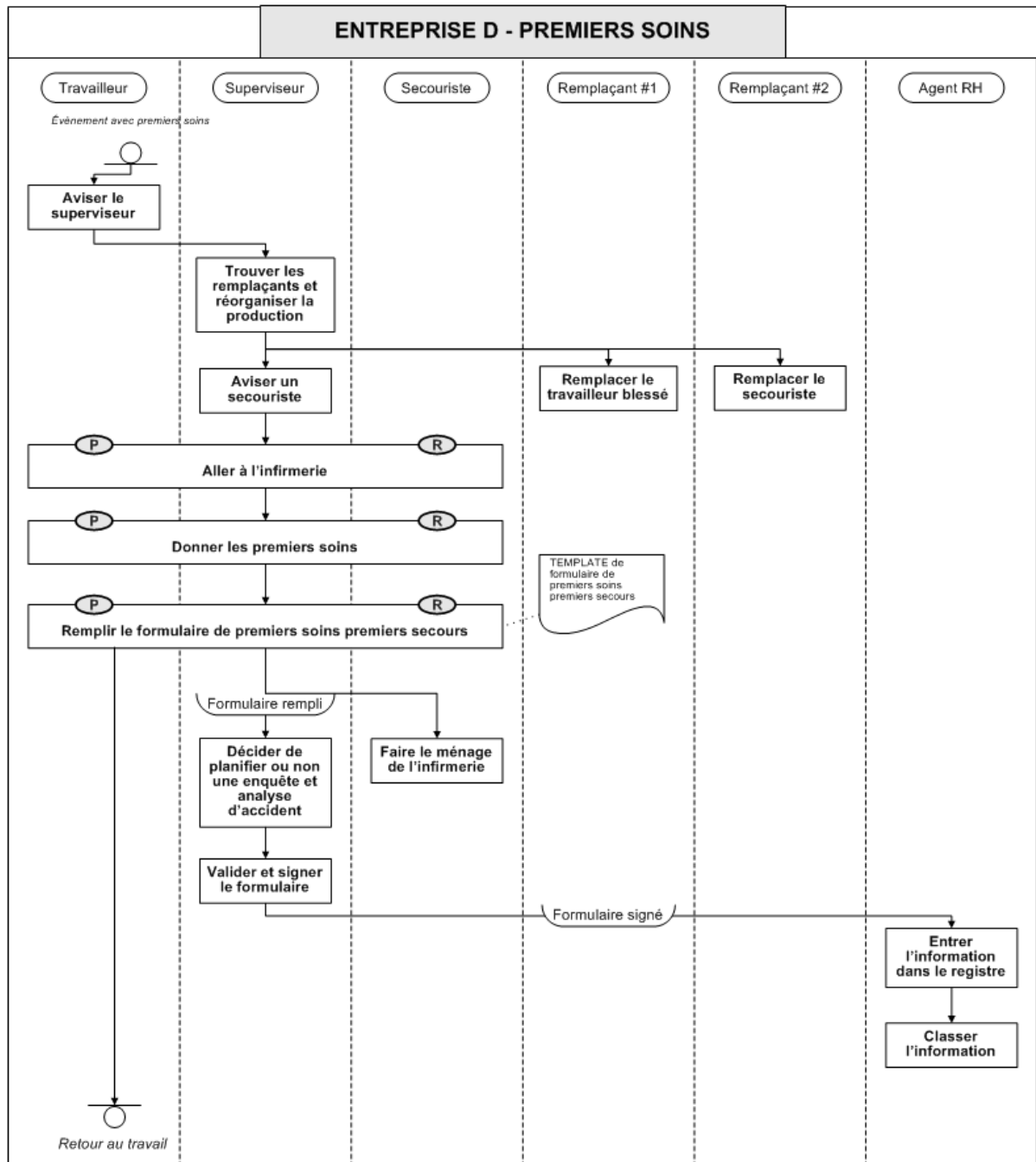
**Figure A.1** : Procédure « événement sans premiers soins » de l’entreprise D

**Tableau A.1** : Coût de la procédure « événement sans premiers soins » de l’entreprise D

Événement déclaré sans premiers soins		Durée (min)	Fréquence (%)	Salaire (\$/h)	Av. sociaux	Coût (\$)
Travailleur blessé	Aviser le superviseur	5	100%	15,6	20%	1,56
Superviseur	Planifier de faire une enquête et analyse d'accident (voir procédure enquête et analyse d'accident)	0	100%	25	20%	0
Superviseur	Remplir et signer le formulaire	5	100%	25	20%	2,5
Agent RH	Entrer l'information dans le registre	2	100%	16,8	20%	0,672
Agent RH	Classer l'information	0	100%	16,8	20%	0
<b>TOTAL</b>						<b>4,73</b>

## **A.2. Premiers soins**

Lors d'un événement avec premiers soins, le travailleur avise son superviseur qui appelle un secouriste et s'occupe du remplacement du travailleur et du secouriste pendant qu'ils sont à l'infirmierie. Les remplaçants sont trouvés parmi les travailleurs présents dans l'usine qui ne sont pas sur la ligne de production. Le secouriste donne les premiers soins à l'infirmierie et le formulaire de premiers soins premiers secours est rempli. Ce formulaire est ensuite transmis au superviseur puis acheminé à l'agent RH qui entre l'information dans le fichier de statistiques d'accidents. Le superviseur peut décider de faire une enquête et analyse d'accident.



**Figure A.2 :** Procédure « premiers soins » de l'entreprise D

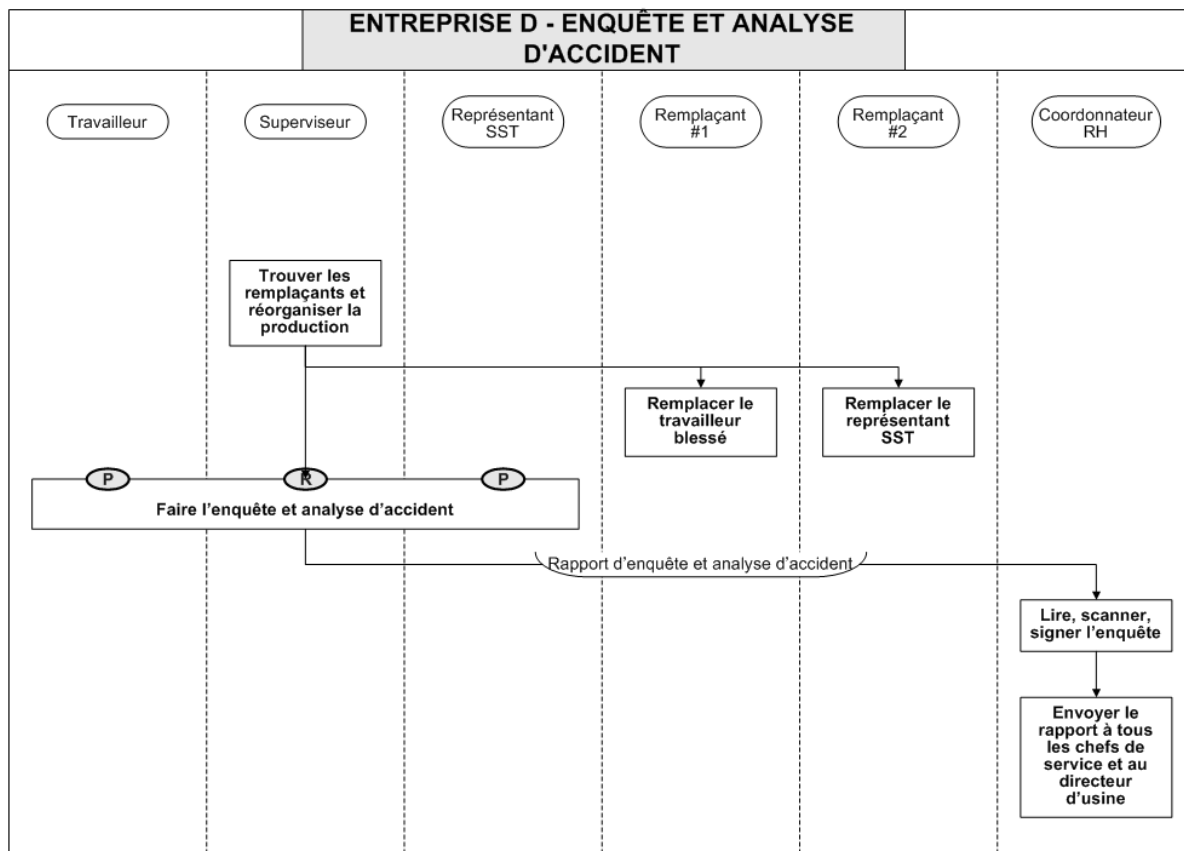
**Tableau A.2** : Coût de la procédure « premiers soins » de l'entreprise D

Premiers soins		Durée (min)	Fréquence (%)	Salaire (\$/h)	Av. sociaux	Coût (\$)
Travailleur blessé	Aviser le superviseur	20	100%	15,6	20%	6,24
Travailleur blessé	Participant : aller à l'infirmierie		100%	15,6	20%	0
Travailleur blessé	Participant : donner les premiers soins		100%	15,6	20%	0
Travailleur blessé	Participant : Remplir le formulaire de premiers soins premiers secours		100%	15,6	20%	0
Superviseur	Trouver les remplaçants et réorganiser la production	10	100%	25	20%	5
Superviseur	Aviser un secouriste		100%	25	20%	0
Superviseur	Valider et signer le formulaire		100%	25	20%	0
Superviseur	Décider de planifier ou non une enquête et analyse d'accident		100%	25	20%	0
Secouriste	Responsable : aller à l'infirmierie	15	100%	15,6	20%	4,68
Secouriste	Responsable : donner les premiers soins		100%	15,6	20%	0
Secouriste	Responsable : Remplir le formulaire de premiers soins premiers secours		100%	15,6	20%	0
Secouriste	Faire le ménage de l'infirmierie		100%	15,6	20%	0
Remplaçant	Remplacer le travailleur blessé	20	100%	15,6	20%	6,24
Remplaçant	Remplacer le secouriste	15	100%	15,6	20%	4,68
Agent RH	Entrer l'information dans le registre	2	100%	16,8	20%	0,672
Agent RH	Classer l'information	0	100%	16,8	20%	0
<b>TOTAL</b>						<b>27,51</b>

### A.3. Enquête et analyse d'accident

L'enquête et analyse d'accident est réalisée le plus vite possible après l'événement par le superviseur selon son jugement de la gravité (ou de la gravité potentielle) d'un événement. Le travailleur et le représentant SST participent à cette enquête. Ces derniers sont tous deux remplacés. Le coordonnateur RH s'occupe de faire circuler le rapport d'enquête et analyse d'accident aux personnes concernées.

L'enquête a lieu dans tous les cas de visite médicale et d'événements de type « ouf » et certains cas d'événements avec premiers soins.



**Figure A.3** : Procédure « enquête et analyse d'accident » de l'entreprise D



**Tableau A.3** : Coût de la procédure « enquête et analyse d'accident » de l'entreprise D

Enquête et analyse d'accident		Durée (min)	Fréquence (%)	Salaire (\$/h)	Av. sociaux	Coût (\$)
Travailleur blessé	Participant : Faire l'enquête et analyse d'accident	20	100%	15,6	20%	6,24
Superviseur	Trouver le remplaçant et réorganiser la production	5	100%	25	20%	2,5
Superviseur	Responsable : Faire l'enquête et analyse d'accident	20	100%	25	20%	10
Représentant SST	Participant : Faire l'enquête et analyse d'accident	20	100%	15,6	20%	6,24
Coordonnateur RH	Lire, signer, scanner l'enquête	5	100%	21	20%	2,1
Coordonnateur RH	Envoyer le rapport à tous les chefs de service et au directeur d'usine	5	100%	21	20%	2,1
Remplaçant	Remplacer le travailleur (pendant l'enquête)	20	100%	15,6	20%	6,24
Remplaçant	Remplacer le représentant SST (pendant l'enquête)	20	100%	15,6	20%	6,24
<b>TOTAL</b>						<b>41,66</b>

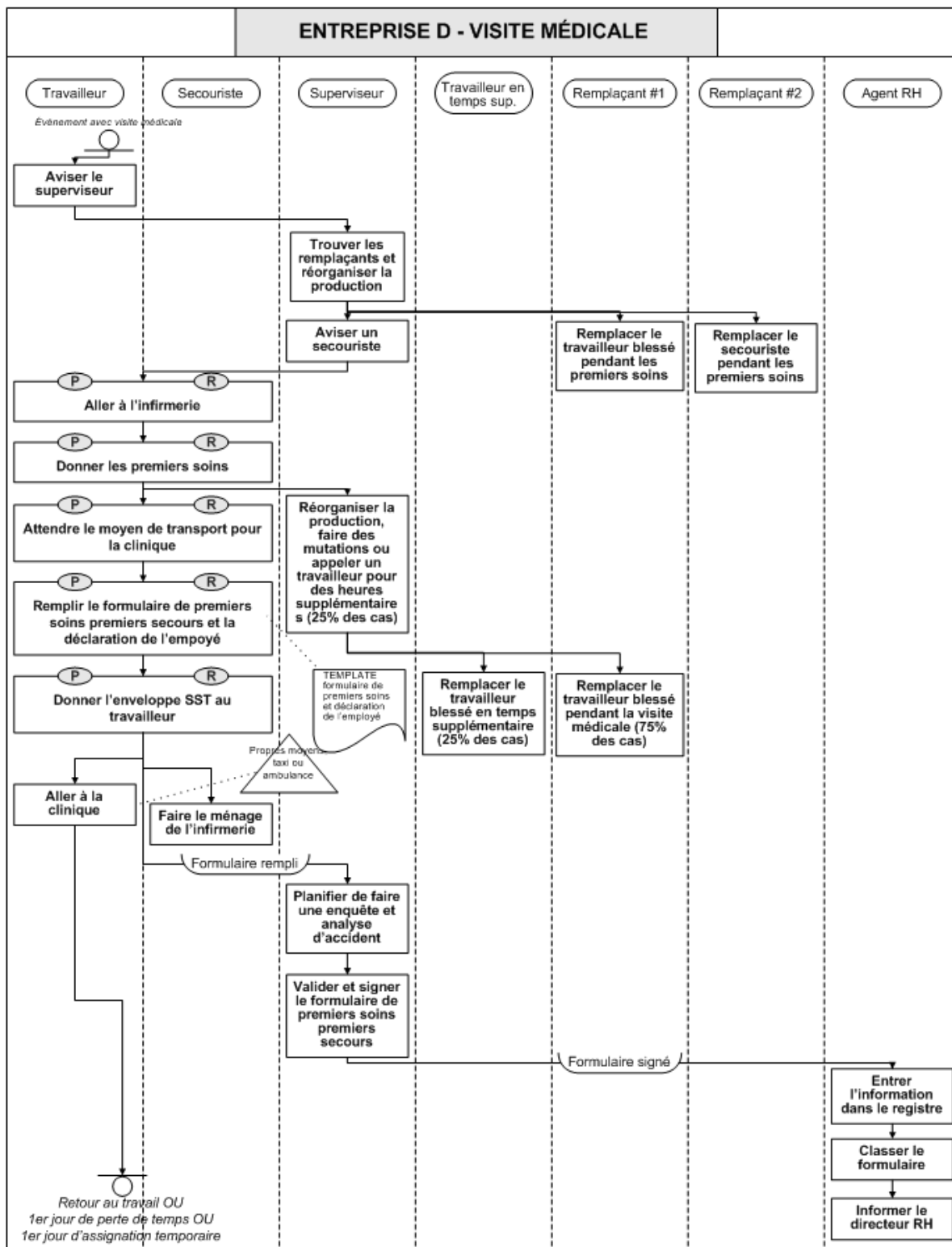
#### A.4. Visite médicale

Dans ce cas d'événement, le travailleur part consulter un médecin la journée de l'accident. Il est considéré que le travailleur perd en moyenne une demi-journée le jour de l'événement. La procédure est identique à celle de premiers soins mais le travailleur est dirigé à l'hôpital ou à la clinique. Le secouriste lui remet l'enveloppe SST avant son départ à la clinique.

Le superviseur doit s'occuper de trouver un remplaçant cette journée. Soit il procède à des mutations (75 % des cas) à l'interne soit il a recourt à du temps supplémentaire (travailleur du quart d'après qui rentre plus tôt) (25 % des cas) pour maintenir le rythme de production.

L'employé se rend dans 90 % des cas par ses propres moyens à l'hôpital, dans 5 % des cas il y est acheminé en taxi et dans 5 % en ambulance.

Une enquête et analyse d'accident est réalisée dans tous les cas.



**Figure A.4 :** Procédure « visite médicale » de l'entreprise D



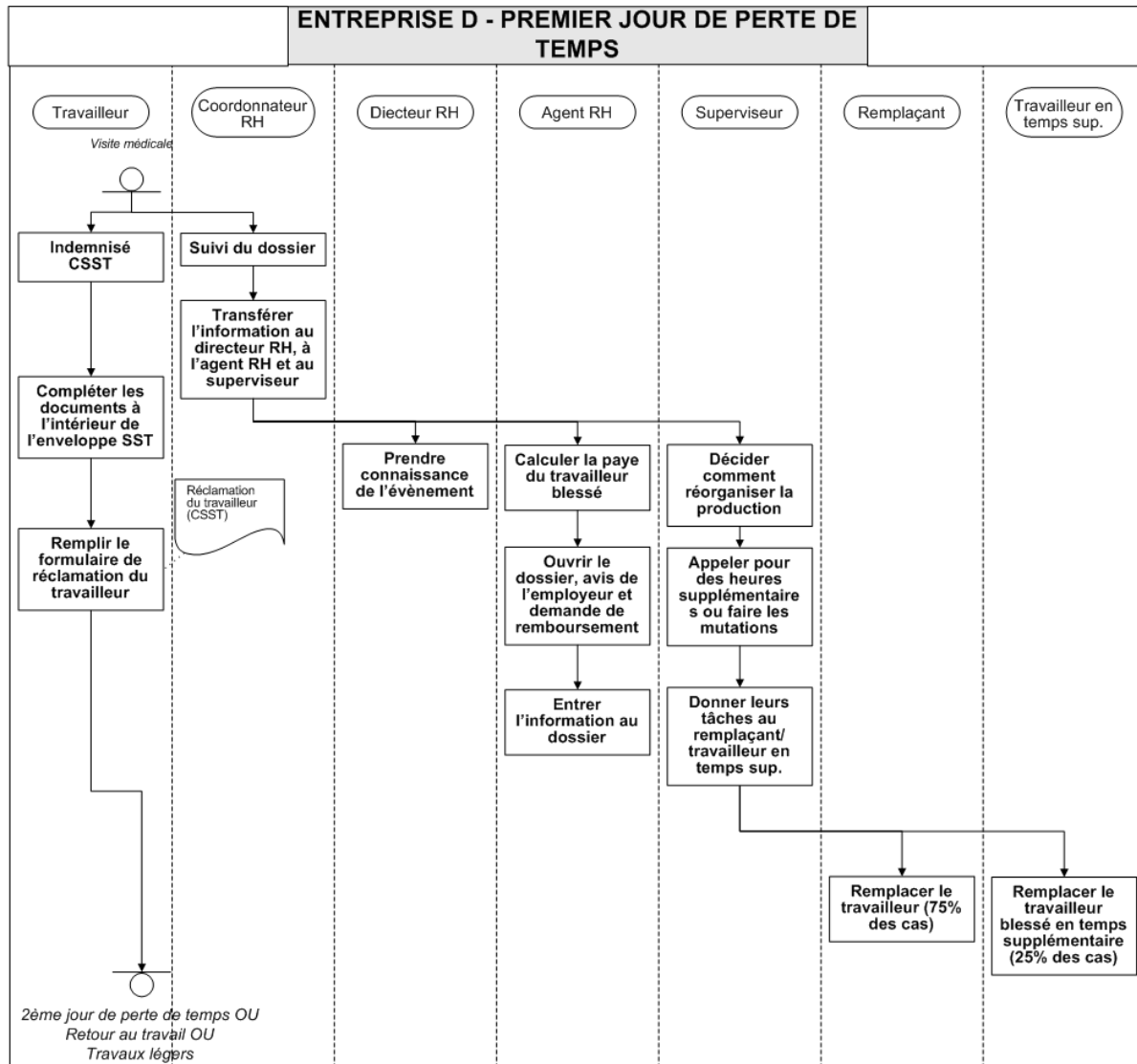
### **A.5. Procédures de perte de temps**

Lorsqu'un travailleur est déclaré inapte au travail par son médecin qui l'a examiné lors de la visite médicale, un poste est laissé vacant et doit être comblé dans l'organigramme. Le travailleur est définitivement remplacé grâce à des mutations de travailleurs suite à la rencontre hebdomadaire (le mercredi) du comité de main-d'œuvre (comité MO).

Comme l'entreprise a rappelé tous ses employés, elle ne dispose plus de liste de rappel. Elle comble donc son besoin en main-d'œuvre par des mutations en interne et du temps supplémentaire. L'organigramme de la semaine est construit chaque mercredi (pour la semaine d'après) par le comité MO composé de l'agent RH, du chef de service production, du planificateur de production, de 3 superviseurs et du directeur RH.

En attendant que le travailleur soit définitivement remplacé par le comité MO, le superviseur réorganise la production chaque jour et remplace le travailleur blessé par des mutations (75 % des cas) ou en faisant rentrer des travailleurs en temps supplémentaire (25 % des cas). Il est considéré qu'il se passe trois jours avant que le travailleur ne soit définitivement remplacé par le comité MO.

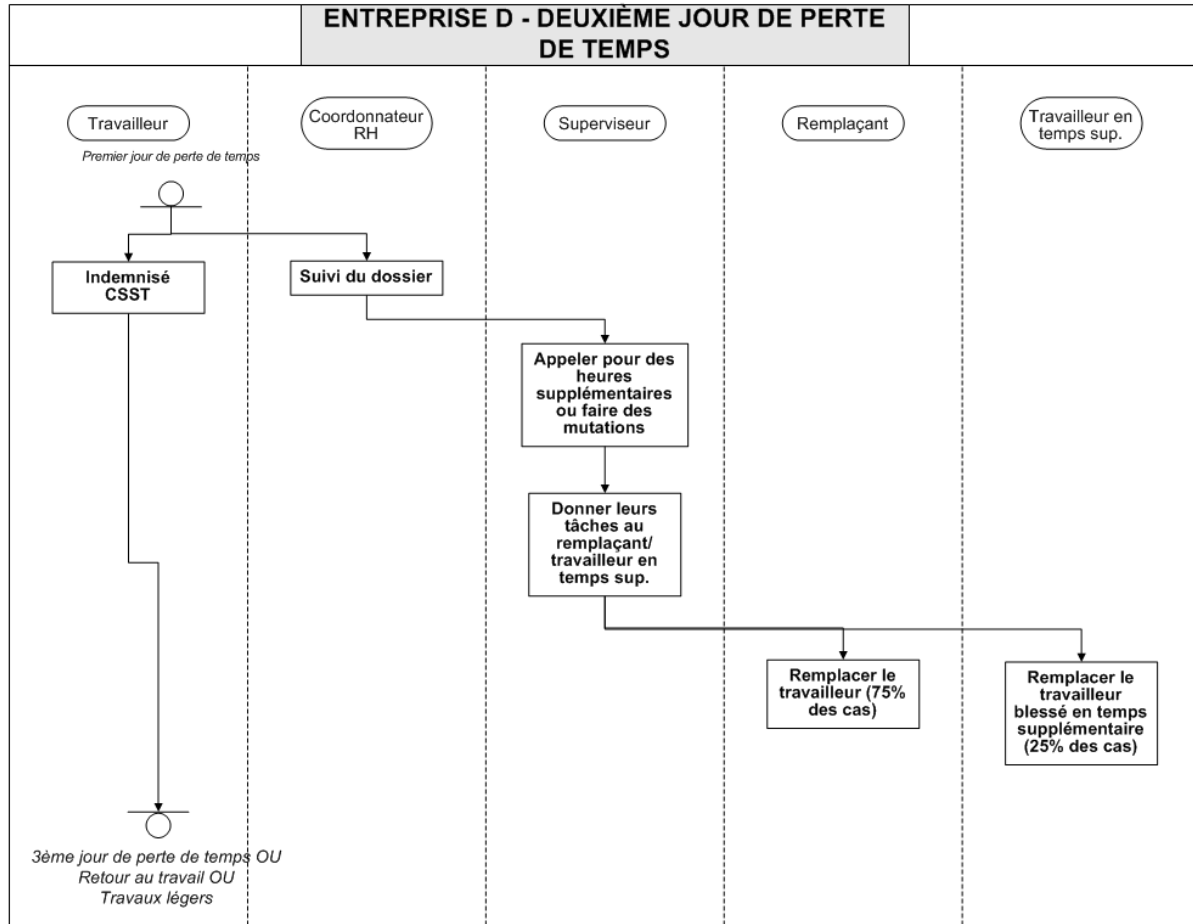
### A.5.1. Premier jour de perte de temps



**Figure A.5.1** : Procédure « premier jour de perte de temps » de l'entreprise D



### A.5.2. Deuxième jour de perte de temps



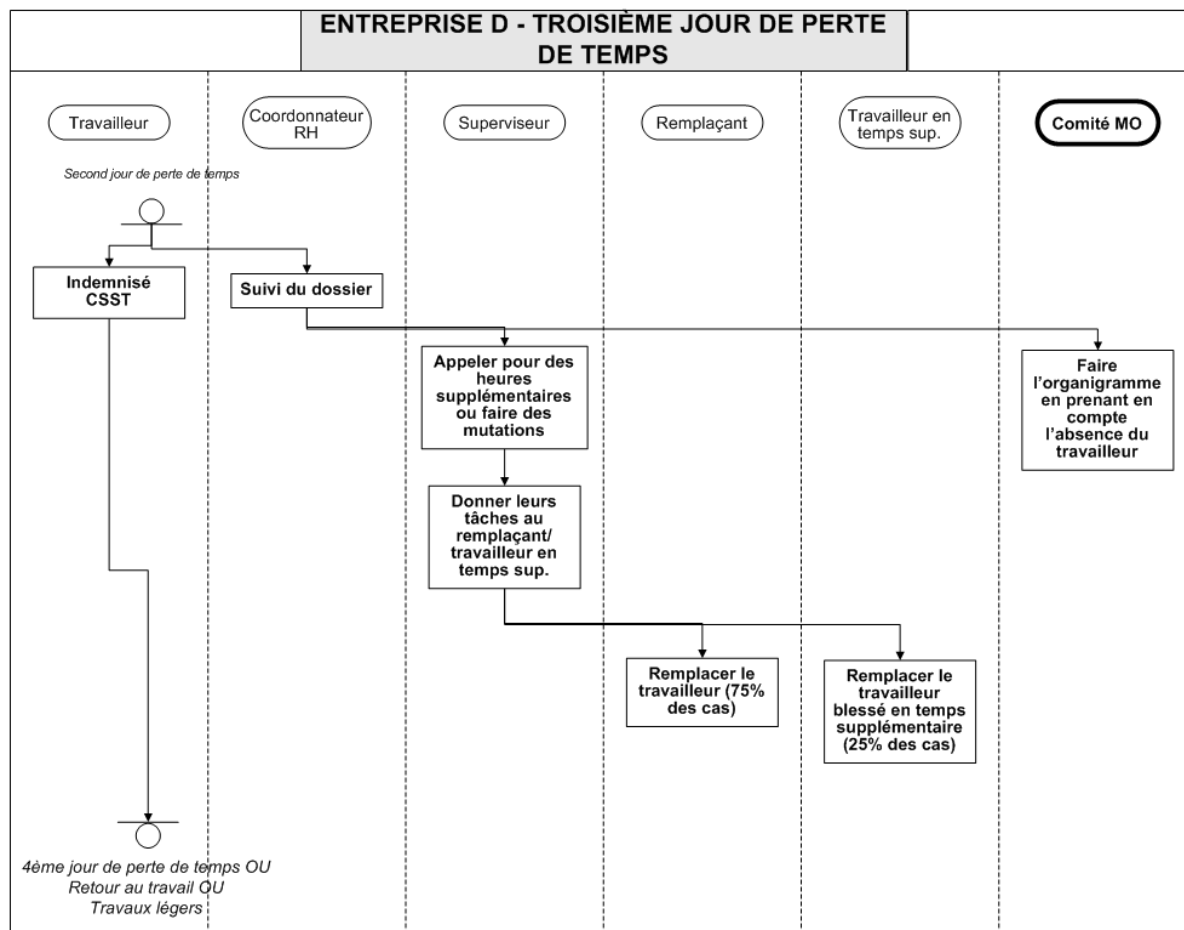
**Figure A.5.2 :** Procédure « deuxième jour de perte de temps » de l'entreprise D

**Tableau A.5.2** : Coût de la procédure « deuxième jour de perte de temps » de l'entreprise D

Deuxième jour de perte de temps		Durée (min)	Fréquence (%)	Salaire (\$/h)	Av. sociaux	Prime (%)	Coût (\$)
Travailleur blessé	Indemnisé par la CSST	0	100%	15,6	20%		0
Superviseur	Appeler pour des heures supplémentaires ou faire des mutations	15	100%	25	20%		7,5
Superviseur	Donner leurs tâches au remplaçant/travailleur en temps sup.	5	100%	25	20%		2,5
Coordonnateur RH	Suivi du dossier	2	100%	21	20%		0,84
Travailleur en temps sup.	Remplacer le travailleur en heures supplémentaires	480	25%	15,6	20%	50%	56,16
Remplaçant	Remplacer le travailleur	480	75%	15,6	20%		112,32
Entreprise	Montant normalement alloué par l'entreprise pour ce travail	-480	100%	15,6	20%		-149,76
<b>TOTAL</b>							<b>29,56</b>



### A.5.3. Troisième jour de perte de temps



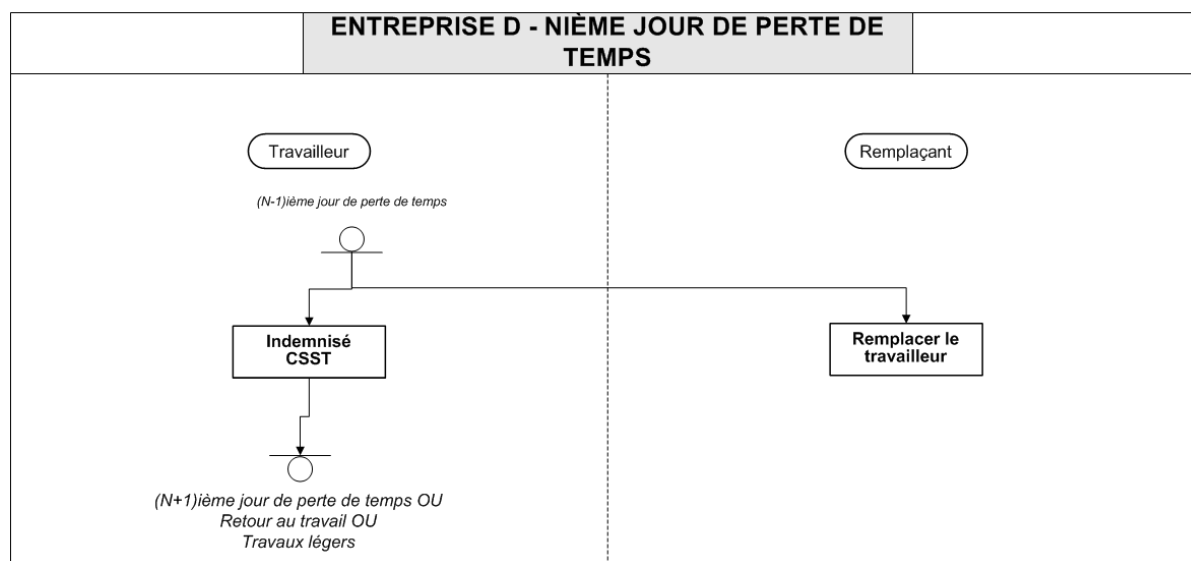
**Figure A.5.3 :** Procédure « troisième jour de perte de temps » de l'entreprise D

**Tableau A.5.3** : Coût de la procédure « troisième jour de perte de temps » de l'entreprise D

Troisième jour de perte de temps		Durée (min)	Fréquence (%)	Salaire (\$/h)	Av. sociaux	Prime (%)	Coût (\$)
Travailleur blessé	Indemnisé par la CSST	0	100%	15,6	20%		0
Superviseur	Appeler pour des heures supplémentaires ou faire des mutations	15	100%	25	20%		7,5
Superviseur	Donner leurs tâches au remplaçant/travailleur en temps sup.	5	100%	25	20%		2,5
Coordonnateur RH	Suivi du dossier	2	100%	21	20%		0,84
Travailleur en temps sup.	Remplacer le travailleur en heures supplémentaires	480	25%	15,6	20%	50%	56,16
Remplaçant	Remplacer le travailleur	480	75%	15,6	20%		112,32
Comité MO	Faire l'organigramme en prenant en compte l'absence du travailleur (vs si le travailleur était là)	5	100%	183,8	20%		18,38
Entreprise	Montant normalement alloué par l'entreprise pour ce travail	-480	100%	15,6	20%		-149,76
<b>TOTAL</b>							<b>47,94</b>

#### A.5.4. Nième jour de perte de temps

À partir du troisième jour de perte de temps, il est considéré que le travailleur est définitivement remplacé jusqu'à son retour.

**Figure A.5.4** : Procédure « Nième jour de perte de temps » de l'entreprise D

**Tableau A.5.4** : Coût de la procédure « Nième jour de perte de temps » de l'entreprise D

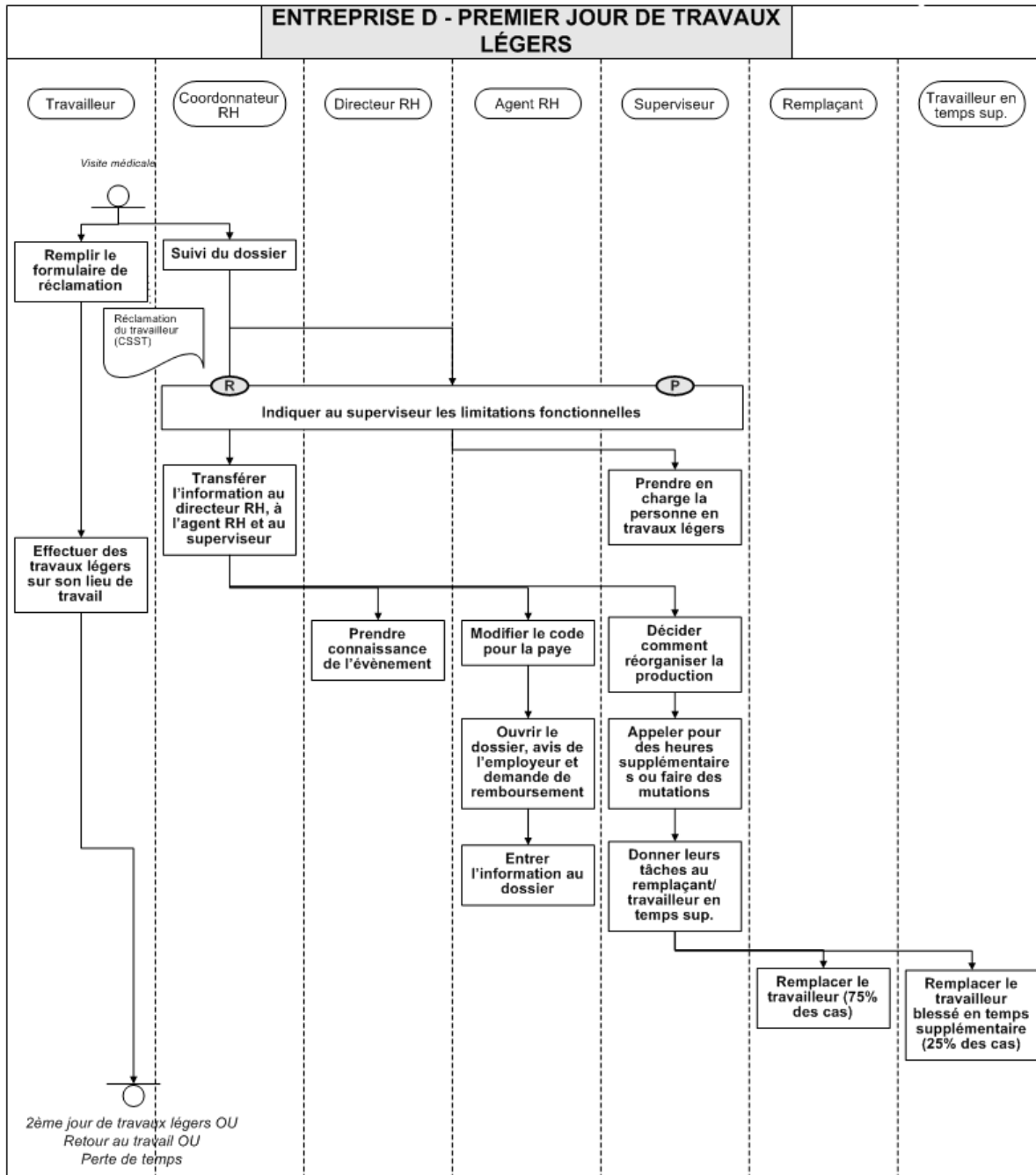
Nième journée de perte de temps		Durée (min)	Fréquence (%)	Salaire (\$/h)	Av. sociaux	Coût (\$)
Travailleur blessé	Indemnisé par la CSST	0	100%	0		0
Remplaçant	Remplacer le travailleur	480	100%	15,6	20%	149,76
Entreprise	Montant normalement alloué par l'entreprise pour ce travail	-480	100%	15,6	20%	-149,76
<b>TOTAL</b>						<b>0,00</b>

## A.6. Travaux légers

Lorsque le travailleur blessé est en travaux légers, les procédures sont les mêmes que lorsqu'il est en arrêt de travail. Le travailleur est donc remplacé par le comité MO le troisième jour. Du temps additionnel est toutefois consacré par les différents intervenants (coordonnateur RH, superviseur) pour s'occuper du travailleur en travaux légers.

Le travailleur en travaux légers est considéré productif à 25 % en prenant en compte les rencontres de réadaptation et les visites médicales.

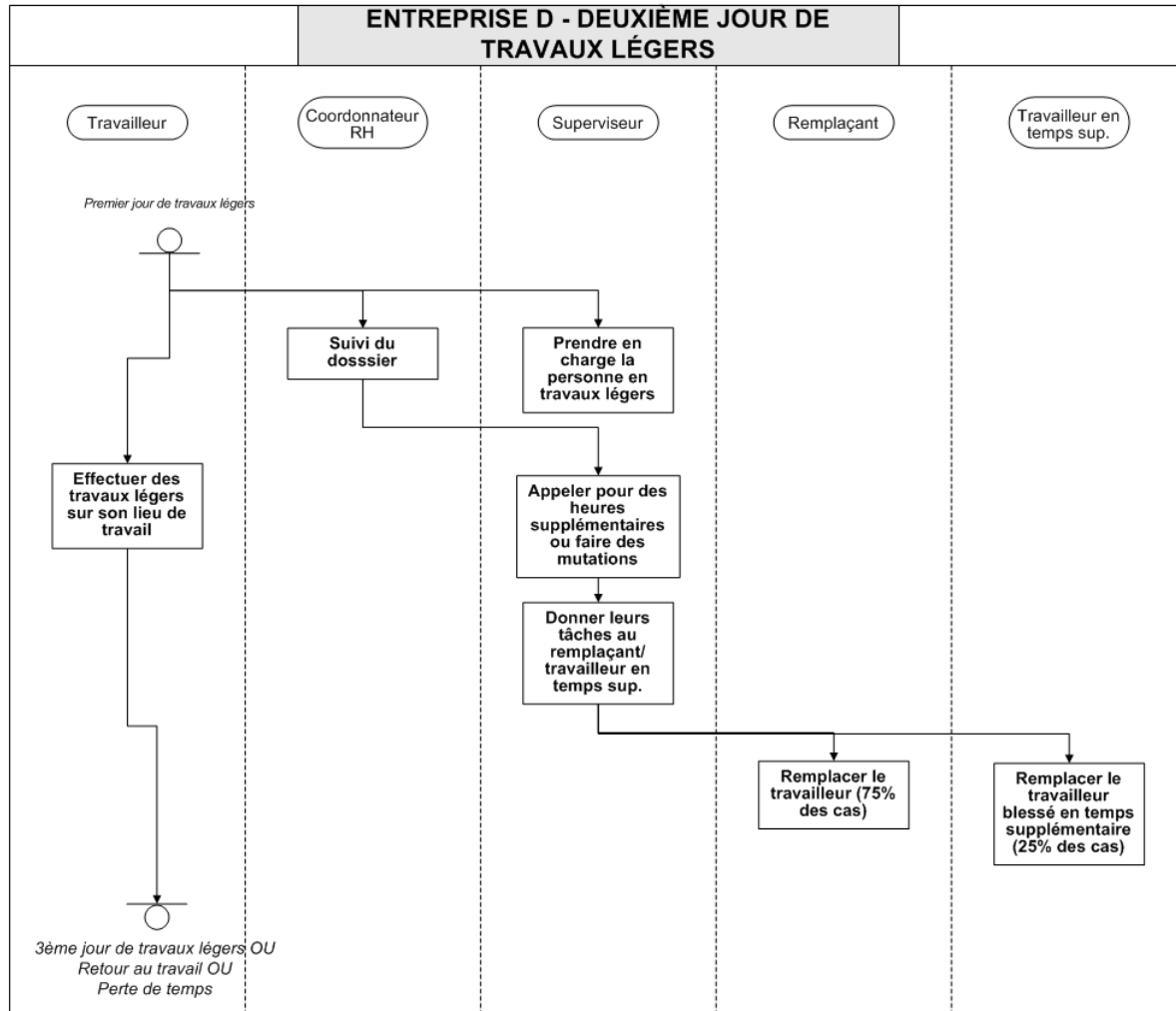
### A.6.1. Premier jour de travaux légers



**Figure A.6.1 :** Procédure « premier jour de travaux légers » de l'entreprise D



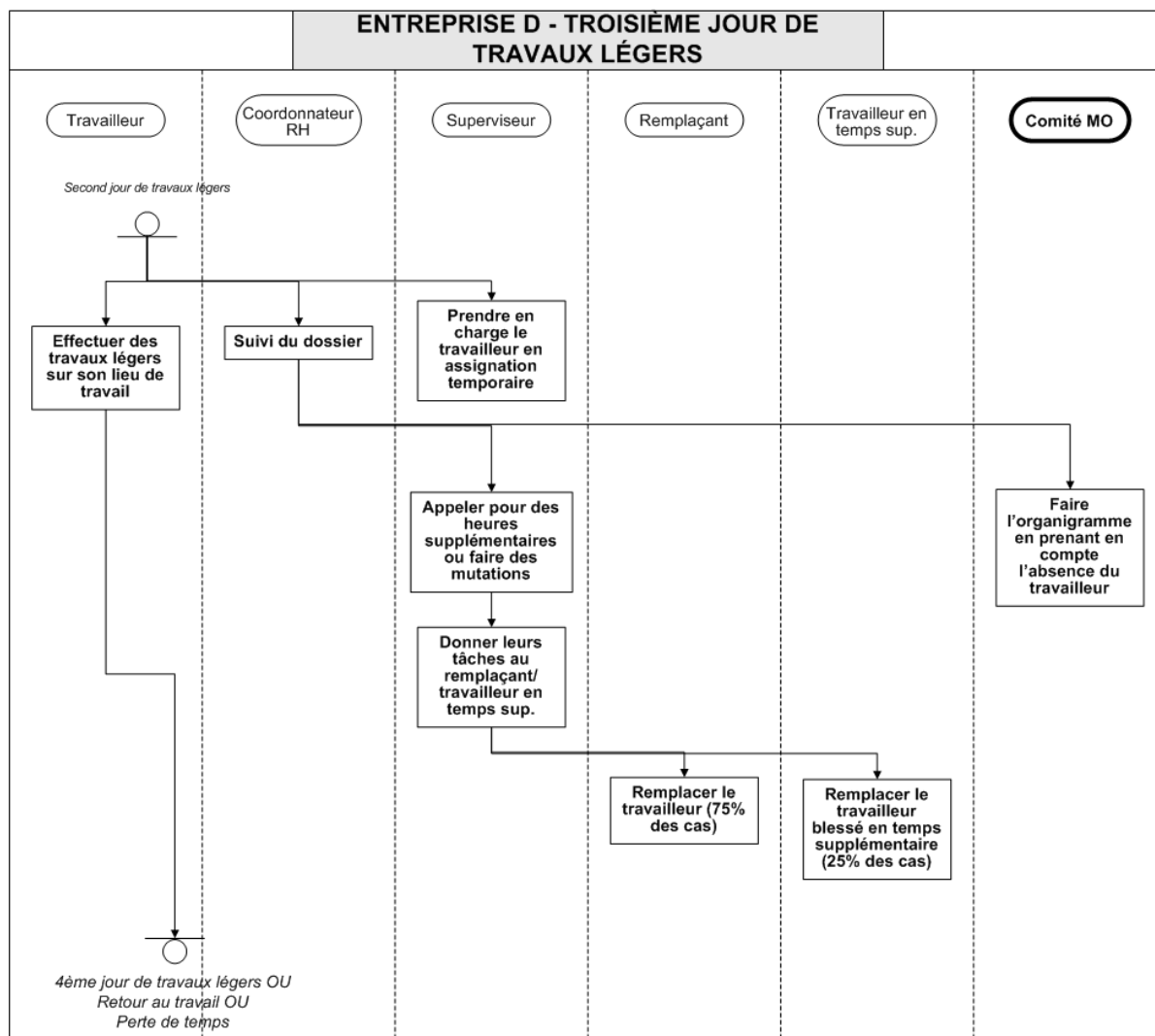
### A.6.2. Deuxième jour de travaux légers



**Figure A.6.2 :** Procédure « deuxième jour de travaux légers » de l'entreprise D



### A.6.3. Troisième jour de travaux légers



**Figure A.6.3 :** Procédure « troisième jour de travaux légers » de l'entreprise D

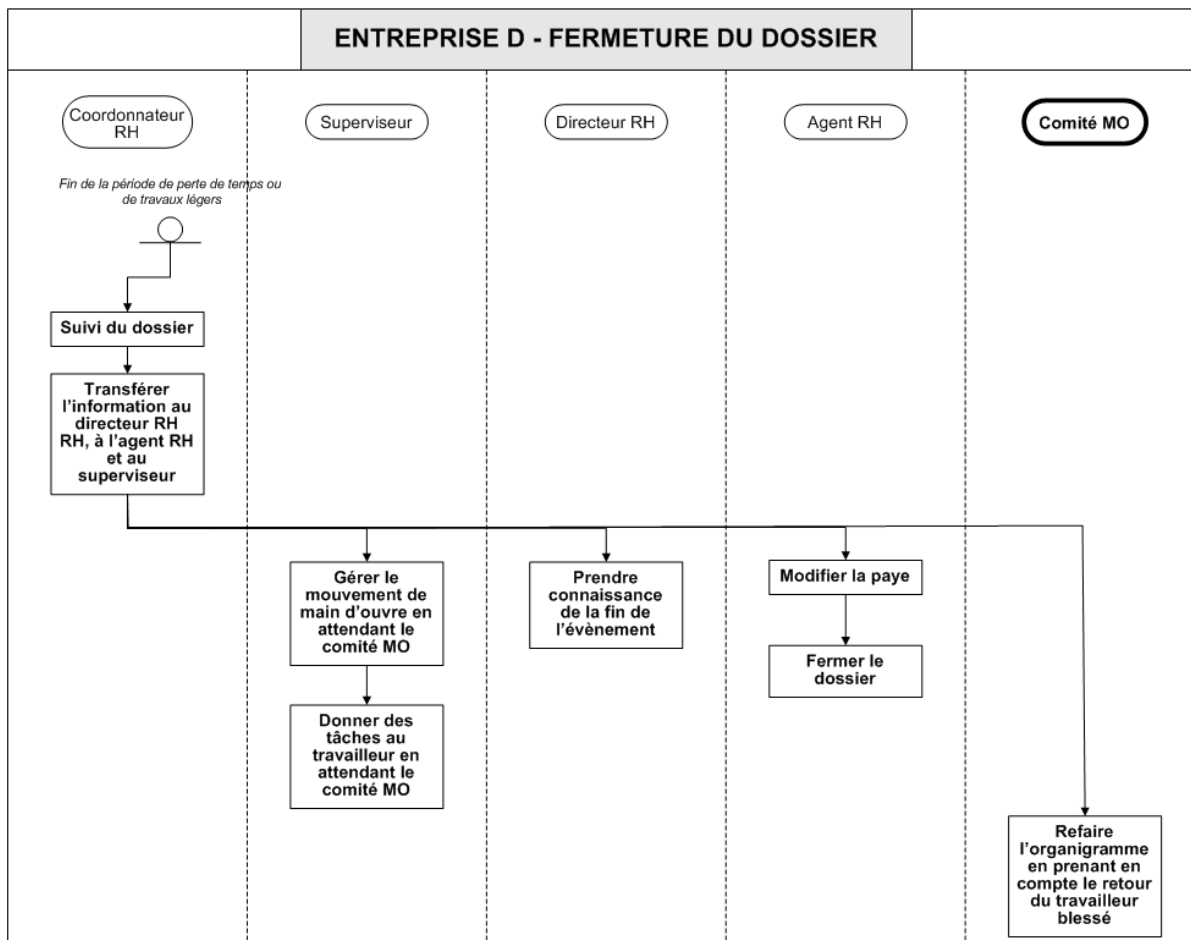






### A.7. Fermeture du dossier d'arrêt de travail ou de travaux légers

Lorsque l'accident de travail dure plus de trois jours, le comité MO doit faire les mutations en sens inverse pour replacer le travailleur consolidé à son poste de travail. Comme le comité MO n'a lieu que le mercredi, le superviseur doit s'occuper de trouver un poste au travailleur en attendant le comité MO. L'agent RH s'assure de bien disposer de toutes les informations et ferme le dossier.



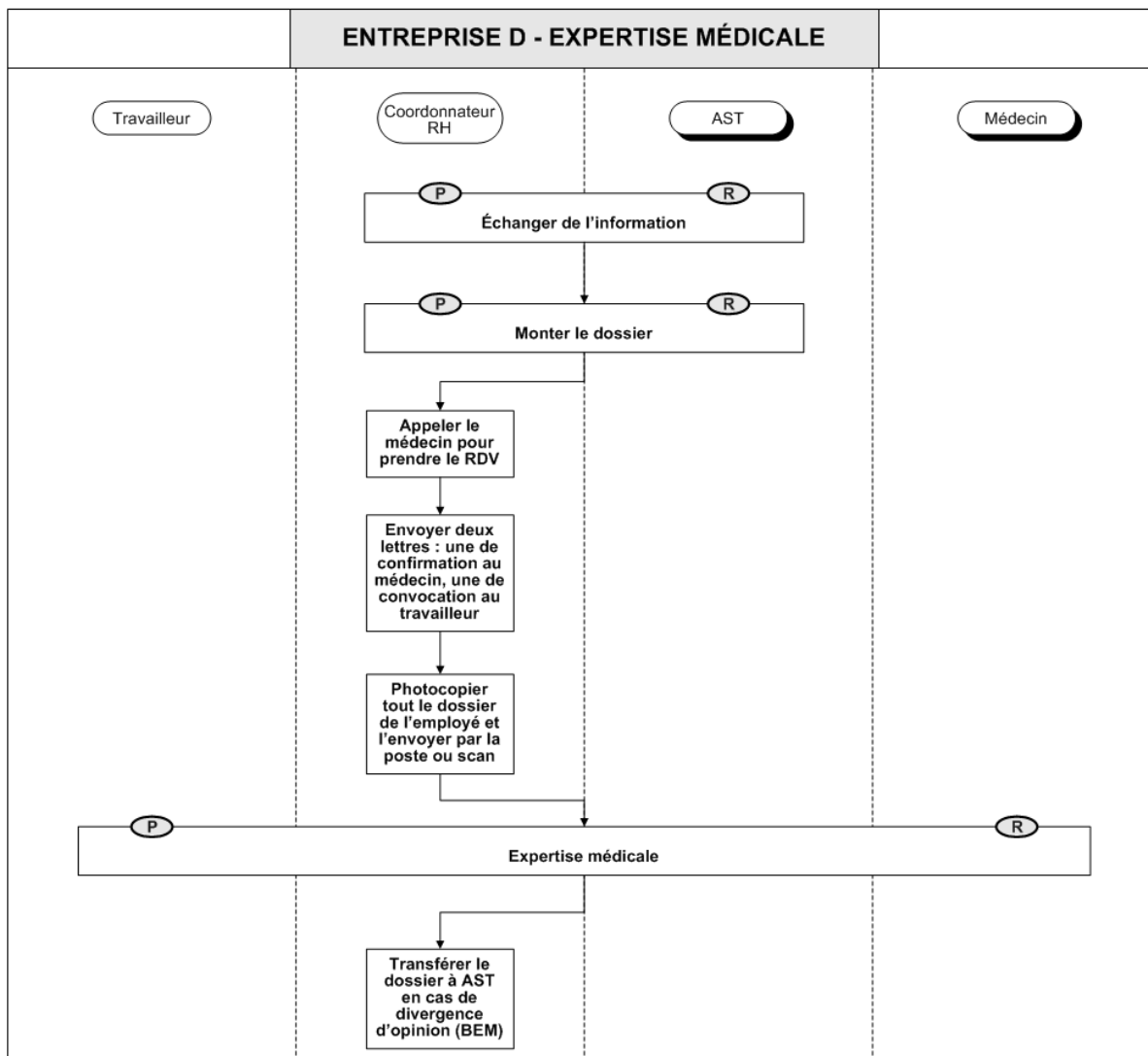
**Figure A.7 :** Procédure « Fermeture du dossier » de l'entreprise D

**Tableau A.7** : Coût de la procédure « Fermeture du dossier » de l'entreprise D

<b>Fermeture du dossier perte de temps ou travaux légers (si supérieur à 3 jours)</b>		<b>Durée (min)</b>	<b>Fréquence (%)</b>	<b>Salaire (\$/h)</b>	<b>Av. sociaux</b>	<b>Coût (\$)</b>
Coordonnateur RH	Suivi du dossier	5	100%	21	20%	2,1
Coordonnateur RH	Transférer l'information à la directrice RH, à l'agente RH et au superviseur	0	100%	21	20%	0
Superviseur	Gérer le mouvement de main-d'œuvre en attendant le comité MO	15	100%	25	20%	7,5
Superviseur	Donner des tâches au travailleur en attendant le comité MO (3 jours)	15	100%	25	20%	7,5
Directeur RH	Prendre connaissance de la fin de l'événement	0	100%	36	20%	0
Comité MO	Refaire l'organigramme en prenant en compte le retour du travailleur blessé	5	100%	183,8	20%	18,38
Agent RH	Modifier la paye	5	100%	16,8	20%	1,68
Agent RH	Fermer le dossier	30	100%	16,8	20%	10,08
<b>TOTAL</b>						<b>47,24</b>

### **A.8. Expertise médicale**

Lorsque l'entreprise veut contester un événement, elle doit échanger de l'information avec AST. AST est une entreprise qui s'occupe de contester les cas litigieux avec l'entreprise. Le travailleur doit se rendre à une visite médicale payée par l'employeur. Le coordonnateur RH s'occupe d'envoyer les différents papiers au médecin et au travailleur (papiers de convocation). Les informations de l'expertise médicale seront ensuite utilisées pour contester l'événement (en cas de divergence de diagnostic avec le médecin traitant du travailleur). L'expertise médicale n'est donc qu'une étape de la contestation du dossier mais cette entreprise sous-traite à AST la gestion de ses dossiers litigieux.

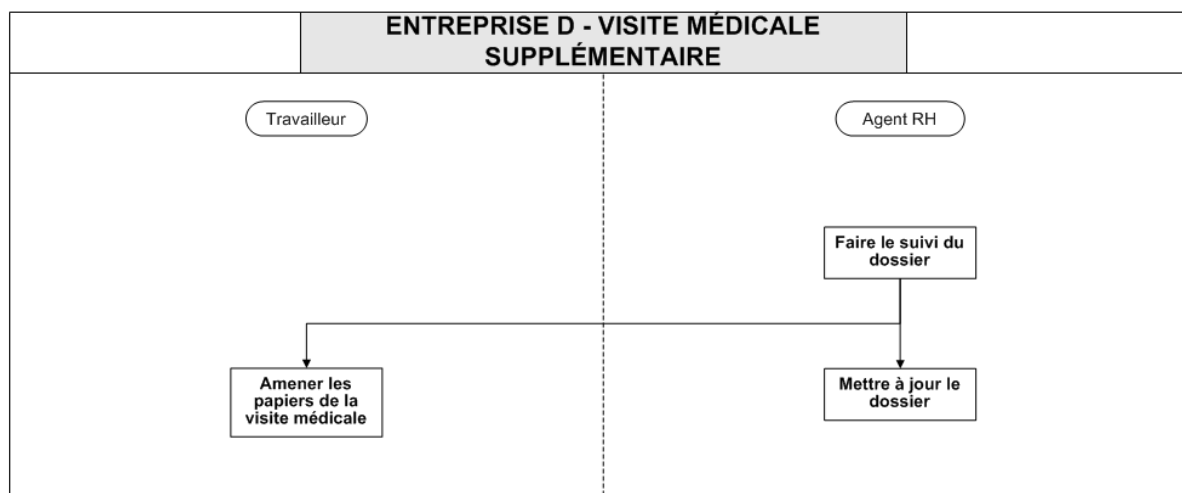


**Figure A.8** : Procédure « expertise médicale » de l'entreprise D



## A.9. Visite médicale supplémentaire

Les visites médicales supplémentaires ont lieu en moyenne tous les 10 jours ouvrables. C'est l'occasion pour l'agent RH de faire le suivi du dossier et de le mettre à jour.



**Figure A.9** : Procédure « visite médicale supplémentaire » de l'entreprise D

**Tableau A.9** : Coût de la procédure « visite médicale supplémentaire » de l'entreprise D

Visite médicale supplémentaire		Durée (min)	Fréquence (%)	Salaire (\$/h)	Av. sociaux	Coût (\$)
Travailleur blessé	Amener les papiers de visite médicale	0	100%	15,6	20%	0
Agent RH	Faire le suivi du dossier	15	100%	16,8	20%	5,04
Agent RH	Mettre à jour le dossier		100%	16,8	20%	0
<b>TOTAL</b>						<b>5,04</b>

### A.10. Exemple de calcul de coûts d'accidents au moyen du calculateur

Les exemples 1 à 4 ci-dessous montrent le calculateur (en haut) et les procédures sélectionnées pour le calcul (en bas).

*Exemple 1* : Accident avec premiers soins et enquête en analyse d'accident

CALCULATEUR		
Nombre de jours de perte de temps		0
Nombre de jours de travaux légers		0
Productivité assignation temporaire		25%
Premiers soins ?		oui
Visite médicale ?		non
Enquête et analyse d'accident ?		oui
Visite médicale tous les	10	jours
Contestation ?		non
TOTAL DES COÛTS INDIRECTS (en \$)		69,17 \$

Procédure		Coût (\$)
Événement déclaré sans premiers soins		4,73
Premiers soins	X	27,51
Enquête et analyse d'accident	X	41,66
Visite médicale		114,62
Premier jour de perte de temps		40,04
Deuxième jour de perte de temps		29,56
Troisième jour de perte de temps		47,94
Nième journée de perte de temps		0,00
Fermeture du dossier perte de temps ou travaux légers (si supérieur à 3 jours)		47,24
Expertise médicale (contestation)		425,20
Visite médicale supplémentaire		5,04
Premier jour de travaux légers		159,46
Deuxième jour de travaux légers		144,38
Troisième jour de travaux légers		162,76
Nième jour de travaux légers		114,82



*Exemple 2* : Accident de 2 jours de travaux légers

<b>CALCULATEUR</b>		
Nombre de jours de perte de temps		<b>0</b>
Nombre de jours de travaux légers		<b>2</b>
Productivité assignation temporaire		<b>25%</b>
Premiers soins ?		<b>oui</b>
Visite médicale ?		<b>oui</b>
Enquête et analyse d'accident ?		<b>oui</b>
Visite médicale tous les	<b>10</b>	<b>jours</b>
Contestation ?		<b>non</b>
<b>TOTAL DES COÛTS INDIRECTS (en \$)</b>		<b>460,12 \$</b>

Procédure		Coût (\$)
Événement déclaré sans premiers soins		4,73
Premiers soins		27,51
Enquête et analyse d'accident	X	41,66
Visite médicale	X	114,62
Premier jour de perte de temps		40,04
Deuxième jour de perte de temps		29,56
Troisième jour de perte de temps		47,94
Nième journée de perte de temps		0,00
Fermeture du dossier perte de temps ou travaux légers (si supérieur à 3 jours)		47,24
Expertise médicale (contestation)		425,20
Visite médicale supplémentaire		5,04
Premier jour de travaux légers	X	159,46
Deuxième jour de travaux légers	X	144,38
Troisième jour de travaux légers		162,76
Nième jour de travaux légers		114,82

Exemple 3 : Accident de 6 jours de perte de temps

CALCULATEUR		
Nombre de jours de perte de temps		6
Nombre de jours de travaux légers		0
Productivité assignation temporaire		25%
Premiers soins ?		oui
Visite médicale ?		oui
Enquête et analyse d'accident ?		oui
Visite médicale tous les	10	jours
Contestation ?		non
TOTAL DES COÛTS INDIRECTS (en \$)		321,06 \$

Procédure		Coût (\$)
Événement déclaré sans premiers soins		4,73
Premiers soins		27,51
Enquête et analyse d'accident	X	41,66
Visite médicale	X	114,62
Premier jour de perte de temps	X	40,04
Deuxième jour de perte de temps	X	29,56
Troisième jour de perte de temps	X	47,94
Nième journée de perte de temps	3	0,00
Fermeture du dossier perte de temps ou travaux légers (si supérieur à 3 jours)	X	47,24
Expertise médicale (contestation)		425,20
Visite médicale supplémentaire		5,04
Premier jour de travaux légers		159,46
Deuxième jour de travaux légers		144,38
Troisième jour de travaux légers		162,76
Nième jour de travaux légers		114,82

*Exemple 4* : Accident de 10 jours de perte de temps et 10 jours d'assignation temporaire où le travailleur est envoyé en expertise médicale

<b>CALCULATEUR</b>		
Nombre de jours de perte de temps		<b>10</b>
Nombre de jours de travaux légers		<b>10</b>
Productivité assignation temporaire		<b>25%</b>
Premiers soins ?		<b>oui</b>
Visite médicale ?		<b>oui</b>
Enquête et analyse d'accident ?		<b>oui</b>
Visite médicale tous les	<b>10</b>	jours
Contestation ?		<b>oui</b>
<b>TOTAL DES COÛTS INDIRECTS (en \$)</b>		<b>1 904,54 \$</b>

Procédure		Coût (\$)
Événement déclaré sans premiers soins		4,73
Premiers soins		27,51
Enquête et analyse d'accident	X	41,66
Visite médicale	X	114,62
Premier jour de perte de temps	X	40,04
Deuxième jour de perte de temps	X	29,56
Troisième jour de perte de temps	X	47,94
Nième journée de perte de temps	7	0,00
Fermeture du dossier perte de temps ou travaux légers (si supérieur à 3 jours)	X	47,24
Expertise médicale (contestation)	X	425,20
Visite médicale supplémentaire	2	5,04
Premier jour de travaux légers		159,46
Deuxième jour de travaux légers		144,38
Troisième jour de travaux légers		162,76
Nième jour de travaux légers	10	114,82

## BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

- Aaltonen, M., & Soderqvist, A. (1987). *Occupational Injuries and Economic Assessment in Furniture Industries: a Nordic Project*. Paper presented at the XIth World Congress on the Prevention of Occupational Accident and Diseases. Stockholm.
- Aaltonen, M. V. P., & Miettinen, J. (1997). Computer-aided calculation of accident costs. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 7(2), 67-78.
- Aaltonen, M. V. P., Uusi-Rauva, E., Saari, J., Antti-Poika, M., Räsänen, T., & Vinni, K. (1996). The accident consequence tree method and its application by real-time data collection in the Finnish furniture industry. *Safety Science*, 23(1), 11-26.
- Ahonen, M., Launis, M., Kuorinka, T. (1989). *Ergonomics Workplace Analysis*. Ergonomic Section, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki.
- Amador-Rodezno, R. (2005). An overview to CERSSO's self evaluation of the cost-benefit on the investment in occupational safety and health in the textile factories: "A step by step methodology". *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 215-229.
- Berger, M. L., Murray, J. F., Xu, J., & Pauly, M. (2001). Alternative Valuations of Work Loss and Productivity. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 43(1), 18-24.
- Bergstrom, M. (2005). The potential-method-an economic evaluation tool. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 237-240.
- Biddle, E. (2004). The economic cost of fatal occupational injuries in the United States. *Contemporary Economic Policy*, 22, 370-381.
- Biddle, E. A., Ray, T. K., Owusu-Edusei Jr, K., & Camm, T. (2005). Synthesis and recommendations of the economic evaluation of OHS interventions at the company level conference. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 261-267.
- Bird, F. (1974). *Management Guide to Loss Control*. Atlanta, GA: Institute Press.

- Boff, K. R., & Rouse, W. B. (1997). Assessing Cost/Benefits of Human Factors. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2nd Edition* (pp. 1617-1633). New-York, NY: Wiley.
- Brody, B., Létourneau, Y., Poirier, A. (1990a). Le coût des accidents de travail: état des connaissances. *Relations Industrielles*, 45(1), 94-116.
- Brody, B., Létourneau, Y., Poirier, A. (1990b). *Les coûts indirects des accidents du travail*. Rapport de recherche R-044, IRSST, Montréal, QC.
- Brody, B., Létourneau, Y. & Poirier, A. (1990c). Indirect cost theory of work accident prevention. *Journal of Occupational Accidents*, 13(4), 255.
- Brown R. and Li G., (2003), *The development of action levels for the « Quick Exposure Check (QEC) system »*, In: *Contemporary Ergonomics 2003*, London: Taylor & Francis, p.41-46.
- Camirand, H., Bernèche, F., Cazale, L., Dufour, R. & Baulne, J. (2010). *L'enquête québécoise sur la santé de la population, 2008 : pour en savoir plus sur la santé des Québécois*. Québec, Québec : Institut de la statistique du Québec.
- Corcoran. (2002). The Value of estimating the hidden costs of accidents. *Occupational Health and Safety*, 71(9), 26-30.
- Costa-Black, K. (2009). *Ergonomics in the rehabilitation of low back disability cases: Towards development of an evaluation framework that fosters team collaboration*. École Polytechnique de Montreal, Montreal.
- Dastous, P. A., Nikiema, J., Maréchal, D., Racine, L., & Lacoursière, J. P. (2008). Risk management: All stakeholders must do their part. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21(4), 367-373.
- Denis, D., St-Vincent, M., Imbeau, D., Jette, C., & Nastasia, I. (2008). Intervention practices in musculoskeletal disorder prevention: A critical literature review. *Applied Ergonomics*, 39(1), 1-14.

- Dorman, P. (2000). *The economics of Safety, Health and Well being at work*. Geneva: International Labour Organization.
- Douillet, P. (2005). Des coûts aux risques stratégiques: Essai d'approche économique de la problématique des troubles musculo-squelettiques. *Performances*, 23, 34-41.
- Dumas, P. (1990). *La méthode OSSAD : pour maîtriser les technologies de l'information. Tome 1, principes / Philippe Dumas, Gilles Charbonnel ; préface de Jean-Paul de Blasis*. Paris: Les éditions d'organisation.
- Everett, J. G., & Frank Jr., P. B. (1996). Costs of Accidents and Injuries to the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), 158-164.
- Fulwiler, R. D. (2000). Building the Business Case for Health and Safety. *Occupational Hazards*, 62, 13-16.
- Gardner, D., Cross, J. A., Fonteyn, P. N., Carlopio, J., & Shikdar, A. (1999). Mechanical equipment injuries in small manufacturing businesses. *Safety Science*, 33, 1-12.
- Gavious, A., Mizrahi, S., Shani, Y., & Minchuk, Y. (2009). The costs of industrial accidents for the organization: Developing methods and tools for evaluation and cost-benefit analysis of investment in safety. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 434-438.
- Gibbons, J. D., & Chakraborti, S. (2003). *Nonparametric Statistical Inference, Fourth Edition, Revised and Expanded*. New-York: Marcel Dekker, Inc.
- Gilks, J., & Logan, R. (2010). *Les accidents du travail et les maladies professionnelles au Canada, 1996 - 2008 : Taux des accidents de travail et leur coût de l'économie*. Ottawa: Développement des ressources humaines Canada.
- Goggins, R. W., Spielholz, P. & Nothstein, G. L. (2008). Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: Implications for predictive cost-benefit analysis. *Journal of Safety Research*, 39(3), 339-344.

- Gosselin, M. (2004). *Analyse des avantages et des coûts de la santé et de la sécurité au travail en entreprise: Développement de l'outil d'analyse*. Rapport de recherche R-375, IRSST, Montréal, QC.
- Grun, R. E. (2006). *Monitoring and evaluation Projects: A step-by-step Primer on Monitoring, Benchmarking, and Impact Evaluation*. Health, Nutrition and Population (HNP) Discussion Paper, The World Bank, Washington, DC.
- Hair, J. F., Tatham, R. L., Anderson, R. E., & Black, W. (1998). *Multivariate Data Analysis, Fifth Edition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc.
- Head, L., & Harcourt, M. (1997). The direct and indirect costs of Workplace Accidents in New Zealand. In: *Proceedings of the 11th AIRAANZ Conference, January 30 - February 1 1997, Brisbane, Australia*.
- Heinrich, H.W. (1959). *Industrial accident prevention: A scientific approach*, 4<sup>th</sup> ed. (1931 for the 1<sup>st</sup> ed.; 1941 for the 2<sup>nd</sup> ed.), New York: McGraw Hill.
- Helander, M. G., & Burri, G. J. (1995). Cost effectiveness of ergonomics and quality improvements in electronics manufacturing. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(2), 137-151.
- Hinze, J. (1991). *Indirect costs of construction accidents*. The construction Industry Institute (CII), Source document 67, Austin, TX.
- Hinze, J., Devenport, J. N., & Giang, G. (2006). Analysis of Construction Worker Injuries That Do Not Result in Lost Time. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(3), 321-326.
- Hogg, R. V., & Craig, A. (1978). *Introduction to Mathematical Statistics*. New-York: MacMillan Publishing Co., Inc.
- Howard, W. A. (1964). Cost of Accidents in Seven Undertakings. *Personnel Practice Bulletin*, 20(3), 19-24.

- Imbeau, D., & Fradet, C. (2004). Outils d'évaluation des facteurs de risque de TMS. Présentation aux ergonomes de la Direction de la prévention-inspection. Montréal, QC.
- Imbeau, D., Nastasia, I., Farbos, B. (2004). *Troubles musculo-squelettiques: évaluation et conception du travail (Chapitre 18)*. Dans : *Manuel d'hygiène du travail: du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*, Montréal, QC: Modulo-Griffon.
- Imre, J. J. (1976). *Uninsured Costs of Work Accidents: Replication and New Applications of Simonds Method*. Michigan State University, East Lansing, MI.
- Jallon, R., Imbeau, D. & de Marcellis-Warin, N. (2011a). Development of an indirect-cost calculation model suitable for workplace use. *Journal of Safety Research*, Accepted for publication.
- Jallon, R., Imbeau, D., & De Marcellis-Warin, N. (2011b). A process mapping model for calculating indirect costs of workplace accidents *Journal of Safety Research*, Accepted for publication.
- Jallon, R., Imbeau, D., & De Marcellis-Warin, N. (2011c). Application of a process mapping based model for the assessment of indirect costs of work-related accidents. *Accident Analysis and Prevention*, Submitted for publication.
- Katsakiori, P., Kavvathas, A., Athanassiou, G., Goutsos, S., & Manatakis, E. (2010). Workplace and organizational accident causation factors in the manufacturing industry. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(1), 2-9.
- Kogi, K., Kawakami, T., Itani, T., & Batino, J. M. (2003). Low-cost work improvements that can reduce the risk of musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31(3), 179-184.
- Koningsveld, E. A. P., & The, K. A. (2000). Ergonomics and economics, dilemma's and chances. In: *Proceedings of the XIVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association and 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Association, "Ergonomics for the New Millennium", July 29 - August 4 2000, San Diego, CA, United States*.



- Koopmanschap, M. A., & Rutten, F. F. H. (1993). Indirect costs in economic studies. *Pharmacoeconomics*, 4, 406.
- Koopmanschap, M. A., Rutten, F. F. H., van Ineveld, B. M., & van Roijen, L. (1995). The friction cost method for measuring indirect costs of disease. *Journal of Health Economics*, 14(2), 171-189.
- Korhan, O., & Mackieh, A. (2010). A model for occupational injury risk assessment of musculoskeletal discomfort and their frequencies in computer users. *Safety Science*, 48(7), 868-877.
- Kuorinka, I. et Forcier, L. (1995). *Les lésions attribuables au travail répétitif – Ouvrage de référence sur les lésions musculo-squelettiques liées au travail*. Sainte-Foy: Québec, Multi-mondes/IRSST/Maloiné.
- LaBelle, J. E. (2000). What do accidents truly cost? Determining Total Incident Costs. *Professional Safety*, 45(4), 38-42.
- Lahiri, S., Gold, J. & Levenstein, C. (2005). Net-cost model for workplace interventions. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 241-255.
- Landstad, B. J., Gelin, G., Malmquist, C., & Vinberg, S. (2002). A statistical human resources costing and accounting model for analysing the economic effects of an intervention at a workplace. *Ergonomics*, 45(11), 764-787.
- Lanoie, P., & Tavenas, S. (1996). Costs and benefits of preventing workplace accidents: The case of participatory ergonomics. *Safety Science*, 24(3), 181-196.
- Lanoie, P., & Trottier, L. (1998). Costs and Benefits of Preventing Workplace Accidents: Going from a Mechanical to a Manual Handling System. *Journal of Safety Research*, 29(2), 65-75.
- Laufer, A. (1987a). Construction accident cost and management safety motivation. *Journal of Occupational Accidents*, 8(4), 295-315.

- Laufer, A. (1987b). Construction safety: economics, information and management involvement. *Construction Management and Economics*, 5, 73-90.
- Leigh, J. P., Markowitz, S. B., Fahs, M., & Landrigan, P. J. (2000). *Costs of Occupational Injuries and Illnesses*. Ann Harbor, MI: University of Michigan Press.
- Leigh, J. P., Waehrer, C., Miller, T. R., & McCurdy, S. A. (2006). Costs differences across demographic groups and types of occupational injuries and illness. *American Journal of Industrial Medicine*, 49(10), 845-853.
- Leigh, J. P., Waehrer, G., Miller, T. R., & Keenan, C. (2004). Costs of occupational injury and illness across industries. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 30(3), 199-205.
- Leopold, E., & Leonard, S. (1987). Costs of Construction Accidents to Employers. *Journal of Occupational Accidents*, 8, 273-294.
- Levitt, E. R., Parker, H. W., Samelson, N. M. (1981). *Improving Construction Safety Performance: the user's role*. Stanford, CA: Stanford University.
- Li, G., & Buckle, P. (1999). *The development of a practical method for the exposure assessment of risks to work-related musculoskeletal disorders*. University of Surrey: European Institute of Health and Medical Sciences.
- Linhard, J. B. (2005). Understanding the return on health, safety and environmental investments. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 257-260.
- Lofland, J. H., Pizzi, L., & Frick, K. D. (2004). A Review of Health-Related Workplace Productivity Loss Instruments. *Pharmacoeconomics*, 22(3), 165-184.
- Lötters, F., Meerding, W. J., & Burdorf, A. (2005). Reduced productivity after sickness absence due to musculoskeletal disorders and its relation to health outcomes. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 31(5), 367-374.

- Lyon, B. K. (1997). Ergonomic benefit/cost analysis: Communicating the value of enhancements. *Professional Safety*, 42(3), 33-36.
- Manuele, F. A. (2011). Accident Costs Rethinking ratios of indirect to direct costs. *Professional Safety*, Jan 2011, 39-47.
- Marras, W. S. (2003). The case for cumulative trauma in low back disorders. *The Spine Journal*, 3, 177-179.
- Michel, C., Arcand, R., Crevier, H., Dovonou, N., Martin, M., Pelletier, P., et al. (2010). *Portrait national des troubles musculosquelettiques (TMS) 1998-2007 : TMS sous surveillance*. Institut National de Santé Publique. Québec.
- Miller, T. R. (1992). *The cost of injuries to employers: A NETS compendium*, Washington, DC: The Urban Institute.
- Miller, T. R. (1997). Estimating the costs of injury to U.S. employers. *Journal of Safety Research*, 28(1), 1-13.
- Miller, T. R., & Galbraith, M. (1995). Estimating the costs of occupational injury in the United States. *Accident Analysis & Prevention*, 27(6), 741-747.
- Monnery, N. (1998). The costs of accidents and work-related ill-health to a cheque clearing department of a financial services organisation. *Safety Science*, 31(1), 59-69.
- Morley, C., Hugues, J., Leblanc, B. & Hugues, O. (2004). *Processus métiers et systèmes d'information : évaluation, modélisation, mise en œuvre*. Paris: Dunod.
- National Research Council/Institute of Medicine (NRC/IM) (2001). *Musculoskeletal Disorders and the Workplace - Low back and Upper extremities*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Neville, H. (1998). Workplace accidents: they cost more than you might think. *Industrial Management (Norcross, Georgia)*, 40(1), 7-9.

- Oxenburgh, M. (1997). Cost-benefit analysis of ergonomics programs. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(2), 150-156.
- Oxenburgh, M. S., & Marlow, P. (2005). The Productivity Assessment Tool: Computer-based cost benefit analysis model for the economic assessment of occupational health and safety interventions in the workplace. *Journal of Safety Research - ECON proceedings*, 36(3), 209-214.
- Oxenburgh, M. S., & Guldborg, H. H. (1993). The economic and health effects on introducing a safe manual handling code of practice. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12(4), 241-253.
- Paez, O., Uahinui, T., Genaidy, A., Karwowski, W., Sun, L., & Daraiseh, N. (2006). Estimating uninsured costs of work-related accidents, part II: an incidence-based model. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 247-260.
- Pauly, M. V., Nicholson, S., Xu, J., Polsky, D., Danzon, P. M., Murray, J. F., Berger, M. L. (2002). A general model of the impact of absenteeism on employers and employees. *Health Economics*, 11(3), 221-231.
- Pearson, R. K. (2005). *Mining Imperfect Data: Dealing with Contamination and Incomplete Records*. Philadelphia: SIAM, Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Petersen, D. (1998). What measures should we use, and why? Measuring safety system effectiveness. *Professional Safety*, 43(10), 37-40.
- Putz-Anderson, V. (1988). *Cumulative trauma disorders – A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. London: Taylor et Francis.
- Riel, P. F., & Imbeau, D. (1995). Economic justification of investments for health and safety interventions. Part II. Applying activity based costing to the insurance cost. *International Journal of Industrial Engineering - Applications and Practice*, 2(1), 55.
- Riel, P. F., & Imbeau, D. (1997). The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: A case study. *Journal of Safety Research*, 28(3), 159-176.

- Rikhardsson, P. M., & Impgaard, M. (2004). Corporate cost of occupational accidents: an activity-based analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 173-182.
- Robson, L. S., Shannon, H. S., Goldenhar, L. M., & Hale, A. R. (2001). *Guide to Evaluating the Effectiveness of Strategies for Preventing Work Injuries: How to Show Whether a Safety Intervention Really Works*. Cincinnati, OH: Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Seeley, P. A., & Marklin, R. W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34(5), 429-439.
- Shannon, H. S., & Lowe, G. S. (2002). How many injured workers do not file claims for workers' compensation benefits? *American Journal of Industrial Medicine*, 42(6), 467-473.
- Sklet, S. (2004). Comparison of some selected methods for accident investigation. *Journal of Hazardous Materials*, 111, 29-37.
- Simonds, R. H., & Grimaldi, J. V. (1956). *Safety management*. Homewood, Illinois: Irwin.
- Son, K. S., Melchers, R. E., & Kal, W. M. (2000). Analysis of safety control effectiveness. *Reliability Engineering and System Safety* 68(3), 187-194.
- Stricoff, R. S. (2000). Safety performance measurement: identifying prospective indicators with high validity. *Professional Safety*, 45(1), 36-39.
- St-Vincent, M., Bellemare, M., Toulouse, G., & Tellier, C. (2006). Participatory ergonomic processes to reduce musculoskeletal disorders: Summary of a Québec experience. *IOS Press, Work*, 27, 123.
- Sun, L., Paez, O., Lee, D., Salem, S., & Daraiseh, N. (2006). Estimating the uninsured costs of work-related accidents, part I: a systematic review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(3), 227-245.
- WHO Scientific Group (2003). *The burden of MS conditions at the start of the new millenium*. Geneva: World Health Organization.

Yelin, E. (2003). Cost of musculoskeletal diseases: impact of work disability and functional decline. *Journal of Rheumatology*, 68, 8-11.

Yeow, P. H. P., & Nath Sen, R. (2003). Quality, productivity, occupational health and safety and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32(3), 147-163.

Young, G. S. (1988). *A field data collection program to determine employer costs attributable to motor vehicle accidents, Report to NHTSA*. Cambridge, MA: Arthur D. Little. Inc.

Sites Internet :

Economic Burden of Illness in Canada (EBIC), 1998: <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ebic-femc98/pdf/ebic1998.pdf>

Statistique Canada: <http://www40.statcan.gc.ca/102/cst01/econ46a-fra.htm>

Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (CSST), 2010:

[http://www.csst.qc.ca/publications/300/DC\\_300\\_275.htm](http://www.csst.qc.ca/publications/300/DC_300_275.htm)

OHSAS 18001 (2007) <http://www.standardsdirect.org/ohsas.htm>

## Références additionnelles (non citées)

- Alexander (1998). Strategies for Cost Justifying Ergonomic Improvements. *IIE Solutions*, 30(3), 30-35.
- Amick-III, B., Lerner, D., Rogers, W., Rooney, T., & Katz, J. (2000). A review of health-related work outcome measures and their uses, and recommended measures. *Spine*, 25(24), 3152-3160.
- Andersson, E. R. (1992a). Economic evaluation of ergonomic solutions: Part I -- Guidelines for the practitioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10(1-2), 161-171.
- Andersson, E. R. (1992b). Economic evaluation of ergonomic solutions: Part II -- The scientific basis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10(1-2), 173-178.
- Andreoni, D. (1986). *The costs of Occupational Accidents and Diseases*. Geneva : International Labour Office.
- Aronsson, G., Gustafsson, K., & Dallner, M. (2000). Sick but yet at work. An empirical study of sickness presenteeism. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54(7), 502-509.
- Behm, M., Voltri, A., & Kleinsorge, I. (2004). The Cost of Safety: Cost analysis model helps build business case for safety. *Professional Safety*, 49(4), 22.
- Boff, K. R., & Rouse, W. B. (1997). Assessing Cost/Benefits of Human Factors. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2nd Edition* (pp. 1617-1633). New York: Wiley.
- Brody, B., Létourneau, Y., & Poirier, A. (1990). Indirect cost theory of work accident prevention. *Journal of Occupational Accidents*, 13(4), 255-270.
- Brody, B., Rohan, P. C., Létourneau, Y., & Poirier, A. (1990). Real indirect costs of work accidents. Results from our new model. *Journal of Occupational Accidents*, 12(1-3), 99.

- Brouwer, W. B. F., Koopmanschap, M. A., & Rutten, F. F. H. (1999). Productivity losses without absence: measurement validation and empirical evidence. *Health Policy*, 48(1), 13-27.
- Brouwer, W. B. F., van Exel, N. J. A., Koopmanschap, M. A., & Rutten, F. F. H. (2002). Productivity costs before and after absence from work: as important as common? *Health Policy*, 61(2), 173-187.
- Burton, W. N., & Conti, D. J. (1999). The real measure of productivity. *Business Health*, 17(11), 34-36.
- Burton, W. N., Conti, D. J., Chen, C.-Y., Schultz, A. B., & Edington, D. W. (1999). The Role of Health Risk Factors and Disease on Worker Productivity. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 41(10), 863-877.
- Campolieti, M. (2001). Multiple state hazard models and workers' compensation claims: An examination of workers compensation data from Ontario. *Accident Analysis and Prevention*, 33(2), 197-202.
- Chhokar, R., Engst, C., Miller, A., Robinson, D., Tate, R. B., & Yassi, A. (2005). The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics*, 36(2), 223-229.
- Cole, D. C., Wells, R. P., Frazer, M. B., Kerr, M. S., Neumann, W. P., & Laing, A. C. (2003). Methodological issues in evaluating workplace interventions to reduce work-related musculoskeletal disorders through mechanical exposure reduction. *Scandinavian Journal of Work Environmental Health*, 29(5), 396-405.
- Dahlen, P. G., & Wernersson, S. (1995). Human factors in the economic control of industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(3), 215-221.
- Dionne, G., Gagne, R., Gagnon, F., & Vanasse, C. (1997). Debt, moral hazard and airline safety: An empirical evidence. *Journal of Econometrics*, 79(2), 379-402.
- Dorsey, S., & Walzer, N. (1983). Workers compensation, job hazards, and wages. *Industrial and Labor Relations Review*, 36(4), 642-654.



- Drury, G. C., Roberts, D. P., Hangsen, R., & Bayman, J. R. (1983). Evaluation of a Palletising Aid. *Applied Ergonomics*, 14(4), 242-246.
- Eklund, J. (1995). Relationships between Ergonomics and Quality in Assembly Work. *Applied Ergonomics*, 26, 15-20.
- Escorpizo, R. (2008). Understanding work productivity and its application to work-related musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(3-4), 291-297.
- Everett, J. G., & Thompson, W. S. (1995). Experience Modification Rating for Workers' Compensation Insurance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 121(1), 66-79.
- Freeman, K., LaFleur, B. J., Booth, J., Doyle, E. J., & Pugh, W. M. (2001). An actuarial method for estimating the long-term, incidence-based costs of Navy civilian occupational injuries and illnesses. *Journal of Safety Research*, 32(3), 289-297.
- Fulwiler, R. D. (1997). Safety First? No, Not Really. *Occupational Hazards*, 59(10), 103-109.
- Greenberg, P. E., Birnbaum, H. G., Kessler, R. C., Morgan, M., & Stang, P. (2001). Impact of Illness and Its Treatment on Workplace Costs: Regulatory and Measurement Issues. *Publication Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 43(1), 56-63.
- Greenberg, P. E., Finkelstein, S. N., & Berndt, E. R. (1995). Economic Consequences of Illness in the Workplace. *Sloan Management Review*, 36, 26-37.
- Hansen, M. D., Grotewold, H. W., & Harley, R. M. (1997). Dollars and sense: Using financial principles in the safety profession. *Professional Safety*, 42(6), 36.
- Harms-Ringdahl, L. (1990). On economic evaluation of systematic safety work at companies. *Journal of Occupational Accidents*, 12, 89-98.
- Hendrick, H. W. (2003). Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. *Applied Ergonomics*, 34(5), 419-427.

- Howard, W. A. (1964). Cost of Accidents in Seven Undertakings. *Personnel Practice Bulletin*, 20(3), 19-24.
- Imre, J. J. (1976). *Uninsured Costs of Work Accidents: Replication and New Applications of Simonds Method*. Michigan State University, East Lansing, MI.
- Johnson, W. G., & Ondrich, J. (1990). The Duration of post-Injury Absences from Work. *The Review of Economics and Statistics*, 72(4), 578-586.
- Kara, K., Kothari, J., Genaidy, A., Weckman, G., Shell, R., & Karwowski, W. (2008). Factors affecting healthcare costs in manufacturing. *Human Factors in Ergonomics & Manufacturing*, 18(2), 199-211.
- Kemmlert, K. (1996). Economic impact of ergonomic intervention—Four case studies. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6(1), 17-32.
- Kessler, R. C., Ames, M., Hymel, P. A., Loeppke, R., Mckenas, D. K., Richling, D. E., *et al.* (2004). Using the World Health Organization Health and Work Performance Questionnaire (HPQ) to Evaluate the Indirect Workplace Costs of Illness. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 46(S6), S23-S27.
- Kessler, R. C., Barber, C., Beck, A., Berglund, P., Cleary, P. D., McKenas, D., *et al.* (2003). The World Health Organization Health and Work Performance Questionnaire (HPQ). *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45(2), 156-174.
- Klen, T. (1989). Costs of occupational accidents in forestry. *Journal of Safety Research*, 20(1), 31-40.
- Koopmanschap, M. A., Burdorf, A., Jacob, K., Meerding, W. J., Brouwer, W., & Severens, H. (2005). Measuring Productivity Changes in Economic Evaluation, Setting the research agenda. *Pharmacoeconomics*, 23(1), 47-54.
- Koopmanschap, M. A., & Rutten, F. F. H. (1996). A Practical Guide for Calculating Indirect Costs of Disease. *Pharmacoeconomics*, 10(5), 460-468.

- Lerner, D., Amick, B. C., Rogers, W. H., Malspeis, S., Bungay, K., & Cynn, D. (2001). The Work Limitations Questionnaire. *Medical Care*, 39(1), 72-85.
- Lewis, R. J., Krawiec, M., Confer, E., Agopsowicz, D., & Crandall, E. (2002). Musculoskeletal disorder worker compensation costs and injuries before and after an office ergonomics program. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29(2), 95-99.
- Li, G., & Buckle, P. (1999a). Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*, 42(5), 674-695.
- Marquis, M. (1992). *Economic consequences of work related injuries*. Report no CT-103. Santa Monica, CA: Rand Institute of Civil Justice.
- Meerding, W. J., Ijzelenberg, W., Koopmanschap, M. A., Severens, J. L., & Burdorf, A. (2005). Health problems lead to considerable productivity loss at work among workers with high physical load jobs. *Journal of Clinical Epidemiology*, 58(5), 517-523.
- Miller, T. R., & Rossman, S. B. (1990). *Safety programs: saving money by saving lives*. Best's safety directory 1991 (Vol. 1, pp. 52-59). Oldwick, NJ: Best Publishing.
- Mital, A., Pennathur, A., & Kansal, A. (1999). Nonfatal occupational injuries in the United States Part I - overall trends and data summaries. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(2), 109-129.
- Morgenstern, M. L. (1992). Workers Compensation: Managing Costs. *Compensation and Benefits Review*, 24(5), 30-38.
- Mossink, J. C. M. (1990). Case history: design of a packaging workstation. *Ergonomics*, 33, 399-406.
- Nicholson, S., Pauly, M. V., Polsky, D., Sharda, C., Szrek, H. & Berger, M. L. (2006). Measuring the effects of work loss on productivity with team production. *Health Economics*, 15(2), 111-123.

- Ose, S. O. (2005). Working conditions, compensation and absenteeism. *Journal of Health Economics*, 24(1), 161-188.
- Osterhaus, J. T., Gutterman, D. L., & Plachetka, J. R. (1992). Health Care resource and lost labor costs of migraine headache in the U.S. *Pharmacoeconomics*, 2(1), 67-76.
- Parker, K. G. (1995). Why ergonomics is good economics. *Industrial Engineering - Norcross*, 27(2), 41-47.
- Pauly, M. V., Nicholson, S., Polsky, D., Berger, M. L., & Sharda, C. (2007). Valuing reductions in on-the-job illness: "presenteeism" from managerial and economic perspectives. *Health Economics*, 17(4), 469-485.
- Pérusse, M. (1993). Gérer la prévention, c'est rentable. *Travail et santé*, 9(2), 9-14.
- Petersen, D. (2000). Safety management 2000: our strengths & weaknesses. *Professional Safety*, 45(1), 16-19.
- Quintana, R., & Pawlowitz, I. (1999). A Poisson model for work-related musculoskeletal disorder cost estimation. *Safety Science*, 32(1), 19-31.
- Resnick, M. L., & Zanotti, A. (1997). Using ergonomics to target productivity improvements. *Computers & Industrial Engineering*, 33(1-2), 185-188.
- Riel, P. F., & Imbeau, D. (1996). Justifying investments in industrial ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18(5-6), 349-361.
- Riel, P. F., & Imbeau, D. (1998). How to properly allocate the health and safety insurance cost within the firm. *Journal of Safety Research*, 29(1), 25-34.
- Sen, R. N., & Yeow, P. H. P. (2003). Cost effectiveness of ergonomic redesign of electronic motherboard. *Applied Ergonomics*, 34(5), 453-463.

- Sen, R. N., & Yeow, P. H. P. (2003). Ergonomic study on the manual component insertion lines for occupational health and safety improvements. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 9, 57-74.
- Sen, R. N., & Yeow, P. H. P. (2003). Ergonomic weighted scores to evaluate critical instructions for improvements in a printed circuit assembly factory. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 13(1), 41-58.
- Seo, D.-C., & Blair, E. (2003). Ergonomics rulemaking: Dissecting OSHA's cost-benefit analysis offers insight for future rulemaking. *Professional Safety*, 48(4), 37.
- St-Vincent, M., Toulouse, G., & Bellemare, M. (2000). Démarches d'ergonomie participative pour réduire les risques de troubles musculo-squelettiques: bilan et réflexions. *Piste*, 2(1).
- Steele, G. R. (1974). Industrial accidents: an economic interpretation. *Applied Economics*, 6(2), 143-155.
- Stewart, W. F., Ricci, J. A., Chee, E., Morganstein, D., & Lipton, R. (2003). Lost Productive Time and Cost Due to Common Pain Conditions in the U.S. Workforce. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 290(18), 2443-2454.
- Tompa, E., Dolinschi, R., & de Oliveira, C. (2006). Practice and potential of economic evaluation of workplace-based interventions for occupational health and safety. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 16, 367-392.
- Toulouse, G., Nastasia, I., & Imbeau, D. (2005). *Étude de faisabilité en vue d'intégrer la SST et l'ergonomie à l'approche PVA-Kaizen*. Rapport de recherche, R-428, IRSST, Montréal, QC.
- Van Roijen, L., Essink-Bot, M.-L., Koopmanschap, M. A., Bonsel, G., & Rutten, F. F. H. (1996). Labor and Health Status in Economic Evaluation of Health Care: The Health and Labor Questionnaire. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 12(3), 405-415.
- Van Tulder, M. W., Koes, B. W., & Bouter, L. M. (1995). A cost-of-illness study of back pain in The Netherlands. *Pain*, 62(2), 233-240.

Versloot, J. M., Rozeman, A., Van Son, A. M., & Van Akkerveeken, P. F. (1992). The cost-effectiveness of a back school program in industry. A longitudinal controlled field study. *Spine*, *17*(1), 22-27.

Viscusi, W. K. (1993). The value of risks to life and health. *Journal of Economic Literature*, *31*, 1912-1946.