

A1.1
G
764

Université de Montréal

**LES COÛTS INDIRECTS DES ACCIDENTS DU TRAVAIL
AU QUÉBEC DANS LES SECTEURS PRIMAIRES
ET SECONDAIRES À RISQUE ÉLEVÉ**

Présenté par: Charles Senécal

Rapport de recherche présenté au département de sciences économiques
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)
en sciences économiques

Février 1998

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout particulièrement remercier mon directeur de recherche, Monsieur Georges Dionne pour ses précieux conseils, sa disponibilité et ses encouragements lors de la rédaction de ce rapport de recherche. Je tiens aussi à remercier Monsieur Bernard Brody qui m'a procuré les données nécessaires à ce travail et le Centre de Recherche sur les Transports pour leur support financier. Je profite aussi de l'occasion pour exprimer ma gratitude envers mes proches qui m'ont supporté tout au long de mes études.

SOMMAIRE

Ce rapport de recherche se veut un complément à l'étude effectuée par Brody, Létourneau et Poirier en 1989. Cette étude portait sur les coûts indirects des accidents du travail dans les entreprises québécoises oeuvrant dans les industries du secteur primaire et secondaire à risque élevé. Lors de l'étude, les auteurs avaient estimé les coûts indirects en fonction d'une série de variables explicatives dont la taille de l'entreprise, le secteur d'activité économique, le pourcentage d'utilisation de la capacité de production, le nombre de jours d'absence et l'âge du travailleur accidenté. Au total, les auteurs avaient recueilli des données sur 311 cas d'accidents du travail dans 151 entreprises québécoises comptant 100 employés et plus.

Dans cette recherche, des changements seront apportés au modèle économétrique développé par Brody et son équipe. Dans un premier temps, ils ont remplacé des informations manquantes par des moyennes de catégorie; dans ce travail, de telles observations seront mises de côté. Le nombre d'observations ayant été réduit de façon importante, les secteurs d'activité économique dont le coefficient estimé est non significativement différent de zéro seront inclus dans la constante. De cette façon le nombre de paramètres à estimer sera plus petit. Ensuite les accidents dont le travailleur accidenté a manqué entre 90 et 130 jours de travail seront inclus dans notre modèle. Voulant se concentrer sur les accidents de courte et de moyenne durée, Bordy, Létourneau et Poirier avaient limité les durées à 90 jours.

Deux nouvelles variables explicatives sont présentes dans le modèle. Il s'agit d'une variable dichotomique qui indique si le travailleur accidenté est syndiqué ou non et d'une

variable qui exprime son salaire horaire. Finalement, une fonction de la forme $\ln(y_i) = x_i\beta + e_i$ sera utilisée lors des estimations économétriques plutôt que la forme linéaire.

Résultats:

La nouvelle équation représentant les coûts indirects des accidents du travail par rapport aux variables explicatives s'écrit comme suit:

$$\begin{aligned} \ln(C_i) = & 4.371 - 0.3889(\text{aliments et boissons}) - 0.414(\text{scierie}) - 0.642(\text{bois et meuble}) \\ & - 0.893(\text{fabrication d'équipement de transport}) + 1.0637(\text{industrie chimique}) - 0.505(\text{bâtiments et} \\ & \text{travaux publics}) + 0.011(\text{âge}) + 0.077(\text{salaire horaire}) + 0.062(\text{jours perdus}) - 0.00035(\text{jours perdus} \\ & \text{au carré}) \end{aligned}$$

La variable syndicat n'a pas d'impact significatif sur les coûts indirects tandis que le salaire horaire du travailleur accidenté et le secteur d'activité chimique ont tous deux un impact positif et significatif sur ces mêmes coûts.

Si on compare les résultats de ces estimations à ceux de Brody, Létourneau et Poirier on remarque les points suivants:

- 1- Le retrait des observations qui ne sont pas adéquates et l'inclusion d'autres variables indépendantes permettent d'expliquer une plus grande partie de la variabilité dans le montant des coûts indirects associés à un accident du travail (R^2 plus élevé).
- 2- Les variables taille de l'établissement, pourcentage d'utilisation de la capacité de production et certains secteurs d'activité économique ont un coefficient qui n'est plus significativement différent de zéro.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire.....	i
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux et graphiques.....	v
1.0 Introduction.....	p.1
2.0 Revue de la littérature.....	p.5
2.1 Études empiriques.....	p.5
2.2 Études théoriques.....	p.19
2.3 Résumé de la revue de la littérature.....	p.22
3.0 Présentation détaillée de l'étude de Brody, Létourneau et Poirier (1989).....	p.23
3.1 Objectifs de recherche.....	p.23
3.2 Méthodologie.....	p.23
3.3 Définition des coûts indirects.....	p.25
3.4 Définition des variables explicatives.....	p.26
3.5 Résultats des analyses multi-variées.....	p.33
3.6 Interprétation des résultats.....	p.37
3.7 Estimation du modèle de Brody, Létourneau et Poirier avec une base de données modifiée.....	p.37
3.8 Interprétation des résultats.....	p.41
4.0 Présentation du nouveau modèle expliquant les coûts indirects des accidents du travail.....	p.43
4.1 Inclusion dans le modèle des accidents dont la durée d'absence est comprise entre 90 et 130 jours.....	p.43
4.2 Suppression des observations dont le répondant n'a pu répondre de façon adéquate au questionnaire.....	p.44
4.3 Regroupement des secteurs d'activité économique et insertion du secteur chimique lors des estimations.....	p.44
4.4 Exclusion des outliers.....	p.45
4.5 Inclusion de la variable "syndicat".....	p.46
4.6 Inclusion de la variable "salaire horaire du travailleur accidenté".....	p.47
4.7 Utilisation d'un modèle non linéaire.....	p.48

5.0	Estimation du nouveau modèle expliquant les coûts indirects des accidents du travail.....	p.50
5.1	Définition des variables explicatives.....	p.50
5.2	Résultats des analyses multi-variées.....	p.53
5.3	Analyse des résultats.....	p.56
5.4	Modèle intermédiaire permettant de comparer le modèle proposé dans ce rapport de recherche et celui développé par Brody, Létourneau et Poirier.....	p.57
6.0	Conclusion.....	p.60
Annexe 1:	Test concernant la présence d'hétéroscédasticité dans le modèle proposé par Brody, Létourneau et Poirier.....	p.63
Annexe 2:	Test concernant la présence d'hétéroscédasticité dans le modèle proposé dans ce rapport de recherche.....	p.65
Annexe 3:	Graphique illustrant la distribution des coûts indirects des accidents du travail en fonction du nombre de jours perdus.....	p.66
Bibliographie.....		p.67

LISTE DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES

Tableau 1:	Coût moyen par accident (Klein 1989) pour l'employeur, l'employé et l'administration publique.....	p.13
Graphique 1a):	Coût de la prévention et coût des accidents en fonction du niveau de risque.....	p.22
Graphique 1b):	Coût marginal de la prévention et coût marginal des accidents en fonction du niveau de risque.....	p.22
Tableau 2:	Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au modèle développé par Brody, Létourneau et Poirier.....	p.34
Tableau 3:	Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au modèle développé par Brody, Létourneau et Poirier (nouvelle équation épurée).....	p.36
Tableau 4:	Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au modèle développé par Brody, Létourneau et Poirier avec une base de données modifiée.....	p.39
Tableau 5:	Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au nouveau modèle expliquant les coûts indirects des accidents du travail.....	p.53
Tableau 6:	Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au nouveau modèle expliquant les coûts indirects des accidents du travail en laissant tomber les variables dont les coefficients ne sont pas significatifs.....	p.55
Graphique 2:	Graphique illustrant la distribution des coûts indirects des accidents du travail en fonction du nombre de jours perdus.....	p.66

1.0 INTRODUCTION

Au Québec, pour l'année 1995, quelques 130 000 accidents du travail ont été acceptés et indemnisés par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST)¹. La CSST est l'organisme qui a pour rôle l'indemnisation et la réadaptation des victimes de lésions professionnelles, la mise sur pied de programmes de prévention et la gestion du régime. Elle a un budget annuel d'environ 2 milliards de dollars. Ce budget est en totalité financé par les employeurs dont le taux de cotisation varie selon le secteur d'activité économique. Pour les entreprises dont les cotisations atteignaient 18 350\$ pour l'année 1995, leur taux était réajusté selon leur performance en terme d'accidents.

Ce montant de 2 milliards de dollars peut être vu par certains comme le coût total des accidents du travail. Cependant chaque accident s'accompagne de plusieurs coûts indirects qui sont entièrement supportés par l'entreprise (non remboursés par la CSST). Le paiement à l'employé du reste de sa journée de travail, les frais d'enquête et de rapport relatifs à l'accident, les bris de matériel, le temps consacré à l'accident par le personnel cadre (gestion du dossier, avance et récupération des indemnités) et les avantages sociaux qui continuent d'être versés au travailleur accidenté lorsque celui-ci reçoit des indemnités sont parmi les principaux coûts indirects reliés à un accident.

Ces coûts sont importants pour les entreprises québécoises. Ils représentaient en 1989, selon Brody, Létourneau et Poirier en moyenne 80% du montant des coûts directs (indemnité pour remplacement du revenu et frais médicaux) associés à un accident.²

¹ Commission de la santé et de la sécurité du travail, Rapport annuel d'activité, 1995.

² BRODY, B., LÉTOURNEAU, Y., POIRIER, A., Les coûts indirects des accidents du travail, Rapport de recherche présenté à l'IRSST, Montréal, 1989.

Depuis l'étude d'Heinrich en 1931, plusieurs auteurs ont tenté de déterminer l'importance des coûts indirects des accidents du travail et les résultats varient d'un auteur à l'autre. Les résultats varient selon le pays sur lequel porte l'étude, les hypothèses de recherche et la définition que chaque auteur attribue aux coûts directs et aux coûts indirects.

De mon côté, il me semblait intéressant de voir pourquoi de telles différences pouvaient exister. Les chercheurs Brody, Létourneau et Poirier, qui ont bien voulu mettre à ma disposition les données recueillies lors de leur recherche, m'ont incité à poursuivre sur la même voie qu'eux.

Ce qui m'a amené à me poser la question suivante: dans quelle mesure les conclusions obtenues par Brody, Létourneau et Poirier lors de leur étude sur les coûts indirects dans l'industrie québécoise en 1989 se modifient-elles si on apporte des changements au modèle économétrique que ceux-ci ont développé? Par exemple, en mettant de côté les observations dont le répondant n'a pu répondre de façon adéquate au questionnaire, en incluant une variable dichotomique qui indique si le travailleur est syndiqué ou non, en ajoutant une variable qui exprime son salaire horaire et en incluant les observations dont les jours d'absence varient entre 90 et 130 jours.

L'objectif de cette recherche est, dans un premier temps, de trouver une meilleure estimation des coûts indirects pour les firmes oeuvrant dans les secteurs d'activité économique visés. Comme le montre la théorie économique, la connaissance de ce type de coût devrait inciter les entreprises à produire un niveau de prévention plus approprié. Dans un deuxième temps, la connaissance des coûts indirects des accidents du travail permettra une meilleure évaluation au

niveau macro-économique des coûts totaux des accidents du travail (coûts totaux = coûts directs + coûts indirects). Ainsi, il sera plus facile pour les intervenants en santé et sécurité au travail de mieux cibler les ressources.

Ce travail sera divisé en quatre parties. Dans la première partie, une brève revue de la littérature sera présentée. Brody, Létourneau et Poirier (1989) ayant fait le tour de la question lors de publications précédentes, cette revue de la littérature analysera en détail les études les plus récentes qui emploient sensiblement la même méthode qu'eux pour estimer les coûts indirects des accidents du travail. De plus, les deux premières études sur le sujet Heinrich (1931) et Simonds et Grimaldi (1956) seront décrites afin de voir les différences au niveau méthodologique lors de l'approche du problème. Finalement d'un point de vue théorique, nous verrons l'importance de bien estimer ce type particulier de coûts.

Dans la deuxième partie de ce rapport de recherche, l'étude de Brody, Létourneau et Poirier (1989) sera présentée en détail. Ensuite, le modèle proposé par ces auteurs sera estimé avec une base de données modifiée. Cette base de données est la même qu'ils ont utilisée à la différence que les observations dont le répondant n'a pu fournir de réponses adéquates à certaines questions lors du sondage seront mises de côté au lieu d'être estimées à l'aide de moyennes comme les auteurs l'ont fait dans certains cas.

Dans la troisième partie, un nouveau modèle économétrique sera développé. Ce modèle comprendra les variables explicatives déjà incluses dans le modèle de Brody, Létourneau et Poirier et l'addition des variables syndicat et salaire horaire du travailleur accidenté. Les

accidents dont le travailleur s'est absenté plus de 90 jours seront aussi inclus dans la base de données.

Dans la quatrième partie, le modèle proposé au chapitre 3 sera estimé à l'aide de la nouvelle base de données. Les résultats seront ensuite comparés avec ceux qu'ont obtenus Brody et son équipe.

Comme conclusion, les résultats importants de ce rapport de recherche seront résumés. De plus, il sera question de nouvelles pistes de recherche, en particulier de l'importance à apporter aux éléments des coûts indirects qui sont fonction des salaires versée par les firmes au travailleur accidenté et des divers intervenants suite à l'accident.

2.0- REVUE DE LA LITTÉRATURE

Pour tenter d'évaluer avec précision les coûts indirects des accidents du travail, les auteurs considèrent généralement six catégories de coûts:

- 1- les coûts salariaux;
- 2- les coûts liés aux pertes matérielles;
- 3- les coûts administratifs;
- 4- les coûts de production;
- 5- les coûts commerciaux;
- 6- les autres coûts qui contiennent les coûts de transport de l'accidenté, les avantages sociaux versés au travailleur accidenté lorsque celui-ci reçoit des indemnités, les coûts de poursuite judiciaire, etc.³

Empiriquement, plusieurs coûts sont difficiles à estimer ou sont négligeables. Bien que leur existence soit connue des chercheurs, ils sont tout simplement abandonnés. On peut citer, par exemple, les dépenses d'électricité et de chauffage sans production et les coûts de recrutement du remplaçant.

2.1 ÉTUDES EMPIRIQUES

HEINRICH (1931)

Heinrich, en 1931, a été le premier à s'intéresser à la question. Il identifie tous les événements entourant un accident du travail et pouvant avoir des conséquences économiques. Puis en se servant de 5000 dossiers d'accidents, il détermine de façon précise l'ampleur des coûts

³ BRODY, B., LÉTOURNEAU, Y., POIRIER, A., Les coûts indirects des accidents du travail: État des connaissances, Université Laval, 1988, p.18.

indirects des accidents du travail. Il définit les coûts directs comme étant la somme de l'indemnité en remplacement du revenu versée au travailleur accidenté et des frais médicaux suite à l'accident. Les coûts indirects, quant à eux, sont les coûts attribuables aux accidents du travail, présents dans le système comptable de l'entreprise mais qui ne sont pas directement associés à ceux-ci. Les éléments qu'Heinrich retient pour évaluer les coûts indirects des accidents sont les suivants:

- 1- le temps rémunéré mais non travaillé le jour de l'accident;
- 2- le temps rémunéré mais non travaillé par d'autres travailleurs le jour de l'accident;
- 3- le temps perdu par le superviseur et par d'autres membres de la direction;
- 4- le temps perdu par le secouriste, médecin et infirmière;
- 5- les dommages causés aux machines, outils et matériel;
- 6- l'interruption de la production, retard dans les livraisons, perte de bonis;
- 7- les avantages sociaux payés sans production;
- 8- les pertes de profits causées par la baisse de productivité de l'employé à son retour;
- 9- le salaire versé à l'accidenté avec productivité réduite;
- 10- la perte de morale et excitation conséquemment à l'accident;
- 11- les dépenses d'électricité, de chauffage et de location sans production.⁴

Il est le premier à démontrer l'importance des coûts indirects lorsqu'un accident du travail survient. Le ratio de 4\$ de coûts indirects pour chaque dollar de coûts directs obtenu par Heinrich

⁴ Heinrich, H.W., Industrial accident prevention: a scientific approach, Mc Graw-Hill, New York, 4ième édition, 1959.

a été jusqu'à tout récemment utilisé par les autorités en santé et en sécurité au travail pour évaluer le coût total des accidents du travail.⁵

Certaines critiques peuvent être formulées quant à la méthodologie utilisée par Heinrich. Premièrement, il utilise les cas d'accidents dans lesquels il n'y a que des pertes matérielles, ce qui a pour conséquence de hausser le ratio coûts indirects/coûts directs pour l'ensemble des accidents. Deuxièmement, il estime ce ratio en divisant la somme des coûts indirects par la somme des coûts directs et aucune analyse de la variance n'est faite. Par contre, il suggère aux futurs chercheurs que le ratio puisse varier en fonction du type d'accident et du secteur d'activité économique de l'entreprise.

SIMONDS ET GRIMALDI (1984)

Plus tard, en 1956, Simonds et Grimaldi proposent une démarche qui est différente de celle d'Heinrich pour estimer les coûts indirects des accidents du travail. Comme aucune relation linéaire entre les coûts directs et les coûts indirects n'est observée, les auteurs ont voulu développer une méthode différente de celle employée par Heinrich. Ils utilisent une approche qui est plus de type gestionnaire (facile d'utilisation pour les entreprises désirant calculer les coûts totaux des accidents du travail mais peu précise).

Chaque accident du travail est classé dans une des quatre catégories suivantes: accident avec perte de temps, intervention d'un médecin, premiers soins et accident sans perte de temps. Puis le coût indirect moyen pour chaque catégorie nommée plus haut est évalué. Afin de déterminer les coûts indirects totaux des accidents dans l'entreprise, les responsables n'auront

⁵ Revue du centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, Les accidents du travail et les maladies professionnelles, Février 1990, p.21.

plus qu'à multiplier le nombre d'accidents de chaque catégorie par leur coût indirect moyen et d'additionner les coûts indirects de chacune des catégories. À noter que Simonds et Grimaldi utilisent la même définition qu'Heinrich pour quantifier les coûts indirects à la différence qu'ils mettent de côté les éléments jugés marginaux ou difficiles à évaluer.

Les auteurs ont recueilli plus de 2000 cas d'accident qui sont survenus durant la période 1950-1954 et 1971-1972⁶. Les accidents du travail sont survenus dans plusieurs secteurs de l'économie américaine dont le transport, la construction, l'acier et les pâtes et papier.

Simonds et Grimaldi calculent la moyenne des coûts indirects pour chaque catégorie d'accidents nommées plus haut. Par contre, ils ne tiennent pas compte d'autres facteurs telle secteur d'activité économique de l'entreprise, la gravité de la lésion et le type de lésion lors de l'analyse des coûts indirects. Les montants sont en dollars américain de 1982 et les résultats que Simonds et Grimaldi obtiennent sont les suivants:

1- cas avec perte de temps;	\$465
2- cas ayant nécessité l'intervention d'un médecin;	\$115
3- cas ayant nécessité des premiers soins;	\$25
4- cas sans perte de temps.	\$850 ⁷

⁶ Les données recueillis lors des années 1950-1954 ont été utilisées lors des éditions de 1956 et de 1963 de leur ouvrage intitulé *Safety Management*. Les données recueillis en 1971-1972 ont été ajoutées à la base de données originale pour le calcul des coûts indirects lors de la troisième et de la quatrième édition de l'ouvrage (1975 et 1984). L'ajout de données permet aux auteurs de tenir compte des changements organisationnels survenus au cours des années.

⁷ Simonds, R.H., Grimaldi, J.V., *Safety Management*, Fourth edition, Richard D. Irwin Inc. Homewood, Illinois, 1984.

Par la suite, la majorité des auteurs qui se sont penchés sur la question ont adopté l'une ou l'autre de ces approches. Certains ont voulu valider le ratio d'Heinrich tandis que d'autres ont adopté la méthode de Simonds et Grimaldi. Les notions de coûts indirects et de coûts directs suscitent un débat et les chercheurs les définissent différemment selon le pays sur lequel porte l'étude, leur perception du problème et leurs hypothèses de recherche.

Les études qui emploient la démarche de Simonds et Grimaldi, bien qu'elles soient très intéressantes au niveau de la méthodologie utilisée seront mises de côté. Ce type d'études ne correspond pas aux objectifs de ce travail qui est de nature économique. Le reste de la revue de la littérature porte sur les études les plus récentes qui emploient la méthode d'Heinrich ou qui tentent d'expliquer les coûts indirects en fonction de diverses variables explicatives.

LEVITT, PARKER ET SAMELSON (1981)

Les auteurs étudient l'industrie de la construction aux États-Unis. En considérant 25 cas d'accident sans perte de temps et 24 cas d'accidents avec perte de temps qui se sont produits pendant l'année 1980, ils expriment les coûts indirects comme un multiple des coûts directs et ce pour différentes classes de coûts directs.

Les coûts directs sont définis comme étant la somme des indemnités que reçoit le travailleur accidenté et les frais médicaux. La définition des coûts indirects est la même que celle que propose Heinrich à la différence qu'ils ne comptabilisent pas les coûts en avantages sociaux et les coûts jugés marginaux. Par contre ils considèrent les frais administratifs de l'organisme responsable dans cette catégorie.

Pour évaluer le ratio coûts indirects/coûts directs pour chaque type d'accident et chaque catégorie de coûts, Levitt, Parker et Samelson évaluent ce ratio pour chaque accident puis font une moyenne. Ils obtiennent, pour les accidents avec perte de temps, les résultats suivants:

- pour un montant de coûts directs entre 0 et 2999\$, le ratio coûts indirects/coûts directs s'établit à 4.1;
- pour un montant de coûts directs entre 3000\$ et 4999\$, le ratio coûts indirects/coûts directs s'établit à 1.6;
- pour un montant de coûts directs entre 5000\$ et 9999\$, le ratio coûts indirects/coûts directs s'établit à 1.2;
- pour un montant de coûts directs entre 10 000\$ et plus, le ratio coûts indirects/coûts directs s'établit à 1.1;

Pour les accidents sans perte de temps, les auteurs obtiennent les résultats suivants:

- pour un montant de coûts directs entre 0 et 199\$, le ratio coûts indirects/coûts directs s'établit à 4.2;
- pour un montant de coûts directs entre 200\$ et 399\$, le ratio coûts indirects/coûts directs s'établit à 5.1;
- pour un montant de coûts directs de plus de 400\$, le ratio coûts indirects/coûts directs s'établit à 9.2;

Selon Levitt, Parker et Samelson, les différences dans les ratios s'expliquent par le type de projet, les échéances et la sévérité de l'accident. Par contre aucune analyse statistique n'est faite

pour confirmer ces propos. Finalement, ils pensent que ce ratio puisse être sous-estimé car les données utilisées pour estimer ces ratios proviennent d'entreprises qui sont concernés par la santé et la sécurité au travail et qui ont plus d'habileté à contrôler les coûts indirects que la moyenne.

BRODY, LÉTOURNEAU ET POIRIER (1989)

L'étude porte sur les entreprises québécoises oeuvrant dans les secteurs primaires et secondaires à risque élevé. La définition des coûts indirects varie un peu par rapport à celle d'Heinrich car ils insèrent les coûts de poursuite judiciaire et de constatation médicale dans cette catégorie.

Ils sont les premiers à exprimer le montant des coûts indirects associé à un accident du travail en fonction d'une série de variables dépendantes. Parmi ces variables, on retrouve l'âge du travailleur accidenté, le secteur d'activité économique de l'entreprise et le nombre de jours perdus par le travailleur. Les résultats sont différents pour chaque secteur économique étudié et le ratio coûts indirects/coûts directs varie entre 1.3 et 0.59. À l'aide d'une régression linéaire, ils estiment les coefficients suivants:

Coûts indirects= -167.01 + 0.32(taille de l'entreprise) + 4.83(pourcentage d'utilisation de la capacité de production) + 10.12(âge du travailleur) + 68.25(jours perdus) -0.46(jours perdus au carré) -707.17(bâtiment et travaux publics) -314.27(mines et carrières) -876.95(scierie) -114.40(produits en métal) -874.63(bois et meuble) -532.11(caoutchouc et plastique) -758.98((fabrication d'équipement de transport) -601.31(première transformation des métaux) -436.35(produits minéraux non métalliques) -550.19(aliments et boissons) -304.14(papier)

Le secteur forêt est le secteur omis dans la régression. Cette étude sera présentée en détail lors du chapitre suivant.

KLEN (1989)

L'étude porte sur le domaine de la coupe de bois en Finlande. Sa démarche vise à déterminer l'ensemble des coûts moyens par accident du travail pour les employeurs, les employés et l'administration publique. Pour les années 1974, 1975 et 1976, l'auteur recueille un échantillon de 473 accidents du travail qui sont représentatifs de la distribution d'accidents dans le domaine de la coupe du bois. Le tableau 1 présenté à la page suivante montre les coûts moyens par accident pour chaque acteur. Les montants sont donnés en FIM (Finn marks) basés sur l'année 1978 et à cette période 1 dollar U.S. valait environ 4.5 FIM.

TABLEAU 1: Coût moyen par accident pour l'employeur, l'employé et l'administration publique

Cost Item	Monetary Loss (Finn marks, 1978)
<u>Cost to employers</u>	
Primary direct cost (legal accident indemnity):	
Doctor's fee	27
Medication	4
Travel to hospital	41
Hospital care	7
Other medical care	4
Indemnity paid by insurance compagny to workers	590
Total primary direct cost	673
Secondary direct cost:	
Wages during disability period minus indemnity during the same period	228
Social cost of such wages	91
Maintenance of such wages	115
Fee to state for safety work	159
Partial wages for the day of the accident	54
Total secondary direct costs	647
Total direct costs	1320
Indirect costs:	
Completing accident compensation form	26
Accident investigation	19
Supervisor's visit to victim's home	17
Work time lost by other workers	6
Production loss of other workers due to victim's absence	10
Administrative costs to employer's main office	52
Domages to machines and devices	0.3
Disturbance in timber harvesting chain	6
Delay because of snow, etc.	17
Interest on insurance premium	125
Total indirect costs	278
Total costs to employer	1598
<u>Costs to public administration</u>	
Loss of taxes due to to tax-freeness of indemnity paid by insurance compagny	324
Hospital cost	207
Clinic costs	232
Total costs to public administration	763

<u>Costs to Accident victim</u>	
Economic loss to victim	220
Elimination of effect of life and social insurance	36
Total cost to accident victim	256
 Total costs to national economy per accident	 2617

Sources: Tapio Klen, Costs of Occupational Accidents in Forestry, Journal of safety research, spring 1989, p.34.

Pour les employeurs les coûts sont divisés entre les coûts directs et les coûts indirects. Le ratio coûts indirects/coûts directs est de 0.2 ce qui est loin des résultats obtenus par les autres auteurs.

Par contre comme il le souligne, les comparaisons avec les autres études doivent être faites avec précaution en raison de la méthodologie différente, du système de gestion de la santé et de la sécurité au travail différent dans ce pays et du secteur d'activité économique particulier.

Si Klen utilise la notion de coûts assurés et de coût non assuré au lieu de coûts directs et de coûts indirects (ce qui se rapproche sensiblement des définitions de coûts directs et de coûts indirects proposés par Heinrich), le ratio coût non assuré/coût assuré est de 0.5, ce qui est plus près des récents résultats dans le domaine.

Il remarque entre autres que ce ratio varie entre les différentes industries et qu'il est plus élevé dans d'autres secteurs d'activité économique. Dans le domaine de la coupe de bois, les dommages causés à la machinerie sont faibles si on compare aux industries où une chaîne de

montage est présente. De plus comme les travailleurs sont rémunérés à la pièce, ils doivent assumer une partie de la baisse de la productivité lorsqu'ils retournent au travail.

BRODY, JALETTE, LÉTOURNEAU ET POIRIER (1990):

Cette étude porte sur le secteur public et parapublic canadien. Les auteurs utilisent le même modèle que pour l'étude effectuée en 1989 sur l'industrie québécoise et arrivent sensiblement aux mêmes résultats (ratio coûts indirects/coûts directs de 0.76). Par contre des coefficients qui étaient significatifs lors de l'étude sur l'industrie québécoise en 1989 ne le sont plus. C'est le cas pour le coefficient des variables "jours perdus au carré" et "pourcentage d'utilisation de la capacité de production". Ces différences s'expliquent par l'échantillon qui varie un peu par rapport à celui qui a été utilisé pour l'étude sur l'industrie québécoise en 1989. La moyenne des jours d'absence est de 11 jours, l'âge moyen des travailleurs accidenté est de 41.3 et les coûts indirects sont en moyenne de 1001\$ alors que pour l'étude de 1989 ils étaient respectivement de 20.6 jours et de 36 ans et de 1156\$. Dans cette étude, seul les variables indépendantes "taille de l'établissement" et "jours perdus" ont un coefficient qui est significativement différent de 0 au seuil d'erreur de 10%.

Les auteurs recueillent un échantillon de 126 accidents du travail avec perte de temps. Les travailleurs accidentés occupaient surtout des postes de journalier (21%), gardien de prison et agent de sécurité (20%), mécanicien (10%), technicien/ingénieur (10%) et magasinier (9%).

L'estimation du modèle donne les résultats suivants:

Coûts indirects moyens (à l'exception des dégâts matériels)= $57.31+33.89(\text{jours perdus})$
 $+0.25(\text{taille de l'établissement})$ + dégâts matériels

Les auteurs constatent que les dégâts matériels doivent être traités séparément car un seul accident a causé pour plus de 25 000\$ de dégâts, ce qui représente 20% de l'ensemble des coûts de tous les accidents. Cet accident affecte de façon importante les résultats des régressions et ne peut être expliqué par les variables présentes dans le modèle.

VAN DE VOORDE (1991):

L'auteur étudie le secteur de la construction aux États-Unis. En se servant de 565 cas d'accident sans perte de temps et de 269 cas d'accidents avec perte de temps survenus pendant l'année 1990, il montre tout d'abord l'importance de coûts indirects en évaluant un ratio coûts indirects/coûts directs pour chaque type d'accident.

Il définit les coûts directs comme étant la somme des indemnités en remplacement du revenu et des frais médicaux. La définition des coûts indirects est la même que celle adopté par Brody, Létourneau et Poirier à la différence qu'il ne considère pas les avantages sociaux versés au travailleur accidenté lorsque celui-ci reçoit des indemnités, les frais de poursuite judiciaire et de contestation médicale et les indemnités supplémentaires dans le calcul des coûts indirects. Pour les accidents sans perte de temps, le ratio coûts indirects/coûts directs est de 1.62 et pour les accidents avec perte de temps le ratio est de 1.79.

Dans un second temps, il exprime les coûts indirects pour chaque type d'accidents en fonction de quatre variables: le nombre d'heures perdues par le travailleur lors des visites de

retour chez le médecin (F), le nombre d'heures perdues le jour de l'accident par l'accidenté (H), le nombre d'heures à enquêter au sujet de l'accident (I) et le nombre d'heures/hommes par le personnel à porter secours à l'accidenté (A).

À l'aide de la technique d'estimation des moindres carrés ordinaires, Van de Voorde obtient les résultats suivants:

-Pour les accidents sans perte de temps: $CI = 150 + 15(F) + 30(H) + 100(A)$

-Pour les accidents avec perte de temps: $CI = 625 + 20(F + H) + 50(I)$

Il est à noter que les R^2 sont respectivement de 0.793 et 0.812 ce qui explique de façon très significative la variation observée dans le montant des coûts indirects.

Finalement, en comparant les moyennes des divers échantillons et en supposant que ces variables suivent une distribution normale, Van de Voorde a testé l'impact de divers variables sur le montant des coûts indirects relatifs à un accident. Voici les conclusions auxquelles il arrive:

1-As a project's value increases, so do the indirect cost of accidents.

2-Injuries on maintenance contracts have higher indirect costs than do injuries on "new construction" type projects.

3-Injuries on cost plus contract have higher indirect costs than do injuries on lump sum or unit price contracts.

4-There was no significance difference in indirect costs for injuries on union shop or merit/open projects.⁸

⁸ Van de Voorde, James R., Estimating indirects costs of injuries to construction workers, University of Washington, 1991, p. 37.

SYNTHÈSE

AUTEUR (année de publication) NOMBRE D'OBSERVATIONS, ANNÉE ET NATURE DES DONNÉES

Heinrich (1931)

5000 cas d'accident (avec et sans perte de temps) qui se sont produits aux États-Unis dans différents secteurs économiques.

Simonds et Grimaldi (1984)

2000 cas d'accident (avec et sans perte de temps) survenus entre 1950 et 1955 et en 1971-1972 dans plusieurs secteurs de l'économie américaine.

Levitt, Parker et Samelson (1981)

25 cas d'accident sans perte de temps et 24 cas d'accident survenus au cours de l'année 1980 dans l'industrie de la construction aux États-Unis.

Brody, Létourneau et Poirier (1989)

311 cas d'accident avec perte de temps survenus en 1988 dans les secteurs à risque élevé de l'industrie québécoise.

Klen (1989)

473 cas d'accident avec perte de temps survenus dans l'industrie de la coupe du bois en Norvège au cours des années 1974, 1975 et 1976.

Brody, Létourneau, Jalette et Poirier (1990)

126 cas d'accident avec perte de temps survenus au cours de l'année 1989 dans le secteur public et parapublic au Canada.

Van De Voorde (1991)

L'auteur étudie 565 cas d'accident sans perte de temps et 269 cas d'accident avec perte de temps survenus dans l'industrie de la construction aux États-Unis au cours de l'année 1990.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Heinrich obtient un ratio CI/CD de 4 pour l'ensemble des accidents. Par contre, il suggère aux futurs chercheurs que ce ratio puisse varier en fonction du secteur d'activité économique.

Ils évaluent les CI moyens pour 4 différents types d'accidents. Les montants sont donnés en dollars US de 1982.

-accident avec perte de temps;	465\$
-intervention d'un médecin;	115\$
-premiers soins;	25\$
-accident sans perte de temps.	850\$

Les auteurs expriment les coûts indirects comme un multiple de coûts directs et ce pour différentes classes de coûts directs (voir p. 9 et 10).

Pour l'ensemble des secteurs d'activités économiques, les auteurs obtiennent un ratio CI/CD de 0.8. De plus ils expriment les coûts indirects en fonction d'une série de variables explicatives qui se rapportent soit aux caractéristiques de l'entreprise, de l'accidenté et de l'accident (se rapporter aux résultats à la page 11).

L'auteur obtient un ratio CI/CD de 0.2. Par contre le contexte particulier du domaine de la coupe de bois et les définitions de CI et CD très différentes de celles proposées par les autres auteurs font en sorte que ce ratio est faible.

Les auteurs obtiennent un ratio CI/CD de 0.76. Par la suite, à l'aide d'une régression linéaire, ils obtiennent le résultat $CI = 57.31 + 33.89(\text{jours perdus}) + 0.25(\text{taille de l'établissement}) + \text{dégâts matériels}$.

Pour les accidents sans perte de temps, le ratio CI/CD est de 1.62 alors que pour les accidents avec perte de temps, le ratio CI/CD est de 1.79. Par la suite, l'auteur exprime les CI pour chaque type d'accident en fonction de variables explicatives (voir page 15).

2.2 ÉTUDES THÉORIQUES

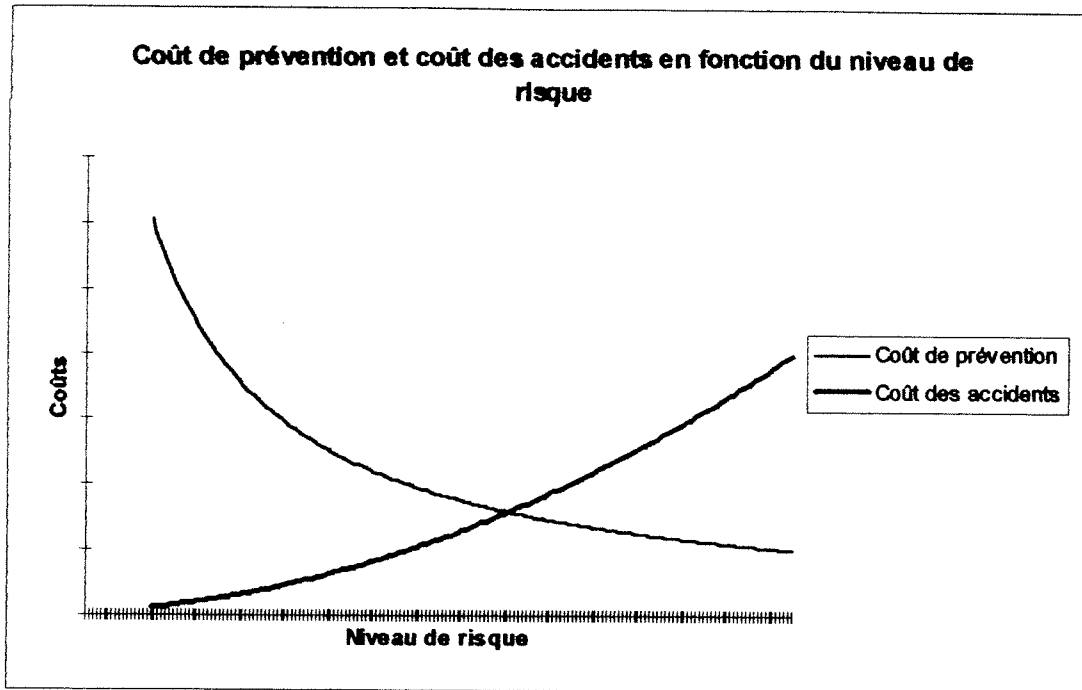
Certains auteurs ont également examiné de près la théorie économique reliée aux accidents du travail. Steele en 1974, Oi en 1974 et Brody, Létourneau et Poirier en 1987 montrent que l'estimation des coûts indirects est très importante car elle détermine le niveau de prévention optimal de l'entreprise. Ce niveau optimal de prévention est donné par l'égalité du coût marginal de la prévention et du coût marginal des accidents, à ce point l'entreprise minimise donc les coûts relatifs aux accidents du travail.

Graphiquement, il est possible de tracer les courbes de coûts des accidents et de coûts de la prévention des accidents du travail en fonction du niveau de risque. L'ordonnée représente le montant des coûts et l'abscisse le niveau de risque auquel fait face une firme. Comme on peut le constater sur le graphique 1a) à la page 24, pour la courbe de coûts des accidents, on note que plus le niveau de risque est élevé, plus les dépenses relatives aux accidents croissent avec le niveau de risque. Pour cette courbe, la dérivée première et la dérivée seconde sont toutes deux positives. Inversement, plus le niveau de risque est faible, plus les dépenses en prévention seront élevées. La courbe de coûts de prévention de son côté aura des dérivées premières et secondes négatives.

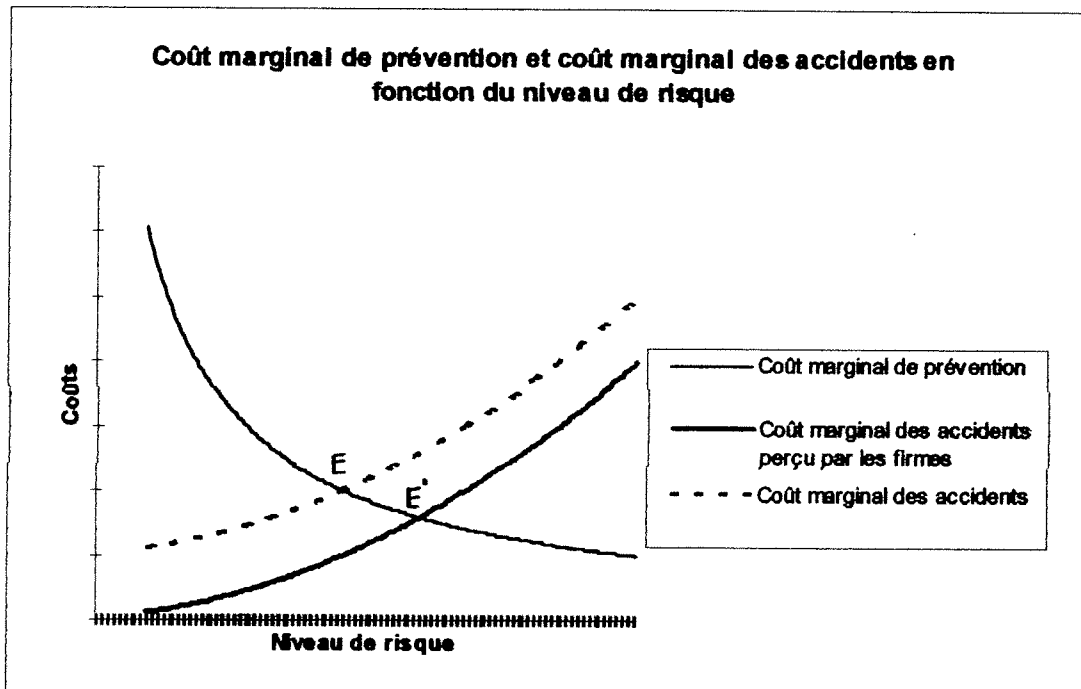
Sous l'hypothèse que les firmes ne perçoivent qu'une partie des coûts des accidents (elles ne sont pas conscientes de l'existence des coûts indirects), ces mêmes firmes ne produiront pas un niveau optimal de prévention. Le graphique 1b) à la page suivante représente les courbes de coût marginal de prévention, de coût marginal des accidents et de coût marginal des accidents perçus

par les firmes. L'équilibre sera donné par l'intersection entre la courbe de coût marginal de prévention et la courbe de coût marginal des accidents (Tel qu'illustré par le point E sur le graphique 1b)). À ce point d'équilibre la firme minimise la somme des coûts de prévention et des accidents. Les firmes qui ne sont pas conscientes de l'existence des coûts indirects penseront que le point d'équilibre est au point E' et par conséquent ne produiront pas le niveau optimal de prévention.

Graphique 1a)



Graphique 1b)



Source: J.W. Oi On the Economics Of Industriel Safety, Law and the Contemporary Problems, 1974.

2.3 RÉSUMÉ DE LA REVUE DE LA LITTÉRATURE

Comme on a pu le constater lors de cette revue de la littérature, les résultats empiriques obtenus par chaque auteur varient selon l'approche du problème, le pays sur lequel porte l'étude et la définition des coûts indirects et des coûts directs que chacun a privilégié. Malgré ce fait, plusieurs points importants sont à retenir. Premièrement, comme l'ont suggéré les études théoriques, il est essentiel de bien estimer les coûts indirects car ils déterminent le niveau optimal de prévention que chaque firme doit produire. Deuxièmement, les coûts indirects représentent un montant fort considérable. Troisièmement, comme l'ont démontré Levitt et al., Brody et al. et Van de Voorde, lors des accidents avec perte de temps le ratio coûts indirects/coûts directs décroît avec le montant des coûts directs. Les coûts indirects ne peuvent donc pas être exprimés comme un simple multiple des coûts directs. Quatrièmement, les coûts indirects varient selon le secteur d'activité économique étudié.

3.0- PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DE L'ÉTUDE DE BRODY, LÉTOURNEAU ET

POIRIER (1988)

Dans cette partie du rapport de recherche, l'étude de Brody, Létourneau et Poirier (1988) sera présentée en détail. Ensuite, le modèle proposé par ces auteurs sera estimé avec une base de données modifiée. Celle-ci est la même que ces auteurs utilisent à la différence que les observations dont le répondant n'a pu fournir de réponses adéquates à certaines questions seront mises de côté au lieu d'être estimées à l'aide de moyennes comme ils l'ont fait dans certains cas. Au total 60 observations seront mises de côté pour cette raison.

3.1 OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif poursuivi par les auteurs Brody, Létourneau et Poirier est tout d'abord de quantifier les coûts indirects relatifs aux accidents du travail et de trouver la relation existant entre ces coûts et diverses variables explicatives. Par la suite, l'évaluation de ces coûts indirects leur a permis d'établir un ratio coûts indirects/coûts directs afin de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres auteurs.

3.2 MÉTHODOLOGIE

Les données statistiques utilisées lors de cette recherche ont été recueillies par envoi postal auprès de 151 entreprises québécoises qui emploient plus de 100 individus (les responsables ayant jugé que la participation serait faible dans les entreprises de moins de 100 travailleurs). Au total 311 cas d'accidents ont été recueilli allant d'une seule journée à 200 journées d'absence de la part du travailleur accidenté. Le taux de réponse des entreprises sondées a été de 25.9%.

3.0- PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DE L'ÉTUDE DE BRODY, LÉTOURNEAU ET

POIRIER (1989)

Dans cette partie du rapport de recherche, l'étude de Brody, Létourneau et Poirier (1988) sera présentée en détail. Ensuite, le modèle proposé par ces auteurs sera estimé avec une base de données modifiée. Celle-ci est la même que ces auteurs utilisent à la différence que les observations dont le répondant n'a pu fournir de réponses adéquates à certaines questions seront mises de côté au lieu d'être estimées à l'aide de moyennes comme ils l'ont fait dans certains cas. Au total 60 observations seront mises de côté pour cette raison.

3.1 OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif poursuivi par les auteurs Brody, Létourneau et Poirier est tout d'abord de quantifier les coûts indirects relatifs aux accidents du travail et de trouver la relation existant entre ces coûts et diverses variables explicatives. Par la suite, l'évaluation de ces coûts indirects leur a permis d'établir un ratio coûts indirects/coûts directs afin de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres auteurs.

3.2 MÉTHODOLOGIE

Les données statistiques utilisées lors de cette recherche ont été recueillies par envoi postal auprès de 151 entreprises québécoises qui emploient plus de 100 individus (les responsables ayant jugé que la participation serait faible dans les entreprises de moins de 100 travailleurs). Au total 311 cas d'accidents ont été recueilli allant d'une seule journée à 200 journées d'absence de la part du travailleur accidenté. Le taux de réponse des entreprises sondées à été de 25.9%.

Les données portent sur les accidents du travail qui ont donné lieu à une compensation de la part de la CSST (c'est à dire les accidents où la perte de temps a été supérieure à une journée). Les entreprises visées sont celles oeuvrant dans 13 des 15 premiers secteurs prioritaires de la CSST. Les secteurs "administration publique" et "transport" ont été omis car les auteurs voulaient se concentrer sur les entreprises oeuvrant dans les secteurs primaires et secondaires à risque élevé. Les secteurs économiques sur lesquels les auteurs ont dirigé leurs efforts et entre parenthèse le nombre d'observations pour chaque secteur sont les suivants:

- 1- Bâtiment et travaux publics (24);
- 2- Mines et carrières (20);
- 3- Scierie (29);
- 4- Produits en métal (26);
- 5- Bois et meuble (21);
- 6- Caoutchouc et matières plastiques (12);
- 7- Fabrication d'équipement de transport (19);
- 8- Première transformation des métaux (19);
- 9- Produits minéraux non métalliques (19);
- 10- Aliments et boissons (29);
- 11- Papier (53);
- 12- Forêt (44);
- 13- Industrie chimique (3).

Les entreprises sélectionnées recevaient entre 1 et 7 questionnaires (1 questionnaire par accident) et devaient répondre à une série de questions concernant les coûts relatifs à l'accident les caractéristiques du travailleur accidenté, de l'entreprise et de l'accident. Le nombre de questionnaire reçu par chaque entreprise variait selon leur taille, la fréquence et la gravité des accidents. Pour l'ensemble de l'échantillon, l'âge moyen du travailleur accidenté est de 36 ans, dans 84% des cas il est syndiqué et la durée moyenne d'absence est de 20.6 jours. Les coûts indirects moyens par accident de leur côté sont de 1157\$.

3.3 DÉFINITION DES COÛTS INDIRECTS

Brody, Létourneau et Poirier considèrent 5 catégories de coûts pour estimer les coûts indirects suite à un accident du travail. Il s'agit des coûts salariaux, des coûts de production, des coûts administratifs, du coût des pertes matérielles et des autres coûts. Puis chaque catégorie contient à son tour plusieurs éléments.

La première catégorie (coûts salariaux) comprend le paiement à l'accidenté du restant de sa journée de travail, les coûts relatifs aux sympathisants, aux travailleurs dépendants qui ont dû arrêter la production suite à l'accident, aux secouristes, aux superviseurs et aux autres personnes impliquées.

Les coûts de pertes matérielles représentent les réparations internes, les réparations externes, les dommages causés à la marchandise, les frais de nettoyage et les premiers soins prodigués au travailleur accidenté.

Les coûts administratifs sont les frais d'enquête par le superviseur, la formation du travailleur remplaçant et l'intervention des autres responsables.

Les coûts de production sont définis comme étant la baisse de productivité des autres travailleurs, la baisse de productivité du remplaçant, la baisse de productivité de l'accidenté à son retour, le temps supplémentaire et les visites médicales de l'accidenté à son retour au travail.

Finalement les autres coûts sont les frais de transport, les frais de poursuites légales, les frais de contestations médicales, les indemnités supplémentaires versées à l'accidenté, les coûts en avantages sociaux et les autres coûts qui ne sont pas inclus dans aucune autre catégorie.

Les coûts en avantages sociaux versés au travailleur accidenté lorsque celui-ci reçoit des indemnités représente l'élément le plus important des coûts indirects avec en moyenne 46% du total des coûts et une fréquence de 95%. Les autres éléments des coûts indirects représentent en moyenne moins de 10% du total des coûts indirects.

3.4 DÉFINITION DES VARIABLES EXPLICATIVES

Pour expliquer les variations dans le niveau des coûts indirects des accidents du travail, les auteurs retiennent une série de variables explicatives. Ces variables se rapportent soit aux caractéristiques de l'entreprise, soit aux caractéristiques du travailleur accidenté et finalement soit aux caractéristiques de l'accident.

Les variables indépendantes se rapportant aux caractéristiques de l'entreprise sont les suivantes:

1- La taille de la l'entreprise. Brody, Létourneau et Poirier pensent que cette variable est importante car les entreprises plus grandes ont plus de ressources à consacrer à la santé et à la sécurité au travail et lorsqu'un accident survient plus de personnes sont impliquées. Ils s'attendent à ce que le signe du coefficient relié à cette variable soit positif. Cette variable reflète la complexité de la structure organisationnelle.

2- La taille du département où s'est produit l'accident. Les auteurs croient que les accidents qui se produisent dans les départements où un nombre élevé de personnes y travaillent impliquent plus de ressources. Par exemple, dans les départements de plus grande taille, si la chaîne de montage est arrêtée, un plus grand nombre de personnes sont affectées. De même un plus grand nombre de travailleurs porteront secours à l'accidenté, ce qui amènera des coûts indirects plus importants. Inversement, si l'accident se produit dans un département de plus petite importance, moins de personnes y seront affectées, et les coûts indirects seront moins importants.

3- Le secteur d'activité économique de la firme. Comme nous l'avons vu lors de la revue de la littérature, les coûts indirects varient énormément selon le secteur d'activité économique de la firme. Cette différence est due au fait que l'organisation de la production et la technologie spécifique à chaque secteur d'activité économique sont différentes. Les auteurs croient que l'impact d'un accident sur les diverses composantes des coûts indirects varie en fonction du secteur d'activité économique. Il est à noter que les observations dont le secteur d'activité

économique est le secteur chimique ont été mises de côté étant donné leur faible nombre (3 observations).

4- Le pourcentage d'utilisation de la capacité de production. Cette variable est un indicateur de la conjoncture économique dans lequel évolue l'entreprise. Une entreprise qui évolue dans un environnement économique favorable verra s'accroître la pression si un travailleur se blesse. Elle devra payer du temps supplémentaire aux autres travailleurs pour maintenir la production à un niveau élevé et former un remplaçant plus rapidement. Inversement une entreprise qui oeuvre dans un contexte économique défavorable aura des stocks plus élevés et pourra attendre avant de remplacer le travailleur accidenté.

Les variables indépendantes se rapportant aux caractéristiques du travailleur accidenté sont les suivantes:

1- L'âge du travailleur. Dans cette recherche, les auteurs considèrent l'âge comme une mesure de l'expérience du travailleur. Un travailleur inexpérimenté qui remplace un travailleur expérimenté sera beaucoup moins productif pour effectuer le même travail. Les coûts indirects devraient croître avec l'âge du travailleur.

2- Formation générale. Cette variable est une mesure de Statistique Canada et indique le niveau de formation nécessaire pour chaque profession. Plus le niveau de formation requis pour un emploi sera élevé, plus le salaire de l'individu sera élevé et plus il sera difficilement remplaçable. Les coûts de recrutement et de formation seront donc plus importants. Il est donc à

prévoir des coûts indirects importants pour les travailleurs accidentés occupant un poste demandant une plus longue formation.

Les variables indépendantes se rapportant aux caractéristiques de l'accident sont les suivantes:

1- Siègne de la lésion. Les auteurs croient que chaque lésion n'aura pas le même effet sur le comportement du travailleur accidenté et sur les autres travailleurs. Par exemple, une blessure au dos n'occasionnera peu ou pas de perte de temps la journée même de la part du travailleur accidenté et des autres travailleurs. Les coûts indirects pourraient varier en fonction du siège de la lésion et les auteurs s'attendent à des coûts indirects plus élevés pour les accidents dont le siège de la lésion est autre que le dos.

2- Nature de la lésion. Comme pour la variable siège de la lésion, les coûts indirects varieront selon la nature de l'accident. Un accident plus violent (fracture, coupure, choc, etc.) aura un impact différent sur le comportement du travailleur accidenté et sur les autres travailleurs (travailleur dépendant et sympathisant) qu'un autre type de lésion moins violent (par exemple les blessures dues à un effort). Donc des coûts indirects plus élevés sont à prévoir pour des types d'accident violent (fracture, coupure, choc, etc.) comparativement aux autres types de blessures.

3- Nombre de jours d'absence de la part du travailleur accidenté. Le nombre de jours d'absence est un indicateur de la gravité de l'accident. Pendant l'absence du travailleur l'entreprise devra modifier sa façon de produire et si l'absence se prolonge, le travailleur devra être remplacé, ce

qui occasionnera des coûts de formation et des coûts administratifs importants. Les auteurs s'attendent donc à ce que le coefficient de cette variable soit positif.

4- Le nombre de jours d'absence de la part du travailleur accidenté au carré. Les auteurs mettent en doute la linéarité de la relation entre les coûts indirects et la durée d'absence. En effet le travailleur qui remplacera le travailleur accidenté sera de plus en plus productif au fil des jours et les coûts indirects relatifs aux bris de machinerie ne se produisent qu'au moment de l'accident. Les auteurs s'attendent à ce que le coefficient de cette variable soit négatif.

Définition des variables de l'équation expliquant le montant des coûts indirects suite à un accident du travail.

Variable dépendante

Montant des coûts indirects associés à un accident du travail

Variable explicatives

Taille de l'entreprise: représente le nombre de travailleurs que l'entreprise emploie

Taille du département

Pourcentage d'utilisation de la capacité de production

Secteurs d'activité économique de l'entreprise: Variables dichotomiques mutuellement exclusives prenant la valeur 1 pour le secteur occupé par l'accidenté au moment de l'accident et la valeur 0 sinon. Les secteurs économiques présents sont les suivants:

- 1- Bâtiment et travaux publics
- 2- Mines et carrières
- 3- Scierie
- 4- Produits en métal
- 5- Bois et meuble
- 6- Caoutchouc et matières plastiques
- 7- Équipement de transport
- 8- Première transformation des métaux
- 9- Produits minéraux non métalliques
- 10- Aliments et Boissons

11- Papier

12-Forêt (variable omise dans la régression)

Âge du travailleur

Jours perdus

Jours perdus au carré

Nature de la lésion: Variables dichotomiques mutuellement exclusives prenant la valeur 1 pour la nature de la blessure et 0 sinon. Les différents cas possibles pour la nature de la lésion sont les suivants:

1-Dû à un choc

2-Blessure externe

3-Effet de température extrême

4- Dû à un effort excessif (variable omise dans la régression)

5- Autres

Siège de la lésion: Variable dichotomique prenant la valeur 1 si l'accidenté a subi une blessure au tronc et la valeur 0 si le siège de la blessure est autre que le tronc.

Formation requise: Variable dichotomique mutuellement exclusive prenant la valeur 1 pour le niveau de formation requise par l'emploi occupé au moment de l'accident et 0 sinon. Les niveaux de formations possibles sont les suivants:

1-Entre 2 semaines et 1 mois

2-Entre 1 mois et 2 mois

3-Plus de 3 mois (variable omise dans la régression)

3.5 RÉSULTATS DES ANALYSES MULTI-VARIÉES

Il est à noter que lors des calculs, les auteurs ont éliminé les cas d'accidents qui montrent une absence de plus de 90 jours de la part du travailleur accidenté (les auteurs voulant se concentrer sur les accidents de courte et de moyenne durée). Le secteur d'activité économique chimique a aussi été éliminé car il ne contenait que 3 observations. De plus, pour certaines observations, les répondants n'ont pu estimer certains coûts ou n'ont pu répondre adéquatement à certaines questions. Dans plusieurs cas Brody, Létourneau et Poirier ont estimé à l'aide de moyennes les données manquantes. Dans d'autres cas, les observations ont simplement été mises de côté. Au total 45 observations ont été éliminées, ce qui donne un total de 266.

Ce modèle a été estimé par la technique des moindres carrés ordinaires. Pour la première régression, le R^2 est de 50.1, le R^2 ajusté est de 45.1 et le test statistique de Fisher est de 10.7. ce qui indique que le modèle explique de façon significative la variation des coûts indirects. Tandis que pour la deuxième régression, le R^2 est de 50.1, le R^2 ajusté est de 47.1 et le test statistique de Fisher est de 16.7. La valeur critique pour un test "t" au seuil d'erreur de 10% est de 1.66.

TABLEAU 2: Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au modèle développé par Brody, Létourneau et Poirier.

Variable dépendante: Coûts indirects des accidents du travail (en \$)

Variables indépendantes	Coefficients	Statistiques "t"
Constante	-170.87	-0.45
Taille de l'entreprise	0.37	1.85
Taille du département	0.60	0.49
Pourcentage d'utilisation de la capacité de production	5.75	1.86
Secteur d'activité économique		
1- Bâtiment et travaux publics	-723.41	-1.85
2- Mines et carrières	-392.84	-1.39
3- Scierie	-907.36	-3.93
4- Produits en métal	-126.06	-0.52
5- Bois et meuble	-878.87	-3.15
6- Caoutchouc et matières plastiques	-500.13	-1.62
7- Fabrication d'équipement de transport	-797.71	-2.71
8- Première transformation des métaux	-590.88	-2.00
9- Produits minéraux non métalliques	-377.64	-1.19
10- Aliments et boissons	-513.02	-2.15
11- Papier	-359.29	-1.71
12- Forêt	-----	-----
Âge du travailleur	10.12	1.78
Jours perdus	68.25	6.40
Jours perdus au carré	-0.46	-2.78
Nature de la lésion:		
1- Dû à un choc	-58.57	-0.29
2- Blessure externe	11.32	0.07
3- Effet de température extrême	180.31	0.67
4- Autre	-208.11	-1.09
5- Dû à un effort	-----	-----
Siège de la lésion:		
1- Dos	62.92	0.47
2- Autre que le dos	-----	-----

Formation

1-Entre 2 semaines et 1 mois	-189.40	-1.28
2-Entre 1 et 2 mois	-75.31	-0.39
3-Plus de 3 mois de formation	-----	-----

R² 50.1

R² Ajusté 45.1

F 10.07

n 266

TABLEAU 3: Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au modèle développé par Brody, Létourneau et Poirier (nouvelle équation épurée).

Variable dépendante: Coûts indirects des accidents du travail (en \$)

Variables indépendantes	Coefficients	Statistiques "t"
Constante	-167.01	-0.53
Taille de l'entreprise	0.32	2.18
Pourcentage d'utilisation de la capacité de production	4.83	1.74
Secteur d'activité économique		
1- Bâtiment et travaux publics	-707.17	-3.02
2- Mines et carrières	-314.27	-1.24
3- Scierie	-876.95	-4.05
4- Produits en métal	-114.40	-0.52
5- Bois et meuble	-874.63	-3.57
6- Caoutchouc et matières plastiques	-532.11	-1.87
7- Fabrication d'équipement de transport	-758.98	-2.84
8- Première transformation des métaux	-601.31	-2.23
9- Produits minéraux non métalliques	-436.35	-1.53
10- Aliments et boissons	-550.19	-2.56
11- Papier	-304.14	-1.58
12- Forêt	-----	-----
Âge du travailleur	10.12	1.78
Jours perdus	68.25	6.40
Jours perdus au carré	-0.46	-2.78
R ²	50.1	
R ² Ajusté	47.1	
F	16.82	
n	266	

3.6 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Suite à la première analyse multi-variée, les variables "taille du département", "nature de la lésion", "siège de la lésion" et "formation requise" ont toutes un coefficient qui est non significativement différent de 0 au seuil d'erreur de 10%. Elles sont donc mises de côté pour le reste de l'analyse.

Le tableau 3 nous indique la valeur des coefficients des variables explicatives retenues. Les variables indépendantes retenues sont la taille de l'établissement, le secteur d'activité économique de la firme, le pourcentage d'utilisation de la capacité de production, les jours perdus et les jours perdus au carré. Ces résultats confirment les résultats qu'anticipaient les auteurs de cette recherche quant au signe des coefficients.

Il est à noter une grande différence au niveau des coûts indirects pour chaque secteur d'activité économique. Les secteurs dont les coûts indirects sont élevés sont, en ordre décroissant, les secteurs "forêt", "produits en métal" et "mines et carrières". Tandis que les secteurs qui obtiennent les coûts indirects les moins élevés sont les secteurs "bois et meuble", "scierie", "fabrication d'équipement de transport" et "bâtiment et travaux publics".

3.7 ESTIMATION DU MODÈLE DE BRODY, LÉTOURNEAU ET POIRIER AVEC UNE BASE DE DONNÉES MODIFIÉE

Un des apports de ce rapport de recherche sera de reprendre l'étude de Brody, Létourneau et de Poirier en laissant tomber les observations dont certaines réponses sont inadéquates ou absentes. En effet, lorsque des données manquantes sont estimées à l'aide de moyennes comme

les auteurs l'ont fait, des biais peuvent être présent lors des estimations et pour cette raison, il est préférable de mettre de côté ces observations.

En éliminant toutes les observations qui ne sont pas complètement adéquates, l'échantillon a maintenant un total de 195 observations. Le modèle économétrique proposé par Brody, Létourneau et Poirier est repris intégralement avec un nombre restreint de données. Le tableau suivant montre les résultats des analyse multi-variées avec les statistiques "t" de Student.

TABLEAU 4: Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au modèle développé par Brody, Létourneau et Poirier avec une base de données modifiée.

Variable dépendante: Coûts indirects des accidents du travail (en \$)

Variables indépendantes	Coefficients	Statistiques "t"
Constante	-171.15	-0.38
Taille de l'entreprise	0.171	0.708
Taille du département	0.650	0.457
Pourcentage d'utilisation de la capacité de production	4.274	1.206
Secteur d'activité économique		
1- Mines et carrières	-484.38	-1.522
2- Aliments et Boissons	-495.51	-1.585
3- Caoutchouc et matières plastiques	-378.83	-0.980
4- Scierie	-887.83	-3.200
5- Bois et meuble	-849.79	-2.514
6- Papier	-223.66	-0.875
7- Première transformation des métaux	-371.25	-1.047
8- Produits en métal	-448.42	-1.586
9- Fabrication d'équipement de transport	-706.48	-1.943
10- Produits minéraux non-métallique	-227.52	-0.510
11- Bâtiment et travaux publics	-652.35	-1.498
12- Forêt	-----	-----
Âge du travailleur	13.218	1.883
Jours perdus	70.49	5.132
Jours perdus au carré	-0.411	-1.915
Nature de la lésion:		
1- Dû à un choc	-74.120	-0.299
2- Blessure externe	25.438	0.136
3- Effet de température extrême	133.29	0.335
4- Autre	-316.25	-1.406
5- Dû à un effort	-----	-----

Siège de la lésion:

1- Dos	63.898	0.384
2- Autre que le dos	-----	-----

Formation

1- Entre 2 semaines et 1 mois	-37.03	-0.136
2- Entre 1 et 2 mois	-198.68	-0.766
3- Plus de 3 mois de formation	-----	-----

R² 0.579

R² Ajusté 0.511

F 8.537

n 195

3.8 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Tout d'abord on remarque que les variables "tailles de l'établissement" et "pourcentage d'utilisation de la capacité de production" ont un coefficient qui n'est pas significativement différent de zéro, ce qui est contraire aux résultats obtenus par Brody et son équipe. Les coefficients des variables explicatives qui n'étaient pas significatives le demeurent et les coefficients des autres variables explicatives restent sensiblement les mêmes que ceux obtenus par Brody et son équipe. Ces résultats sont dus aux différences entre les deux bases de données. Brody, Létourneau et Poirier ont travaillé avec une base de données de 266 observations alors que 195 observations ont été utilisés lors de la régression précédente. C'est donc 70 observations supplémentaires qui ont été mises de côté dans cette recherche.

Comme il n'a pas été possible de savoir quelles observations Brody, Létourneau et Poirier avaient mises de côté, les causes exactes des divergences entre les résultats sont difficiles à établir. Par contre, les observations qui ont été supprimées sont souvent celles dont la gravité de l'accident est importante (la moyenne des jours perdus pour notre échantillon est de 15.06 alors que la moyenne des jours perdus pour les observations qui ont été mises de côté est de 15.56 jours). Pour les observations qui ont été mises de côté, plus d'intervenants sont impliqués sur une plus longue période et la probabilité que le questionnaire ne soit pas rempli de façon conforme est plus élevée.

Par ailleurs, le test de Breusch-Pagan appliqué à ce modèle nous indique qu'il y a présence d'hétéroscédasticité. Dans le cas présent, le terme d'erreur croît à mesure que le nombre de jours d'absence du travailleur accidenté augmente. Les erreurs ne sont donc pas identiquement

distribuées et l'estimation par les moindres carrés ordinaires n'est plus la technique la plus efficace(les détails sont présentés à l'annexe 1 à la page 59).

L'utilisation de la technique d'estimation des moindres carrés généralisés ou l'utilisation d'un modèle non linéaire serait plus appropriée. Ce point sera traité lors du chapitre suivant. De plus on remarque que la valeur de la constante est négative et assez élevé, ce qui pourrait causer des problèmes lors des prévisions.

4.0 PRÉSENTATION D'UN NOUVEAU MODÈLE AFIN D'ESTIMER LES COÛTS

INDIRECTS DES ACCIDENTS DU TRAVAIL

La présente section décrit en détail les changements qui seront apportés au modèle économétrique développé Brody, Létourneau et Poirier. Ces changements auront pour objectif une estimation plus juste des coûts indirects des accidents du travail au Québec dans les secteurs d'activité économique visés et plus de rigueur du point de vue statistique.

4.1 INCLUSION DANS LE MODÈLE DES ACCIDENTS DONT LA DURÉE D'ABSENCE EST SUPÉRIEURE À 90 JOURS.

Les accidents qui montrent une absence de plus de 90 jours de la part du travailleur accidenté seront inclus dans ce nouveau modèle. Ces accidents de longue durée sont représentatifs de la distribution du nombre de jours d'indemnisation dans les 13 secteurs étudiés⁹ et l'inclusion de ces observations permettra une estimation plus juste des coûts indirects. Dans l'étude de Brody, Létourneau, Poirier et Jalette (1990) portant sur les coûts indirects dans le secteur public et parapublic canadien, le nombre de jours d'absence maximal inclus dans le modèle est de 115. Dans ce rapport de recherche, les jours d'absence varieront entre 1 et 130. Au total huit nouvelles observations seront ajoutées. Étant donné leur nombre très limité, les accidents dont la durée d'absence de la part du travailleur accidenté est supérieure à 130 jours seront mis de côté.

L'insertion de ces cas d'accidents dans le modèle modifiera sans doute la valeur des coefficients reliés aux jours d'absence et aux jours d'absence au carré du travailleur accidenté.

⁹ Le rapport annuel de la CSST pour l'année 1987 indique que les accidents dont la durée d'absence varie entre 92 et 181 jours représentent autour de 5% de l'ensemble des accidents ou des rechutes pour les secteurs visés. Dans ce rapport de recherche, les accidents dont la durée varie entre 90 et 130 jours représentent 3.8% du total des accidents.

De plus comme les accidents qui nécessitent une longue durée d'absence sont souvent des maux de dos, on peut penser que les coefficients reliés au siège de la lésion et à la nature de la lésion pourront être modifiés de façon importante.

4.2 SUPPRESSION DES OBSERVATIONS DONT LE RÉPONDANT N'A PU RÉPONDRE DE FAÇON ADÉQUATE AU QUESTIONNAIRE

Les changements proposés dans ce rapport de recherche concernent dans un second temps la suppression des observations qui montrent des données manquantes ou incomplètes. Tel qu'expliqué précédemment, l'estimation de données manquantes à l'aide de moyennes peut amener des biais lors des estimations économétriques. Il semble donc préférable de mettre de côté les données qui montrent de telles caractéristiques. Au total 60 observations seront exclues de la base de données utilisée par Brody et son équipe.

4.3 REGROUPEMENT DES SECTEURS ET INSERTION DU SECTEUR CHIMIQUE LORS DES ESTIMATIONS

Pour les raisons décrites précédemment, le nombre d'observations a diminué de façon importante. Cette baisse dans le nombre d'observations a pour conséquence de diminuer la précision des estimations étant donné le nombre élevé de variables explicatives présentes dans le modèle. Certains secteurs n'ont plus qu'un faible nombre d'observations. Par exemple les secteurs "plastiques", "fabrication d'équipement de transport" et "aliments et boissons" ont tous maintenant un nombre d'observations inférieur à 10. Pour diminuer le nombre de paramètres à estimer, les secteurs d'activité économique dont les coefficients sont non significativement différents de zéro lors de la première régression, seront regroupés dans la constante lors de la régression suivante.

D'autre part, contrairement au modèle de Brody et son équipe, les 3 observations qui appartiennent au secteur chimique seront incluses dans ce modèle. Lors des estimations, si le coefficient de ce paramètre est non significativement de zéro, cette variable sera omise dans les régressions (incluses dans la constante).

4.4 EXCLUSION DES "OUTLIERS"

Dans cette nouvelle base de données, on remarque la présence d'un outlier. Cette observation a la particularité de modifier de façon considérable tous les coefficients des variables présentes dans le modèle. Dans ce cas précis, les coûts indirects sont de 13 871\$ alors que la moyenne des coûts indirects pour l'ensemble de l'échantillon est de 1056\$.

Il existe des techniques d'estimation pour traiter ce type d'observation. Ces techniques d'estimation donnent un poids moindre à cette observation comparativement à l'utilisation des moindres carrés ordinaires qui vise à minimiser la somme des erreurs au carré. Étant donné la complexité de l'application des techniques d'estimations impliquant des outliers, dans ce rapport, de recherche cette observation particulière sera mise de côté.

Le graphique présenté lors de l'annexe 3 (page 62) illustre la distribution des coûts indirects des accidents du travail en fonction du nombre de jours perdus par le travailleur accidenté. On voit clairement cette observation qui est située au point (100, 13 871).

4.5 INCLUSION DE LA VARIABLE "SYNDICAT"

Une variable dichotomique qui indique si le travailleur est syndiqué ou non sera incluse dans le modèle. Cet ajout est une piste de recherche proposée par Brody, Létourneau, Poirier et Jalette (1990).¹⁰ Van de Voorde dans son étude sur l'industrie de la construction aux États-Unis, compare la moyenne des coûts indirects entre un échantillon où les travailleurs sont syndiqués et un autre échantillon où les travailleurs ne sont pas syndiqués. Il arrive à la conclusion qu'aucune différence significative n'est observable. Cependant il ne donne aucune explication à ces résultats.

On peut penser que cette variable peut être importante car dans les entreprises de grande taille où un syndicat est présent, les ressources humaines et matérielles impliquées sont plus nombreuses.¹¹ Une conséquence possible sur les coûts indirects est d'entraîner des frais d'enquête, de gestion et de suivi du dossier plus élevés.

Par contre la présence du syndicat et la présence de plus de ressources consacrées à la santé et la sécurité au travail peuvent amener une plus grande efficacité dans la gestion des cas d'accident. On ne peut donc anticiper le signe de ce coefficient.

Ces derniers éléments peuvent nous amener à croire que la probabilité d'avoir un accident est plus faible lorsqu'un syndicat est présent. Par contre, il est question ici des coûts d'accidents ex-post.

¹⁰ BRODY, B., LÉTOURNEAU, Y., POIRIER, A., JALETTE, P., Les coûts indirects des accidents du travail dans le secteur public et péripublic au Canada, p.54, Montréal, Mars 1990.

¹¹ Marleau, Martine, Analyse des déterminants des risques d'accidents du travail, Université de Montréal, Septembre 1993, p. 12.

4.6 INCLUSION DE LA VARIABLE "SALAIRE HORAIRE DU TRAVAILLEUR ACCIDENTÉ"

L'effet du niveau de salaire du travailleur accidenté sera aussi vérifié dans le nouveau modèle. Dans la présente base de données, on observe qu'en moyenne 70% des coûts indirects reliés à un accident dépendent du niveau des salaires versés par la firme aux diverses personnes impliquées lors de l'accident. Parmi les éléments les plus importants des coûts indirects affectés par les salaires versés par les firmes, on note les coûts salariaux, les coûts administratifs et les coûts en avantages sociaux versés au travailleur accidenté lorsque celui-ci reçoit des indemnités.

D'une part les coûts salariaux et les coûts administratifs relatifs à l'accident sont importants. Le paiement à l'accidenté du reste de sa journée de travail est un élément qui varie en fonction du salaire du travailleur. Les contremaîtres, les gestionnaires, les secouristes et les travailleurs dépendants qui doivent arrêter ou ralentir leur tâche respective pour s'occuper du travailleur accidenté et enquêter occasionnent aussi des coûts dont le salaire de l'intervenant a une grande importance à jouer sur le montant des coûts indirects.

D'autre part, les avantages sociaux versés au travailleur accidenté lorsque celui-ci reçoit des indemnités représentent aussi des montants considérables et ces coûts sont en partie fonction du salaire de l'individu (par exemple le montant consacré au fond de pension et aux vacances du travailleur versé par l'employeur est fonction de son salaire).

Le salaire du travailleur accidenté sera utilisé comme variable explicative dans le nouveau modèle. Il est en général fortement corrélé avec le salaire des autres travailleurs de l'entreprise et représente une mesure de l'expérience et de la formation de l'individu. S'il est significatif, on peut s'attendre à ce que le coefficient soit positif.

4.7 UTILISATION D'UN MODÈLE NON LINÉAIRE

Tel que décrit brièvement dans la section précédente, un problème d'hétéroscédasticité est présent en estimant le modèle de Brody, Létourneau et Poirier avec de 195 observations (voir l'annexe 1).

Pour contourner ce problème, deux solutions sont envisageables. La première serait d'utiliser la technique d'estimation des moindres carrés généralisés. Cette technique se veut un moyen de rendre les erreurs identiquement distribuées en divisant toutes les variables (dépendantes et indépendantes) présentes dans le modèle par le radical de la variable qui cause le problème d'hétéroscédasticité. Dans ce cas, les tests ont montré que la variable jours était responsable de ce problème. Comparativement aux moindres carrés ordinaires, les moindres carrés généralisés s'avèrent donc plus efficaces.

La deuxième solution pour faire face au problème d'hétéroscédasticité est l'utilisation d'un modèle non linéaire. Un tel modèle permet d'établir des relations non linéaire entre la variable dépendante et les variables indépendantes du modèle et amène donc plus de flexibilité par rapport à une forme linéaire.

Le modèle économétrique proposé dans ce rapport de recherche aura une forme exponentielle. Algébriquement, il s'écrit sous la forme $y_t = \exp\{\beta_0 + x_t\beta + e_t\}$, où β_0 représente la constante, x_t le vecteur des variables indépendantes du modèle, β le vecteur des coefficients de ces mêmes variables et e_t le terme d'erreur.

Cette équation peut se réécrire sous une forme différente en prenant le logarithme naturel pour chacun des membres. On obtient alors l'équation $\ln(y_t) = \beta_0 + x_t\beta + e_t$ qui est facilement estimable à l'aide des moindres carrés ordinaires. Ce modèle sera adopté lors de la partie concernant l'estimation économétrique du modèle. La technique d'estimation des moindres carrés généralisés avec une équation linéaire sera mise de côté pour le reste de ce rapport de recherche.

5.0 ESTIMATION DU NOUVEAU MODÈLE EXPLIQUANT LES COÛTS INDIRECTS

DES ACCIDENTS DU TRAVAIL

Le modèle proposé par Brody, Létourneau et Poirier (1988) sera repris en apportant les modifications décrites dans la section précédente. Il est important d'inclure toutes les variables que Brody et son équipe avaient incluses dans leur modèle car certaines d'entre elles qui avaient été préalablement rejetées pourront devenir significatives suite aux modifications. Le nouveau modèle de la forme $\ln(y_t) = \beta_0 + x_t\beta + e_t$ sera estimé avec la technique des moindres carrés ordinaires.

Il est à noter qu'avec les changements décrits lors du chapitre précédent, le nombre d'observations pour estimer ce modèle est de 206, alors que Brody et son équipe ont utilisés 266 observations. La moyenne des coûts indirects est de 1056\$ et les coûts en avantages sociaux versés au travailleur accidenté représentent toujours la majeure partie des coûts indirects avec 45% du montant moyen.

5.1 DÉFINITION DES VARIABLES DE L'ÉQUATION EXPLIQUANT LES COÛTS INDIRECTS DES ACCIDENTS DU TRAVAIL

Variable dépendante

Logarithme naturel (ln) des coûts indirects associés à un accident du travail

variable explicatives

Taille de l'entreprise: représente le nombre de travailleurs que l'entreprise emploie

Taille du département où s'est produit l'accident

Pourcentage d'utilisation de la capacité de production

Secteurs d'activité économique de l'entreprise: Variables dichotomiques mutuellement exclusives prenant la valeur 1 pour le secteur occupé par l'accidenté au moment de l'accident et la valeur 0 sinon. Les secteurs économiques présents sont les suivants:

1- Bâtiment et travaux publics

2- Mines et carrières

3- Scierie

4- Produits en métal

5- Bois et meuble

6- Caoutchouc et matières plastiques

7- Équipement de transport

8- Première transformation des métaux

9- Produits minéraux non métalliques

10- Aliments et Boissons

11- Papier

12- Industrie chimique

13- Forêt (variable omise dans la régression)

Âge du travailleur

Syndicat: Variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le travailleur accidenté est syndiqué et la valeur 0 sinon

Salaire du travailleur accidenté

Jours perdus

Jours perdus au carré

Nature de la lésion: Variables dichotomiques mutuellement exclusives prenant la valeur 1 pour la nature de la blessure et 0 sinon. Les différents cas possibles pour la nature de la lésion sont les suivants:

- 1- Dû à un choc
- 2- Blessure externe
- 3- Effet de température extrême
- 4- Dû à un effort excessif (variable omise dans la régression)
- 5- Autres

Siège de la lésion: Variable dichotomique prenant la valeur 1 si l'accidenté a subi une blessure au tronc et la valeur 0 si le siège de la blessure est autre que le tronc.

Formation requise: Variable dichotomique mutuellement exclusive prenant la valeur 1 pour le niveau de formation requise par l'emploi occupé au moment de l'accident et 0 sinon. Les niveaux de formations possibles sont les suivants:

- 1- Entre 2 semaines et 1 mois
- 2- Entre 1 mois et 2 mois
- 3- Plus de 3 mois (variable omise dans la régression)

5.2 RÉSULTATS DES ANALYSES MULTI-VARIÉES

TABLEAU 5: Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au nouveau modèle expliquant les coûts indirects des accidents du travail

Variable dépendante: Logarithme naturel des coûts indirects des accidents du travail

Variables indépendantes	Coefficients	Statistiques "t"
Constante	4.067	9.065
Taille de l'entreprise	0.000245	1.419
Taille du département	0.00015	0.148
Pourcentage d'utilisation de la capacité de production	0.00369	1.423
Secteur d'activité économique		
1- Mines et carrières	0.1555	0.695
2- Aliments et Boissons	-0.116	-0.513
3- Caoutchouc et matières plastiques	0.133	0.476
4- Scierie	-0.3536	-1.738
5- Bois et meuble	-0.6069	-2.426
6- Papier	0.0255	0.131
7- Première transformation des métaux	-0.0333	-0.131
8- Produits en métal	0.0838	0.412
9- Fabrication d'équipement de transport	-0.9580	-3.678
10- Produits minéraux non-métallique	-0.0889	-0.278
11- Industrie chimique	1.3863	2.126
12- Bâtiment et travaux publics	-0.6886	-2.164
Syndicalisation (syndiqué=0)	-0.0363	-0.218
Âge du travailleur	0.00948	1.890
Salaire horaire du travailleur accidenté	0.0807	4.521
Jours perdus	0.0591	11.361
Jours perdus au carré	-0.00033	-8.064

Nature de la lésion:		
1- Dû à un choc	-0.15	-0.855
2- Blessure externe	-0.0815	-0.604
3- Effet de température extrême	0.0521	0.179
4- Autre	-0.141	-0.8684
5- Dû à un effort	-----	-----
Siège de la lésion:		
1- Dos	0.0929	0.791
2- Autre que le dos	-----	-----
Formation		
1- Entre 2 semaines et 1 mois	0.07421	0.366
2- Entre 1 et 2 mois	-0.145	-0.739
3- Plus de 3 mois de formation	-----	-----

R ²	0.75
R ² Ajusté	0.704
F	16.478
n	206

TABLEAU 6: Résultats de l'application des moindres carrés ordinaires au nouveau modèle expliquant les coûts indirects des accidents du travail en laissant tomber les variables dont les coefficients ne sont pas significatifs.

Variable dépendante: Logarithme naturel des coûts indirects des accidents du travail

Variables indépendantes	Coefficients	Statistiques "t"
Constante	4.3707	18.44
Secteur d'activité économique		
2- Aliments et Boissons	-0.3889	-2.538
4- Scierie	-0.4135	-2.765
5- Bois et meuble	-0.6421	-3.579
9- Fabrication d'équipement de transport	-0.8930	-4.729
11- Industrie chimique	1.0637	1.752
12- Bâtiment et travaux publics	-0.5047	-2.965
Âge du travailleur	0.01098	2.557
Salaire horaire du travailleur accidenté	0.0772	5.592
Jours perdus	0.0617	14.11
Jours perdus au carré	-0.00035	-9.786
R ²	0.7108	
R ² Ajusté	0.6959	
F	47.92	
n	206	

5.3 ANALYSE DES RÉSULTATS

Les résultats obtenus à l'aide de ce nouveau modèle et avec une base de données modifiée ont permis de vérifier certaines hypothèses. Dans un premier temps, la variable syndicat s'est avérée non significativement différente de 0. Ceci va dans le même sens que le résultat obtenu par Van de Voorde lors de son étude portant sur l'industrie de la construction. Il est à souligner que le nombre de travailleurs syndiqués dans notre échantillon était plutôt faible (un total de 30 travailleurs sur 206).

La considération la plus importante à faire lors de l'analyse des résultats est de noter que la variable salaire horaire du travailleur accidenté a un impact positif et significativement différent de zéro sur les coûts indirects des accidents du travail. Ce résultat est dû aux nombreux éléments des coûts indirects qui dépendent des salaires que doit déboursier une firme aux divers intervenants suite à l'accident.

Cette étude nous a aussi permis de constater que le secteur d'activité économique "chimique" bien qu'il ait un nombre très limité d'observations, avait un impact positif et significativement différent de zéro sur les coûts indirects. Ce résultat est dû aux dégâts matériels plus élevés dans ce secteur économique et serait à vérifier lors d'études prochaines sur le sujet pour indiquer clairement si les accidents se produisant dans ce secteur ont un tel impact sur les coûts indirects.

Malheureusement, il a été impossible de voir quelles données avaient été mises de côté par Brody, Létourneau et Poirier lors des estimations économétriques qu'ils ont faites. L'impact

de l'ajout des accidents dans lesquels l'accidenté s'est absenté du travail pour une période supérieure à 90 jours dans la base de données demeure donc inconnu. Par contre les variables siège de la lésion et nature de la lésion qui auraient pu être modifiées de façon importante demeurent toujours non significativement différente de zéro et varient peu.

Il est aussi à noter que les variables "taille de l'établissement" et "pourcentage d'utilisation de la capacité de production" ne sont plus significativement différentes de zéro lors de l'estimation de ce modèle. Ces différences semblent difficiles à expliquer. Cependant la suppression de 60 données par rapport à la base de données originale a pu modifier le coefficient de certains paramètres. Les coefficients estimés à l'aide de ce modèle ont un signe qui est le même que celui obtenu par Brody, Létourneau et Poirier.

Finalement le fait de prendre un modèle non linéaire a permis d'enlever le problème d'hétéroscédasticité présent dans le modèle. Les détails de ces calculs sont présentés à l'annexe 2. De plus, la constante est maintenant positive, ce qui rend les prévisions plus réalistes avec des petites valeurs pour les différentes variables explicatives.

5.4 MODÈLE INTERMÉDIAIRE PERMETTANT DE COMPARER LE MODÈLE PROPOSÉ DANS CE RAPPORT DE RECHERCHE ET CELUI DÉVELOPPÉ PAR BRODY, LÉTOURNEAU ET POIRIER

Pour terminer cette section, le modèle de Brody, Létourneau et Poirier sera comparé au modèle proposé dans ce rapport de recherche. Dans le modèle proposé dans ce rapport de recherche, le logarithme naturel du coût indirect des accidents du travail est utilisé comme

variable dépendante alors que Brody et son équipe utilisent les coûts indirects. Il est donc impossible d'utiliser le R^2 (c'est à dire la proportion de la variabilité dans les coûts indirects qui est expliquée par le modèle) comme mesure de comparaison entre les deux modèles. Afin de pouvoir les comparer, il est nécessaire de trouver un modèle intermédiaire.

Le modèle intermédiaire qui permettra une telle comparaison sera de prendre le modèle développé par Brody et son équipe en utilisant le logarithme naturel des coûts indirects comme variable dépendante.

Une régression linéaire sera appliquée sur chaque modèle (celui-ci et celui proposé par Brody et son équipe). Il s'agira ensuite de comparer la valeur du logarithme de la fonction du maximum de vraisemblance pour chaque modèle.

Tel qu'expliqué lors du chapitre 3, les observations auxquelles certaines réponses n'ont pu être estimées avec précision ou sont absentes ont été mises de côté dans ce rapport de recherche. Cette base de données modifiée sera utilisée afin de pouvoir comparer le modèle intermédiaire et le modèle proposé par Brody et son équipe.

Une valeur du logarithme naturel de la fonction du maximum de vraisemblance obtenue avec le modèle intermédiaire supérieure à la valeur du logarithme naturel de la fonction du maximum de vraisemblance obtenue avec le modèle développé par Brody et son équipe nous indiquera que ce modèle se rapproche du modèle de forme générale. Tandis que si ces valeurs

sont sensiblement les mêmes, la contribution d'une forme fonctionnelle log-linéaire sera marginale.

En appliquant la technique des moindres carrés ordinaires à chaque modèle les résultats suivants sont obtenus:

1- Pour le modèle proposé par Brody, Létourneau et Poirier, la valeur du logarithme de la fonction du maximum de vraisemblance est de -1428.98.

2- Pour le modèle intermédiaire, la valeur du logarithme du maximum de la fonction de vraisemblance est de -1289.68¹².

Donc, on s'aperçoit que le modèle intermédiaire se rapproche davantage du modèle de forme général et que l'utilisation du logarithme naturel des coûts indirects comme variable dépendante dans cette analyse est justifiée.

¹² Pour le modèle de Brody, Létourneau et Poirier, la valeur du logarithme de la fonction du maximum de vraisemblance est donné par: $\text{Ln}(L_1) = -n/2 \cdot \ln(2\pi) - n/2 \cdot \ln(\hat{\sigma}^2) - 1/2 \hat{\sigma}^2 \left(\sum (y_i - x_i \hat{\beta})^2 \right)$, tandis que pour le le modèle intermédiaire de forme log-linéaire, le logarithme de la fonction du maximum de vraisemblance est donné par: $\text{Ln}(L_2) = -n/2 \cdot \ln(2\pi) - n/2 \cdot \ln(\hat{\sigma}^2) - 1/2 \hat{\sigma}^2 \left(\sum (\ln(y_i) - x_i \hat{\beta})^2 \right) - \sum \ln(y_i)$.

6.0 CONCLUSION

Ce rapport de recherche reprenait l'étude faite par Brody, Létourneau et Poirier. D'abord, en laissant de côté les observations qui n'étaient pas adéquates, le modèle de Brody et son équipe a été estimé avec une base de données modifiée. Les variables explicatives "pourcentage d'utilisation de la capacité de production" et "taille de l'établissement" ne sont plus significativement différentes de 0 au seuil d'erreur de 10% et les variables qu'ils avaient rejetées sont aussi à rejeter. Le test de Breush-Pagen nous indique aussi que ce modèle contenait de l'hétéroscédasticité. Le modèle développé par la suite a tenu compte de ce problème en utilisant une forme non linéaire pour estimer les divers coefficients.

Ce rapport de recherche a permis de tester deux hypothèses importantes. Tout d'abord le coefficient de la variable explicative syndicat n'est pas significativement différent de 0. L'effet de cette variable sur les coûts indirects était difficile à prévoir.

L'autre hypothèse concernait le salaire de l'accidenté. Comme les coûts indirects sont constitués en grande partie de coûts salariaux, de coûts administratifs et de coûts en avantages sociaux dont le salaire des intervenants joue un grand rôle, il était important que le modèle contienne une variable qui tienne compte de ce fait. L'analyse multi-variée nous a permis de voir que la variable salaire horaire du travailleur accidenté a un impact positif et significatif sur les coûts indirects.

Le salaire du travailleur accidenté a non seulement un impact sur les coûts directs par le biais des cotisations que verse l'employeur à la Commission de la Santé et de la Sécurité au

travail mais aussi sur les coûts indirects (qui sont plus méconnus de la part des employeurs) que l'employeur doit assumer en totalité.

L'inclusion des accidents nécessitant entre 90 et 130 jours d'absence ne semble pas avoir un impact différent des autres accidents sur les paramètres estimés dans le modèle. Par contre leur inclusion dans la base de données a eu pour conséquence d'avoir une meilleure vue d'ensemble des cas d'accidents (courte, moyenne et longue durée) et d'être représentatif de la distribution des accidents pour les secteurs étudiés.

Pour les gestionnaires d'entreprises, ce travail leur permettra d'estimer à l'aide de quelques données facilement disponibles le montant total des coûts indirects pendant une période de temps et d'en constater les conséquences du point de vue économique. En effet, en disposant de données concernant le secteur d'activité économique du travailleur accidenté, son âge, son salaire horaire ainsi que du nombre de jours perdus, il devient simple d'estimer les coûts indirects suite à un accident. Avec une meilleure estimation des coûts totaux des accidents du travail, les entreprises pourront mieux cibler les ressources disponibles en santé et sécurité au travail et comme nous le montre la théorie économique, produire un niveau de prévention optimal.

Les associations sectorielles paritaires, la CSST et autres associations oeuvrant dans le domaine de la santé et la sécurité au travail pourront aussi utiliser ce travail comme outil pour estimer les coûts indirects. Bien que ces associations aient un nombre plus grand de dossiers d'accidents du travail à traiter, il est assez aisé d'appliquer la formule proposée dans ce travail à

un échantillon représentatif. L'utilisation de la formule proposée dans ce rapport de recherche s'avère facile d'utilisation et plus efficace qu'un simple ratio coûts indirects/coûts directs.

Pour terminer, les chercheurs qui se pencheront sur la question devront confirmer ou infirmer l'importance que prend le salaire de l'accidenté sur le niveau des coûts indirects. Comme nous l'avons vu le salaire du travailleur accidenté affecte plusieurs composantes de coûts indirects dont les coûts en avantages sociaux, les coûts salariaux et les coûts administratifs. De plus, il serait intéressant de procéder à une nouvelle recherche en ayant un échantillon avec un nombre plus élevé de travailleurs non syndiqués. Finalement, il faudrait accorder une attention particulière au secteur d'activité économique chimique qui comme nous l'avons vu avait un très faible nombre d'observations et qui néanmoins affectait de façon significative les coûts indirects.

ANNEXE 1: Test concernant l'hétéroscédasticité dans le modèle proposé par Brody,

Létourneau et Poirier

Dans cette section, le test de Goldfeld-Quandt sera appliqué à l'échantillon décrit à la page 34 pour voir s'il y a présence d'hétéroscédasticité. Pour appliquer ce test, il s'agit d'ordonner les variables en fonction de la variable qui cause de l'hétéroscédasticité (dans ce cas les tests ont montré que ce sont les jours), de diviser cet échantillon en trois groupes qui varient en fonction des jours perdus et de laisser tomber le groupe avec les observations centrales. La dernière étape est de faire une régression sur chaque sous-échantillon et de comparer le ratio de la variance estimée de chacun des deux échantillons (échantillon avec les jours élevés et échantillon avec les jours faibles) à une loi de Fisher avec le degré de précision voulu. Il faut donc de comparer l'hypothèse nulle H_0 à l'hypothèse alternative H_1 .

$$H_0 : \hat{\sigma}_1^2 = \hat{\sigma}_2^2$$

$$H_1 : \hat{\sigma}_1^2 > \hat{\sigma}_2^2$$

$$\text{Le test Goldfeld-Quandt (GQ)} = \hat{\sigma}_1^2 / \hat{\sigma}_2^2 \sim F(T_1 - K_1, T_2 - K_2)$$

T_1 , K_1 , T_2 et K_2 représentent le nombre d'observations et le nombre de coefficients dans chacun des deux échantillons, tandis que $\hat{\sigma}_1^2$ et $\hat{\sigma}_2^2$ représentent la variance estimée pour chaque échantillon. Dans le cas présent nous avons $T_1=65$, $T_2=65$, $K_1=25$ et $K_2=25$.

En faisant une régression sur chacun des deux échantillons, nous obtenons les résultats $\hat{\sigma}_1^2=0.159E07$ et $\hat{\sigma}_2^2=64788$. Le ratio de GQ= $\hat{\sigma}_1^2/\hat{\sigma}_2^2$ est de 24.62. La valeur critique d'un test F(40,40) avec un niveau de précision de 5% est de 1.69. On ne peut donc rejeter l'hypothèse H_1 .

ANNEXE 2: Test concernant l'hétéroscédasticité dans le modèle proposé dans ce rapport de recherche

Dans cette section, le test de Goldfeld-Quandt sera appliqué à l'échantillon pour voir s'il y a encore la présence d'hétéroscédasticité dans le nouveau modèle. Le test proposé dans cette annexe est le même que celui de l'annexe 1. Il s'agit de comparer l'hypothèse nulle H_0 à l'hypothèse alternative H_1 .

$$H_0 : \hat{\sigma}_1^2 = \hat{\sigma}_2^2$$

$$H_1 : \hat{\sigma}_1^2 > \hat{\sigma}_2^2$$

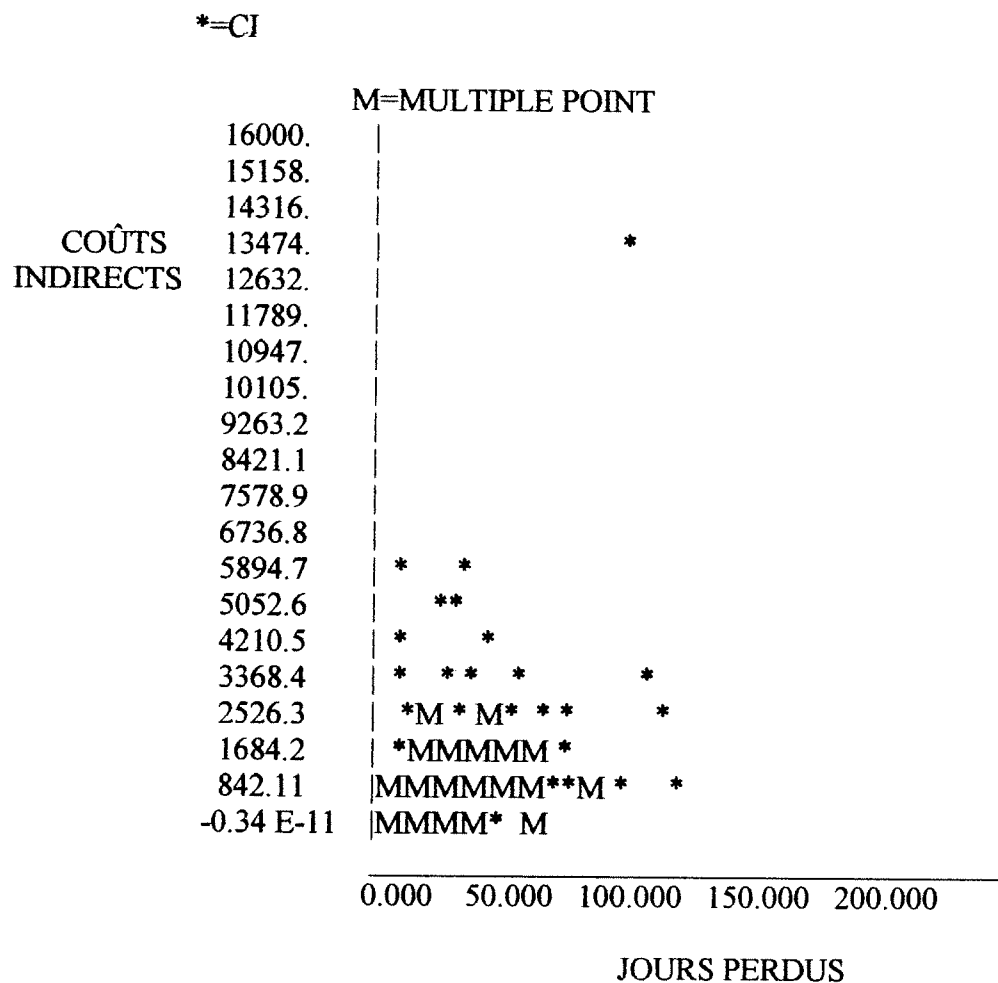
$$GQ = \hat{\sigma}_1^2 / \hat{\sigma}_2^2 \sim F(T_1 - K_1, T_2 - K_2)$$

T_1 , K_1 , T_2 et K_2 représentent le nombre d'observations et le nombre de coefficients dans chacun des deux échantillons, tandis que $\hat{\sigma}_1^2$ et $\hat{\sigma}_2^2$ représentent la variance estimée pour chaque échantillon. Dans le cas présent nous avons $T_1=69$, $T_2=69$, $K_1=9$ et $K_2=8$.

En faisant une régression sur chacun des deux échantillons, nous obtenons les résultats $\hat{\sigma}_1^2=0.3107$ et $\hat{\sigma}_2^2=0.2142$. Le ratio de $\hat{\sigma}_1^2 / \hat{\sigma}_2^2$ est de 1.451. La valeur critique d'un test $F(60,61)$ à 5% est de 1.53. On ne peut donc rejeter l'hypothèse H_0 et on peut conclure que l'utilisation des moindres carrés généralisés n'est pas nécessaire.

ANNEXE 3: Graphique illustrant la distribution des coûts indirects des accidents du travail en fonction du nombre de jours perdus

Ce graphique montre clairement la présence d'un outlier qui se situe au point (100, 13 871). Cette observation a la particularité de modifier toutes les valeurs des paramètres estimés dans le modèle et il est préférable de la laisser de côté lors des régressions.



BIBLIOGRAPHIE

BRODY, B., JALETTE, P., LÉTOURNEAU Y., POIRIER, A., *Approche conceptuelle du phénomène des coûts des lésions professionnelles*, École des relations industrielles, Université de Montréal, Montréal, septembre 1987.

BRODY, B., LÉTOURNEAU Y., POIRIER, A., *Les coûts indirects des accidents du travail: État des connaissances*, Université Laval, 1988.

BRODY, B., LÉTOURNEAU Y., POIRIER, A., *Les coûts indirects des accidents du travail*, Rapport de recherche présenté à l'IRSST, Montréal, 1989.

BRODY, B., JALETTE, P., LÉTOURNEAU Y., POIRIER, A., *Les coûts indirects des accidents du travail dans le secteur public et péripublic canadien*, Rapport de recherche présenté à l'IRSST, Montréal, 1990.

BRODY, B., LÉTOURNEAU Y., POIRIER, A., "An indirect cost theory of work accident prevention, *Journal of occupational accident*", Amsterdam, 1990, vol. 13, pages 255-270.

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, *Les accidents du travail et les maladies professionnelles*, février 1990, p.21 et 22.

Commission de la santé et de la sécurité du travail, *Rapport annuel d'activité*, 1987, 1988, 1989.

Commission de la santé et de la sécurité du travail, Annexe statistique au rapport annuel d'activité, 1987, 1988, 1989.

HEINRICH, H.W., *Industrial accident prevention: a scientific approach*, Mc graw-Hill, New York, 4ème édition, 1959.

KLEN, T. " Cost of occupationnal accidents in forestry", *Journal of safety research*, New York, vol. 20, 1989, pages 31-40.

LEVITT, E.R., PARKER, H.W., SAMELSON, N.M., *Improving construction safety performance: The user's role*, Prepared under contract for the business roundtable construction industry cost effectiveness project, Departement of Civil Engineering, Stanford University. 1981.

MARLEAU, MARTINE, *Analyse des déterminants des risques d'accidents de travail*, Université de Montréal, Montréal, Septembre 1993.

OI, J.W., "On the Economics of Industrial Safety", *Law and Contemporary Problems*, Durham (North Carolina), vol.34, no4,1974, p.669,699.

SIMONDS, R.H., GRIMALDI, J.V., *Safety management*, Fourth Edition, Richard D. Irwin Inc. Homewood, Illinois, 1956.

ST-MICHEL, PIERRE, *Le risque moral et l'indemnisation des lésions professionnelles*, École des Hautes Études Commerciales, Montréal, 1987.

STEELE, G.R., "Industrial Accidents: an economic Interpretation", *Applied Economic*, New York, vol. 6, 1974 pages 143-155.

VAN DE VOORDE, J.R., *Estimating indirect cost of injuries to construction workers*, University of Washington, 1991.