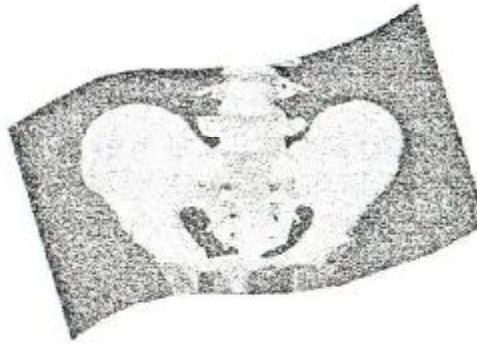


**Analyse comparative
des principales méthodes
d'évaluation des risques
de maux de dos et préparation
d'une grille d'identification
des facteurs de risques**

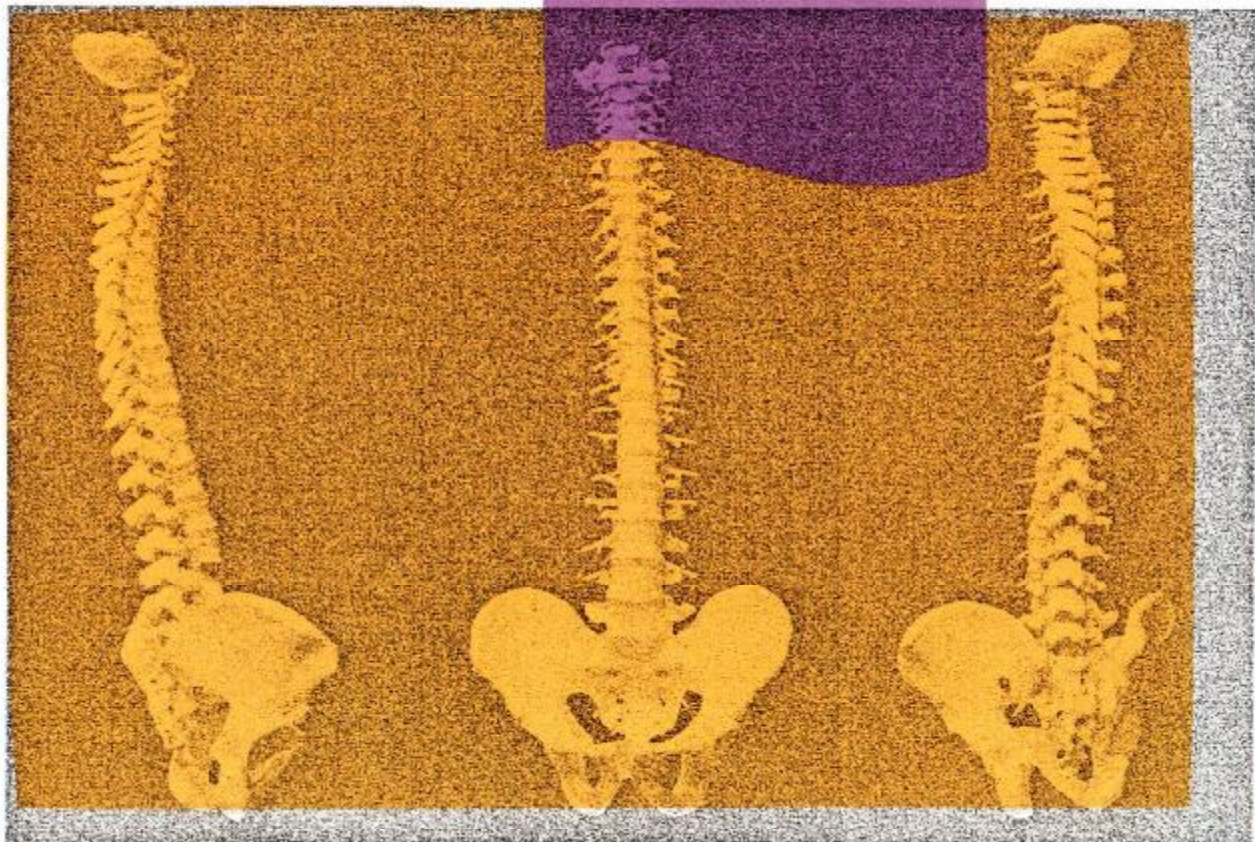


**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Robert Gilbert
Daniel Leblanc
Sylvie Nadeau

Novembre 2000 R-261

RAPPORT



La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et subventionne des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

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

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications ou gratuitement sur le site de l'Institut.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2001

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail
Novembre 2001.

Analyse comparative
des principales méthodes
d'évaluation des risques
de maux de dos et préparation
d'une grille d'identification
des facteurs de risques

Robert Gilbert, Daniel Leblanc et Sylvie Nadeau,
École Polytechnique de Montréal

ÉTUDES ET
RECHERCHES

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



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

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

REMERCIEMENTS

Les responsables de ce projet remercient Nathalie Durand (B.Ing. Industriel), responsable de la validation en entreprise, ainsi que Nicolas Panet-Raymond, (candidat à la maîtrise), pour la validation en entreprise et pour l'usage de son travail sur l'instabilité comme source de lésions au dos.

Ils tiennent aussi à remercier les étudiants du département de Mathématiques et de Génie Industriel de l'École Polytechnique de Montréal, qui ont participé à ce projet: Marie-Elena Laurent et Oldine Étienne étudiantes au B.Ing. Industriel, pour leur validation en entreprise, Sylvain Legault (B.Ing. Informatique) et Marie Méracin-Coréty (B.Ing. Industriel), pour le développement de logiciels de consultation de données sur les facteurs de risques sur Internet.

Ensuite, ils sont reconnaissants envers les intervenants de la C.S.S.T. et de l'A.S.P. Transport-entreposage pour l'intérêt manifesté pour le projet et les nombreux échanges qui ont permis de mieux cerner les besoins des intervenants du milieu.

Enfin, ils tiennent aussi à souligner la précieuse contribution des entreprises et des travailleurs qui ont permis la validation de premier niveau de l'approche partenariale.

NOTE IMPORTANTE

Les résultats présentés dans ce rapport sont en partie issus de la thèse de doctorat de Sylvie Nadeau, Ing. intitulée "Outil d'analyse multifactorielle pour la prévention des lésions au dos" et déposée au Département de Mathématiques et de Génie Industriel de l'École Polytechnique de Montréal.

La validation de premier niveau a été faite dans le cadre de l'approche partenariale développée par Sylvie Nadeau dans sa thèse de doctorat. Il faut cependant souligner que la composante gestion des risques qui figure aux sections 5 et 6 de ce rapport, ne faisait pas partie de la demande originale du projet de recherche.

SOMMAIRE

L'objectif premier de cette recherche est de revoir, de façon critique et rigoureuse, la problématique des maux de dos et ses fondements. Pour ce faire, nous avons d'abord construit une grille d'analyse s'appuyant sur:

- l'analyse causale et l'épistémologie;
- les connaissances fondamentales multidisciplinaires sur lesquelles reposent les mécanismes lésionnels;
- les mécanismes lésionnels.

Il est évident que la cause immédiate (au sens des arbres de défaillances) des lésions au dos est l'effort, en principe répété ou non. C'est en ce sens que nous avons analysé les divers mécanismes lésionnels concernant les diverses structures du dos.

De ces analyses, la question fondamentale qui se pose, pour la prévention de ces lésions, est celle des mécanismes générateurs d'efforts. En somme, il s'agit d'identifier les problématiques susceptibles d'engendrer des efforts de nature et de valeur qui présentent des risques de lésions.

C'est ainsi qu'à partir de connaissances fondamentales, des observations factuelles et de la grille d'analyse, construite précédemment, nous avons obtenu une grille d'identification des facteurs de risques de lésions au dos. Il s'agit d'un réseau hiérarchisé de facteurs de risques "scientifiquement fondés", c'est-à-dire qui ont résisté à l'analyse causale. Il s'agit donc d'hypothèses ne pouvant être rejetées. Ce réseau peut maintenant être consulté à partir de la base de données ACCESS et d'un logiciel développé spécialement pour le projet. L'utilisateur peut consulter un élément constitutif du réseau (justification, généalogie, caractéristiques) et se déplacer dans la hiérarchie.

Nous proposons une approche multifactorielle pour la prévention des lésions au dos. La validation de terrain a été faite dans une approche partenariale de prévention qui reconnaît les comportements stratégiques des intervenants. Ces comportements déjà présents dans les organisations plus traditionnelles prennent une dimension importante dans les nouvelles organisations de la production. En effet, l'évolution rapide de l'environnement externe des entreprises exige le développement de nouvelles approches de gestion de l'appareil productif, basées sur l'autonomie et la polyvalence des travailleurs. Il ne suffit plus alors de souhaiter la participation des intervenants pour améliorer une situation, il faut assurer la coordination des volontés et des efforts de prévention, par la coopération induite par ces mêmes comportements stratégiques. C'est un des objets de cette nouvelle approche de prévention.

Nous avons ensuite procédé à la validation de premier niveau de l'approche multifactorielle et partenariale pour la prévention des lésions au dos dans trois catégories d'entreprises couvrant une diversité d'opérations, d'organisation et de gestion du travail. L'outil s'est avéré efficace autant

pour la fabrication de masse, que pour le travail d'atelier ou pour le travail autonome et polyvalent. L'outil fournit la substance nécessaire à l'élaboration d'un programme de prévention et les indications nécessaires à la construction d'incitatifs favorisant la synergie des efforts en santé-sécurité. Dans les cas particuliers traités, certains problèmes ont été réglés suite à l'usage de notre outil, notamment dans le domaine du déménagement.

Nous suggérons de poursuivre les recherches, pour dégager les caractéristiques d'une priorisation des risques dans une approche partenariale afin de compléter l'étape d'identification qui est présentée ici. Nous suggérons également de soutenir les efforts d'informatisation de l'approche développée afin d'assurer la facilité d'accès et la cohérence de l'information disponible aux intervenants en prévention.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux	.....vii
Liste des figures	.....vii
1.0 Introduction	..... 1
2.0 Rappel des objectifs de recherche et méthodologie	..... 1
3.0 Guide d'utilisabilité des résultats des méthodes classiques	.....2
3.1 Résumé des limitations d'ordre pratique	.....2
3.2 Thèse de l'accumulation des micro-traumas et utilité pour la prévention des maux de dos	..... 10
3.3 Utilité des résultats des méthodes classiques de prévention à la réalité industrielle	..... 13
4.0 Grille d'identification des facteurs de risques	..... 13
4.1 Causalité des lésions au dos	..... 13
4.2 Mécanismes lésionnels	..... 16
4.3 Mécanismes générateurs d'efforts	..... 17
4.4 Identification des causes antérieures	..... 17
5.0 Comportements stratégiques dans la gestion des risques de maux de dos	.....20
5.1 Sources de comportements stratégiques	.....20
5.2 Modélisation du comportement du management en santé-sécurité au travail	.....21
5.3 Modélisation du comportement des travailleurs en santé-sécurité au travail	.....23
5.4 Interactions entre les comportements du management et des travailleurs	.....26
6.0 Éléments de l'approche partenariale	.....27
6.1 Démarche: partage, appropriation et objectivation de l'information sur les facteurs de risques	.....27
6.2 Illustration de l'utilisation de la formule d'indemnisation de la C.S.S.T.	.....29
6.3 Illustration d'une mesure pour assurer la synergie des efforts de prévention	.....30
6.4 Illustration d'une mesure pour tirer profit de la sélection adverse	.....31
6.5 Validation	.....31
7.0 Conclusion	.....37
8.0 Retombées éventuelles	.....38
Références	.....40
Annexe 1 Résumé	.....58
Annexe 2 Articles scientifiques issus du projet de recherche	.....61
Annexe 3 Facteurs de risques de lésions au dos	.....63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention	.....2
Tableau 2:	Types de lésions au dos et conditions d'enclenchement de leur mécanisme lésionnel	.....16

LISTE DES FIGURES

Figure 1:	Métabolisme des éléments structuraux	.....12
Figure 2:	Lésions par accumulation des micro-traumas	.....14
Figure 3:	Schématisation de la causalité dans la problématique des maux de dos	.....15
Figure 4:	Comportement du management en santé-sécurité au travail	.....22
Figure 5:	Comportement des travailleurs en santé-sécurité au travail	.....25
Figure 6:	Démarche de prévention des lésions au dos selon l'approche partenariale	.....28
Figure 7:	Graphique synthèse - fabrication de masse	.....32
Figure 8:	Graphique synthèse - travail en atelier	.....34
Figure 9:	Graphique synthèse - travail autonome et polyvalent	.....36

1.0 Introduction

Les maux de dos indemnisés au Québec ont totalisé près de 431 millions de dollars en prestations en 1995 (Allaire, 1996). Selon Mandell et al. (1989), près de 80% de la population sera atteint de maux de dos au moins une fois dans sa vie, indépendamment de l'environnement de travail de l'individu (Mandell et al., 1989). À cela s'ajoutent des coûts humains et sociaux importants.

La situation est d'autant plus grave que la nature et la cause des maux de dos sont méconnues et que la distinction entre les maux de dos attribuables au travail et ceux attribuables à d'autres facteurs est difficilement utilisable comme information pour améliorer l'efficacité de la gestion de ce risque. L'avènement du travail autonome et polyvalent et l'omniprésence des problèmes de comportements stratégiques ne font que compliquer les choses. Malheureusement, du point de vue prévention, les méthodes classiques d'identification des risques n'offrent, jusqu'à maintenant, que des résultats décevants (Mandell et al. 1989).

Ainsi, le risque de maux de dos est mal compris et difficile à gérer. Ce projet de recherche vise à clarifier et corriger l'inefficacité des méthodes classiques de prévention. Il s'agit donc d'abord de revoir, de façon critique et rigoureuse la problématique des maux de dos et ses fondements.

2.0 Rappel des objectifs de recherche et méthodologie

Ceux-ci comprennent:

1. La revue des principales approches classiques de prévention et la construction d'un guide d'utilisabilité de leurs résultats.
2. La construction d'une grille d'analyse pour revoir la problématique des maux de dos et ses fondements.
3. La revue et la classification des lésions au dos selon les structures anatomiques et les divers mécanismes lésionnels.
4. La détermination des mécanismes générateurs d'effort.
5. La construction d'une grille d'identification des facteurs de risques de lésions au dos.
6. La revue des comportements stratégiques des intervenants dans la gestion des risques de maux de dos.
7. La proposition d'un modèle de gestion des risques ergonomiques; l'approche partenariale.

8. La validation de premier niveau de l'outil construit précédemment dans trois entreprises différentes. La validation porte sur trois type différents de postes de travail dans trois secteurs différents.

3.0 Guide d'utilisabilité des résultats des méthodes classiques de prévention

Plusieurs avenues ont été explorées. Les recherches entreprises dans le domaine de la prévention des maux de dos s'étendent sur un peu plus d'un demi-siècle. Le tableau suivant présente succinctement les objectifs et les résultats des principales méthodes et approches de prévention.

3.1 Résumé des limitations d'ordre pratique

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention

OBJECTIFS	RÉSULTATS
SÉLECTION DE PERSONNEL	
Identifier les travailleurs susceptibles d'être atteints de maux de dos. Les résultats d'examens médicaux, de tests de force et de forme physique sont comparés à une évaluation des exigences du travail.	<p>Mise en évidence des causes immédiates reliées à l'opérateur. Aucun résultat concluant (Lavender et Kenyeri, 1995; Snook et al., 1978; Cedercrutz et al., 1987).</p> <p><u>Radiographies:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • N'ont pas permis de réduire de façon significative les maux de dos (Snook, 1978). • Ne réussissent pas à prédire de façon efficace leur incidence (Benson, 1987; Boyd et Cartier, 1990; Buis, 1990; Mandell et al., 1989). • Peuvent fournir un indice sur la gravité d'un trauma lombaire, s'il y en a un (Mandell et al., 1989). • Ne permettent pas de détecter tous les traumas et certaines anomalies peuvent n'avoir aucun lien avec les symptômes. • Rapport valeur de la prédiction/coût et danger relié aux radiations réduisent leur utilité (Chaffin et Park, 1973). <p><u>Tests de force et de forme physique:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Peu révélateurs (Mandell et al., 1989).
FORMATION ET ENTRAÎNEMENT DU PERSONNEL	
Prévenir les accidents au dos par l'initiation aux "bonnes techniques de travail" ou	<p>Mise en évidence des causes immédiates reliées à l'opérateur. Peuvent difficilement tenir compte des contraintes et imprévus inhérents au travail.</p>

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention (suite)

OBJECTIFS	RÉSULTATS
FORMATION ET ENTRAÎNEMENT DU PERSONNEL (SUITE)	
l'amélioration de la santé physique.	<p><u>Enseignement de techniques de travail:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Rien ne garantit que les travailleurs pourront ou voudront employer les techniques enseignées (l'habitude, la résistance au changement, le besoin de prouver "qu'on est encore capable" et le peu de motivation). • Les techniques enseignées sont souvent incorrectes et font plus de mal que de bien. • Les manutentionnaires expérimentés ne s'entendent pas sur la meilleure méthode pour effectuer un levage sécuritaire (Kuorinka et al., 1994). • Panet-Raymond (1998) a montré que les stratégies de commande et de réactions musculaires diffèrent beaucoup d'un individu à l'autre lorsqu'ils sont confrontés à des situations similaires
CEINTURES LOMBAIRES	
Diminuer la charge sur la colonne vertébrale.	<p>Résultats différents et parfois contradictoires. Trop tôt pour conclure que la ceinture lombaire peut réduire les maux de dos (Gilbert, 1995; Lavender et Kenyeri, 1995; McGill, 1994; N.I.O.S.H., 1994; Séguin, 1994; Walsh et Schwartz, 1990). Base des résultats expérimentaux défailants (Gilbert, 1995).</p>
APPROCHE ÉPIDÉMIOLOGIQUE	
Brosser un tableau des causes d'un accident, en analysant les circonstances et les conditions dans lesquelles il s'est produit et en utilisant les statistiques de corrélation.	<p>Relation entre les facteurs identifiés et les maux de dos généralement fort discutable (Hildebrandt, 1987; Riihimaki, 1991; Dempsey, 1998):</p> <ul style="list-style-type: none"> • les groupes témoins sont souvent absents ou déficients; • la règle première du choix des témoins n'est pas toujours observée (Schaffner, 1991; Hadler, 1987); • l'échantillon n'est pas statistiquement significatif; • l'homogénéité des groupes ne peut jamais être satisfaite; • la durée d'étude est dans certains cas très limitée; • les associations sont pauvres en intensité; • le biais d'information relié à la non-consultation immédiate d'un médecin suite à une douleur ressentie et rendant difficile l'identification du début du mal de

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention (suite)

OBJECTIFS	RÉSULTATS
APPROCHE ÉPIDÉMIOLOGIQUE (SUITE)	<p>dos et le moment où intervient ce que l'on croit être un facteur de risques est important;</p> <ul style="list-style-type: none"> la relation avec les maux de dos est impossible ou illogique compte tenu du temps et des connaissances de l'anatomie, la biologie et la physiologie du dos. <p>Est tellement préoccupée par la technique statistique qu'elle est susceptible de rejeter prématurément une hypothèse qui mérite d'être approfondie (Buck, 1975).</p> <p>Certaines études cliniques considèrent des facteurs représentant davantage la prédisposition à aller consulter un médecin pour des maux de dos qu'à engendrer des maux de dos (Reisbord et Greenland, 1985).</p> <p>Peu d'études se préoccupent du fait qu'un employé blessé est susceptible de réorienter sa carrière vers un travail moins exigeant physiquement (Mandell et al., 1989).</p> <p>Beaucoup d'études ne tiennent pas compte des activités hors travail. L'approche est intrinsèquement faible pour identifier les causes d'une blessure ou d'un accident (Schaffner, 1991; Bouyer et al., 1993; Dempsey, 1998).</p> <p>Reposent sur des allégations de douleurs (Hadler, 1987) et utilisent des diagnostics incertains.</p>
APPROCHE PHYSIOLOGIQUE	<p>Définir la charge agissant sur le système cardio-vasculaire et la limite de fatigue au-delà de laquelle la capacité au travail d'un individu chute.</p> <p>Mise en évidence des causes immédiates reliées à l'opérateur.</p> <p>Le coût énergétique d'une activité (Genaidy et Asfour, 1987) est difficile à estimer.</p> <p>Ces méthodes négligent, en général, plusieurs variables d'une tâche et leurs interactions.</p> <p>Plusieurs sont applicables pour des activités dans le plan sagittal seulement.</p> <p>Ces techniques sont limitées à des travaux fréquents et répétitifs (Garg et Ayoub, 1980; Mitai, 1983).</p> <p>Certains auteurs affirment que le modèle peut produire des erreurs considérables et mettent en doute le critère de consommation énergétique utilisé (Ayoub, 1992).</p> <p>La dépense énergétique peut être reliée à la fatigue.</p>

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention (suite)

OBJECTIFS	RESULTATS
APPROCHE PSYCHOPHYSIQUE	
Déterminer la limite acceptable de charge en évaluant la perception de la fatigue, engendrée par le poids et la fréquence de transport d'une charge et ses modalités, chez un individu.	<p>Considèrent les causes immédiates reliées à la charge.</p> <p>Certains auteurs affirment qu'ils permettent d'étudier les tâches intermittentes et fréquentes (Bishu, 1989).</p> <p>D'autres qu'ils présentent le meilleur critère pour des levages d'une fréquence inférieure à 4 levages/min. (Mitai, 1985).</p> <p>Ces méthodes utilisent des données subjectives et imprécises, ce qui en limite l'utilité. (Chaffin et Page, 1994; Waikar et al., 1991).</p> <p>Surestiment jusqu'à 30% la capacité des individus (Mitai, 1985).</p> <p>Aucune étude permet de conclure que ces méthodes permettent de réduire l'incidence des maux de dos.</p>
APPROCHE BIOMÉCANIQUE	
Prédire les lésions possibles aux tissus, en calculant la valeur des forces internes exercées sur le système musculo-squelettique.	<p>Mise en évidence des causes immédiates reliées à l'opérateur.</p> <p>Les modèles de type statique sous-estiment les forces et moments en dynamique (Ayoub et al., 1980).</p> <p>Les modèles de type dynamique sont plus complexes, d'utilisation difficile et demandent une cueillette d'informations exhaustive sur la cinématique du mouvement (De Looze et al., 1994).</p> <p>Ces modèles devraient plutôt être utilisés pour des tâches non-fréquentes selon certains auteurs (Garg et Ayoub, 1980; Mitai, 1983 et 1985; Nicholson, 1989; Waters et al., 1993).</p> <p>Ces modèles ne tiennent pas compte des efforts imprévus.</p> <p>La résistance mécanique des éléments constitutifs du dos doit être la base de tout modèle de prévention des maux de dos.</p>
NORME FRANÇAISE	
Définir une masse pouvant être transportée par unité de temps limitant les astreintes biomécaniques et bioénergétiques importantes.	<p>Considère peu de facteurs de risques.</p> <p>Simple d'utilisation.</p> <p>N'a pas permis, à notre connaissance, de réduire les maux de dos.</p>

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention (suite)

OBJECTIFS	RÉSULTATS
EQUATION DE N. I. O. S. H. (VERSION REVISEE)	
<p>Prédire l'incidence des maux de dos par un modèle mathématique. Il s'agit d'un poids que l'on ajuste par la suite par différents facteurs, pour tenir compte de différents aspects de la tâche de manutention (Waters et al., 1993).</p>	<p>Ne considère que la cause hypothétique immédiate des maux de dos, la charge manipulée (masse, mais pas les caractéristiques comme l'homogénéité massique ou la position du centre de gravité). Nécessite peu d'instruments et la récolte des données est élémentaire (Mahone, 1994). Simple d'utilisation (Garg, 1989; Mahone, 1994). Fastidieuse (Keyserling, 1989). N'a pas permis, jusqu'à maintenant, de réduire de façon significative les maux de dos. Ne tient pas compte de l'effort à exercer pour placer la charge à destination (Garg, 1989). Dans certaines situations de travail, les positions horizontale et verticale des mains peuvent varier grandement et une estimation peut introduire un biais important (Keyserling, 1989). Ne tient pas compte des imprévus comme une chute. Suppose des conditions environnementales favorables. Suppose que des tâches comme tenir, pousser, transporter, marcher et grimper sont des activités de consommation énergétique négligeable (Waters et al., 1993). Ne permet pas d'évaluer le risque de tâches consécutives et demandant différents efforts (Waters et al., 1993). Suppose un coefficient de friction sol-chaussure entre 0.4 et 0.5 (Waters et al., 1993). Suppose que les actions de soulever ou baisser une charge présentent un risque équivalent, alors que guider ou laisser tomber une charge au sol est difficilement comparable en matière d'efforts (Waters et al., 1993). Ne doit pas être utilisée pour des tâches de levage à une main, des levages assis ou agenouillés, des levages de personnes, le levage d'objets très froids, chauds ou contaminés, le levage de barils ou l'enlèvement de la neige (Waters et al., 1993). Est basée sur des études psychophysiques, dont les données subjectives soulèvent plusieurs questions.</p>

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention (suite)

OBJECTIFS	RESULTATS
ÉQUATION DE N. I. O. S. H. (VERSION RÉVISÉE) (SUITE)	
	<p>L'utilisation du critère physiologique néglige le risque potentiel associé à la fatigue cumulative (Waters et al., 1993).</p> <p>Le critère biomécanique, basé sur la résistance en compression de 3.4kN pour le disque L5/S1, ne traduit pas le mécanisme lésionnel des disques intervertébraux. (Gracovetsky, 1987).</p> <p>Certains auteurs affirment que si les trois critères étaient considérés individuellement, ils n'arriveraient pas à protéger les travailleurs (Waters et al., 1993).</p> <p>S'applique difficilement à la diversité des situations de travail.</p> <p>Prévoit le régime statique seulement.</p>
NORME AUSTRALIENNE	
<p>Prévenir et de réduire la gravité des accidents dus à la manutention en consultant les statistiques d'accidents, les employés et les représentants des comités de santé-sécurité au travail et en remplissant un questionnaire et par une évaluation du risque de maux de dos en utilisant l'équation de N.I.O.S.H..</p>	<p>Offre la sécurité de l'utilisation de l'équation de N.I.O.S.H. complétée par une analyse qualitative pour identifier les facteurs de risques absents dans les recommandations de N.I.O.S.H. (Buis, 1990).</p> <p>Motivation à l'action (Buis, 1990).</p> <p>Incite la direction à constater les différents dangers auxquels sont exposés les travailleurs et à les éliminer par l'ergonomie (Buis, 1990).</p> <p>Tente de fournir à l'industrie, des lignes de conduite précises dans un domaine où les avis sont largement partagés dans la communauté scientifique.</p> <p>Complète les recommandations de N.I.O.S.H.</p>
PROJET DE NORME O. S. H. A.	
<p>Prévenir les lésions musculo-squelettiques en réduisant l'exposition aux facteurs de risques les causant ou les aggravant; Réduire la gravité des lésions musculo-squelettiques par une gestion médicale précoce; S'assurer que les travailleurs connaissent les lésions musculo-</p>	<p>Tente de fournir à l'industrie, des lignes de conduite précises dans un domaine où les avis sont largement partagés dans la communauté scientifique.</p>

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention (suite)

OBJECTIFS	RESULTATS
PROJET DE NORME O. S. H. A. (SUITE)	
squelettiques et les facteurs de risques les causant ou les aggravant; Promouvoir l'avancement technologique pour réduire l'exposition à ces facteurs; S'assurer la collaboration des travailleurs et employeurs dans la gestion des facteurs de risques	
MODELES MULTICRITERES (Jung et Frievalds, 1991; Henderson et Dutta, 1992)	
Evaluer les exigences de la demande physique d'une tâche de manutention selon plusieurs critères ou comparer les recommandations de méthodes classiques de prévention selon plusieurs critères.	Utilisent un outil d'aide à la décision performant. Se limitent à l'utilisation de modèles s'appuyant sur la recherche de causes immédiates ce qui en limite les moyens de prévention. Le nombre de critères de comparaison utilisé est limité. Ces travaux portent sur la cohérence des méthodes entre elles.
ERGONOMIE PARTICIPATIVE	
La gestion des risques ergonomiques se fait dans un processus d'intervention "consultatif, représentatif et orienté vers un consensus" (Loisel et al., 1996).	Favorise l'échange de savoir et d'information entre les ergonomes et les travailleurs (Patry et al., 1993; Kuorinka et al., 1994). Permet aussi aux travailleurs d'avoir une influence sur leur travail (Patry et al., 1993; Kuorinka et al., 1994). Permet le développement d'une atmosphère de confiance réciproque entre les participants et favorise l'acquisition de compétences (Patry et al., 1993; Kuorinka et al., 1994). Permet une meilleure compréhension du travail ainsi qu'une utilisation et une diffusion rapide de ses résultats (Patry et al., 1993; Kuorinka et al., 1994). La démarche est vulnérable à d'éventuelles luttes de pouvoir, servant plus des intérêts personnels que collectifs. La démarche encourage la résistance aux changements; les rivalités de clocher dressant les membres du comité paritaire

Tableau 1: Objectifs et résultats des principales méthodes et approches de prévention (suite)

OBJECTIFS	RESULTATS
ERGONOMIE PARTICIPATIVE (SUITE)	
	<p>l'un contre 1 autre entachent la crédibilité de leurs propositions. Le processus de sélection des membres du comité paritaire ne garantit pas que ces derniers ont les compétences les mieux adaptées pour ce genre d'analyse.</p> <p>La démarche vise l'atteinte d'un consensus basé sur la bonne volonté des intervenants. Ce consensus peut, à tout moment, être démenti puisqu'il ne comporte aucun engagement formel des participants. De plus, la recherche d'un consensus ne constitue pas une méthode scientifique de recherche de la vérité.</p> <p>La démarche ne garantit pas la participation des travailleurs, qui souvent ne considèrent pas la sécurité de leur ressort (De Keyser, 1980). La démarche peut mener à n'identifier que des facteurs humains s'il y a "constat d'impuissance de faire aboutir la démarche jusqu'à des changements du milieu de travail " (De Keyser, 1980).</p> <p>La démarche ne reconnaît pas les phénomènes de comportements stratégiques.</p>
SYSTEMES DE CLASSIFICATIONS	
<p>Permettre la classification des accidents selon les causes répertoriées.</p>	<p>Dissimulent, selon l'avis de plusieurs auteurs, les vraies causes et conduisent à des hypothèses parfois ridicules (Andersen, 1983; Manning, 1983; Strandberg, 1983).</p> <p>ANSI et E-Liste sont incapables de traiter les accidents comme une séquence d'événements imprévus impliquant plusieurs agents causaux (Strandberg, 1983).</p> <p>Dans le cas des traumatismes au dos, certains auteurs, en utilisant des systèmes de classification tel ISA et LDA, ont montrés qu'ils trouvent une multicausalité différente (Manning, 1983).</p> <p>ISA ne couvre que les quelques secondes précédant la blessure. Le risque d'erreur d'interprétation est grand puisqu'il est possible de confondre une relation temporelle et une relation d'un autre ordre (Strandberg, 1983).</p> <p>Ne tiennent pas compte du fait qu'un accident est un phénomène multicausal (Strandberg, 1983).</p>

Les méthodes et approche classiques de prévention présentent toutes des limitations d'ordre pratique à leur application. La section suivante aborde la problématique de leur utilité pour la

prévention des maux de dos en remontant à leurs fondements, la théorie de l'accumulation des micro-traumas.

3.2 Thèse de l'accumulation des micro-traumas et utilité pour la prévention des maux de dos

Un matériau soumis à des sollicitations cycliques, dépassant les seuils de résistance à la fatigue et de propagation des fissures, subit des modifications irréversibles, qui conduisent éventuellement à sa rupture.

Cette énoncé de la théorie de la fatigue des matériaux et de la rupture suppose que la structure des matériaux utilisés est imparfaite (imperfections chimiques ou imperfections dues à des concentrations de contraintes). Les modalités de rupture varient selon la nature des matériaux utilisés.

La théorie de la fatigue des matériaux est importée dans le domaine physiopathologique sous l'expression d'une accumulation de micro-traumas dans les activités impliquant des efforts répétés sur les mêmes structures. Ainsi, chacun des mouvements répétés engendre des micro-traumas qui ne peuvent être réparés d'où leur accumulation. Cette thèse ne peut être directement transposable aux structures vivantes comme celles du dos, compte tenu de l'anatomie, de la physiologie et de la biomécanique du corps humain, à moins que le régime soit oligocyclique (déformations plastiques).

D'abord, la fatigue des matériaux conduit, très généralement, à la rupture totale. Ceci est extrêmement rare pour l'ensemble des problèmes musculo-squelettiques. De plus, lorsqu'il y a rupture totale, la nature et la grandeur des efforts exercés sur les structures (généralement en phase de dégénération) sont exceptionnellement différents et importants (Leadbetter et al., 1990) (athlètes de compétition). Dans ces conditions, les symptômes se manifestent rapidement, non pas après des semaines, des mois, des années, voire des décennies (Kuorinka et Forcier, 1995). C'est ce que l'on constate lors d'activités répétitives inhabituelles de fin de semaine.

Ensuite, même si les éléments biologiques structuraux sont inertes (extracellulaires), ils sont sous la "surveillance" de senseurs qui en commandent la synthèse. Ainsi, les déformations ne dépassent pas un seuil de référence (d_{sr}). Cette rétroaction permet de renforcer (+) la structure lorsque le seuil est dépassé ou de la diminuer (-) si la structure est insuffisamment sollicitée.

En ce qui concerne la réponse positive à un régime d'efforts répétés, si l'écart est suffisamment grand il est possible que la structure ne soit endommagée que temporairement, même en poursuivant le régime d'efforts, si v_1 est suffisamment augmentée. Cette hypothèse repose sur quelques cas observés où des individus auraient manifestés les symptômes d'une lésion et ont vu

disparaître ces derniers en poursuivant leur activité. L'augmentation de la résistance (R_j) en réponse à $(d_{si}-d_{sr})$ positif n'est pas instantanée. Elle implique la fabrication de sous-éléments structuraux et de leur organisation en rapport aux éléments structuraux existants. En cas de trauma, il n'est donc pas nécessaire de maintenir un régime de sollicitation pour que la structure soit réparée, mais il semble bien qu'un certain niveau de sollicitation accélère la réparation une fois qu'elle est amorcée. La figure suivante illustre nos propos à ce sujet.

Métabolisme des éléments structuraux

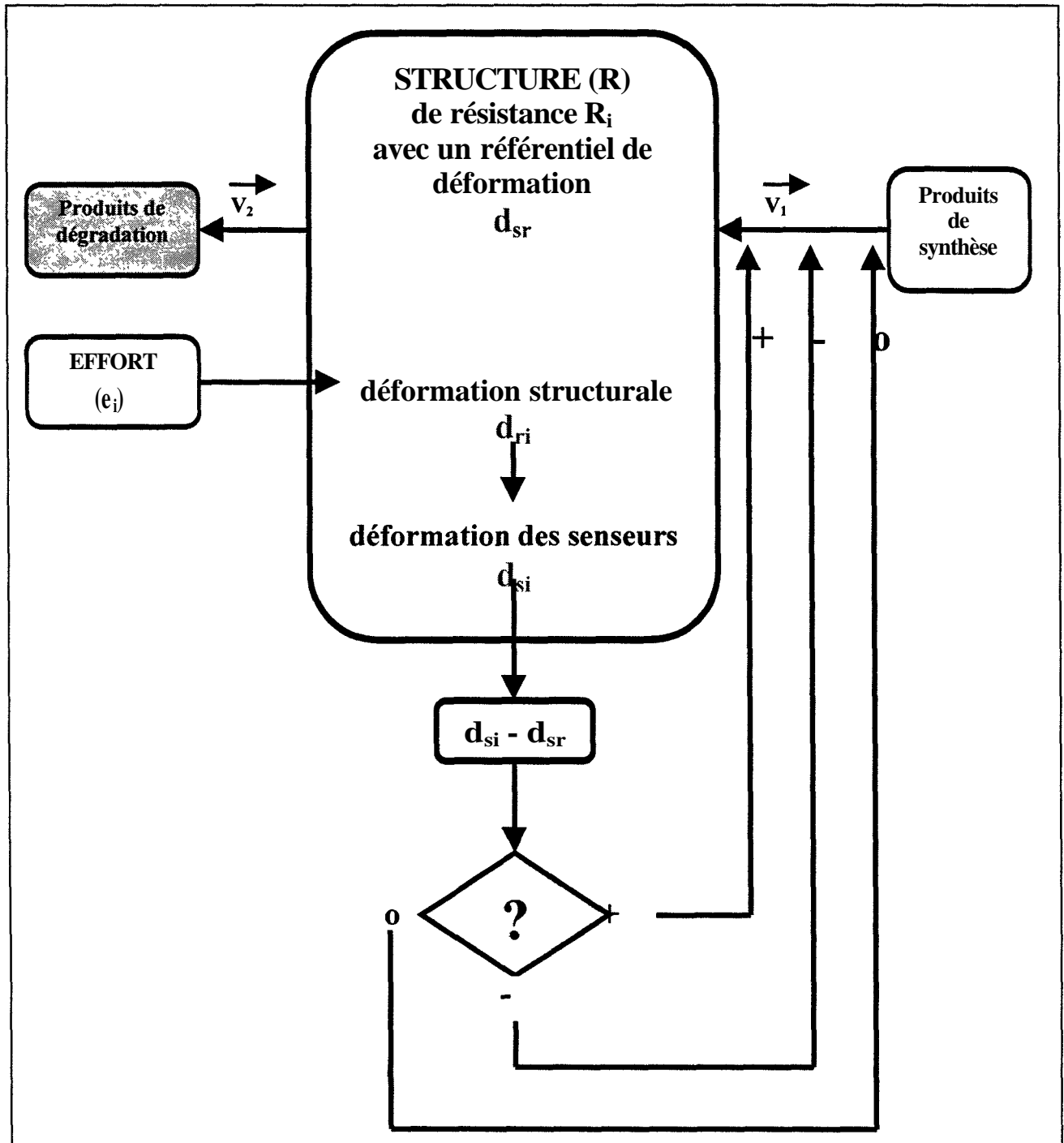


Figure 1: Métabolisme des éléments structuraux.

Enfin, la partie vivante des matériaux biologiques produit des éléments structuraux à des fins de remplacement, de réparation et d'adaptation. En régime de fatigue cyclique, ils se comportent donc comme des matériaux quasi parfaits (Frost, 1973 et 1986, Tipton et Vailas, 1988; Bogduk et Twomey, 1991). Ainsi,

- dans la mesure où les efforts ne dépassent pas ceux des nécessités de la vie ou;
- dans la mesure où l'augmentation des efforts par entraînement ne dépassent pas les capacités d'adaptation par la matrice ou;
- dans la mesure où il n'y a pas certaines pathologies;

l'activité humaine ne peut entraîner de lésions en absence d'imprévu (Jayson, 1992).

3.3 Utilité des résultats des méthodes classiques de prévention à la réalité industrielle

Il faut malheureusement constater que les résultats des méthodes classiques de prévention sont fréquemment peu utiles dans la réalité industrielle. D'abord, ces méthodes sont fondées sur des prémisses incompatibles avec l'anatomie, la physiologie et la biomécanique du dos. De plus, la plupart d'entre elles se limitent à quelques "causes immédiates" (opérateur, poste de travail, charge) ce qui a comme conséquence de réduire considérablement les moyens de prévention. Ceci explique pourquoi la valeur de ces approches n'a jamais été démontrée.

Toutefois, des approches physiologique et biomécanique nous devons retenir que:

- la fatigue physiologique peut être évaluée par la dépense énergétique et par la fréquence cardiaque, alors qu'un niveau de fatigue susceptible d'interférer avec la coordination motrice est un facteur de risques;
- le point de départ de toute analyse des lésions au dos doit être la résistance mécanique des différents éléments constitutifs du dos.

Ainsi, il est justifié de considérer d'autres avenues dans la problématique de la prévention des maux de dos. La section suivante traite précisément des mécanismes pour ces différents éléments constitutifs.

4.0 Grille d'identification des facteurs de risques

Pour ce faire, il faut d'abord construire une grille d'analyse pour revoir la problématique des maux de dos et ses fondements.

4.1 Causalité des lésions au dos

Dans cette construction, les critères de plausibilité physique ou biologique (il faut identifier un mécanisme et différentes combinaisons de conditions qui permettent d'obtenir un effet lorsqu'une

cause est présente) et logique ou cohérence (la relation causale considérée doit être déterministe et reproductible, en supposant évidemment l'absence de biais et confusion entre l'effet et sa cause) sont primordiaux.

L'analyse des connaissances fondamentales d'anatomie, de biologie et de biomécanique permet d'affirmer que la cause immédiate des lésions musculo-squelettiques est l'effort, dépassant le seuil approprié de résistance de la structure. De façon plus précise, pour qu'un mécanisme lésionnel s'enclenche, il faut que (Gilbert, 1998) (voir la figure 2):

- le niveau d'adaptation des matériaux biologiques soit insuffisant ou;
- la capacité de réparation des matériaux biologiques soit insuffisante ou;
- la structure soit anormale ou;
- un événement extérieur mène au développement de grands efforts et à l'atteinte des limites de résistance.

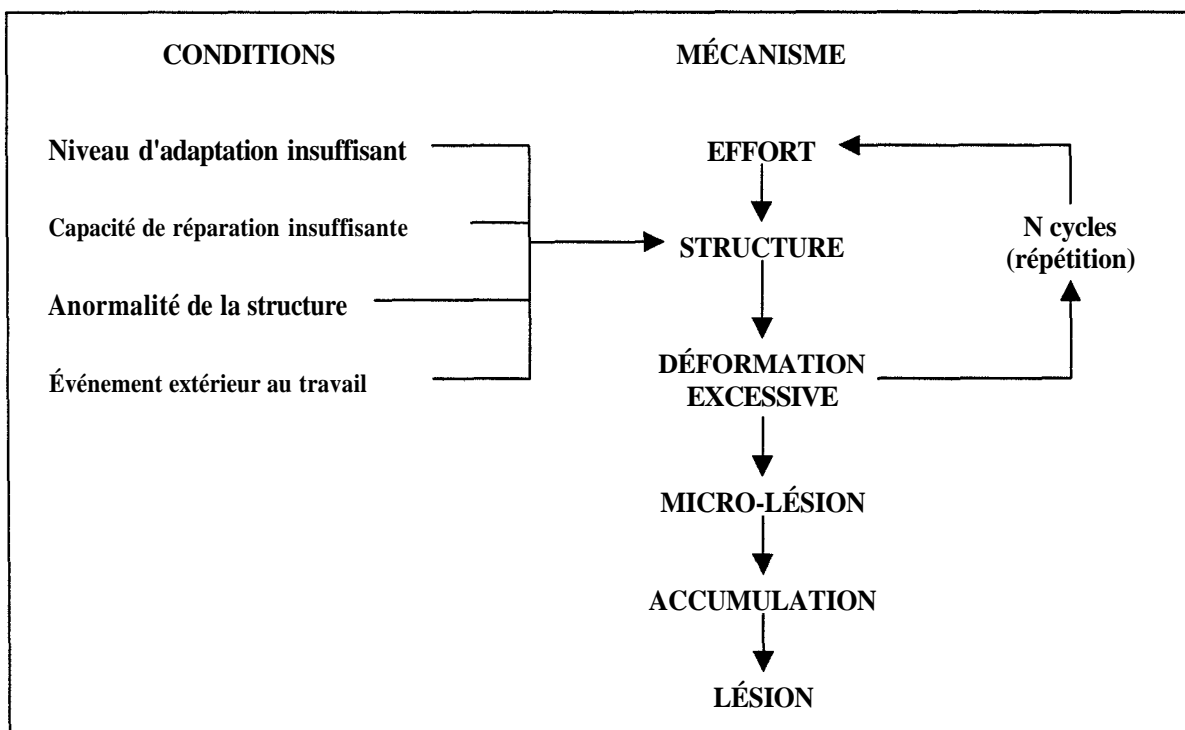


Figure 2: Lésions par accumulation des micro-traumas.

Il est pertinent, dès lors, de se demander quels sont les mécanismes susceptibles de relier les causes antérieures à la cause immédiate? Il s'agit des mécanismes générateurs d'efforts qui

s'enclenchent lorsqu'il y a une perte de contrôle de l'activité en cours. Il existe donc une combinaison de facteurs qui conduit à un effort important sous conditions d'autres facteurs et de l'incertitude sur le devenir de l'acte.

La figure 3 est une schématisation de cette grille d'analyse. Elle sert à construire la grille d'identification des facteurs de risques. Pour ce faire, nous revoyons d'abord la classification des lésions au dos selon les structures anatomiques et déterminons les conditions d'enclenchement des divers mécanismes lésionnels. Ensuite nous abordons les mécanismes générateurs d'efforts. Enfin, à l'issue de ce processus de définition de la grille d'analyse, nous construisons une grille d'identification des facteurs de risques présents dans un environnement de travail.

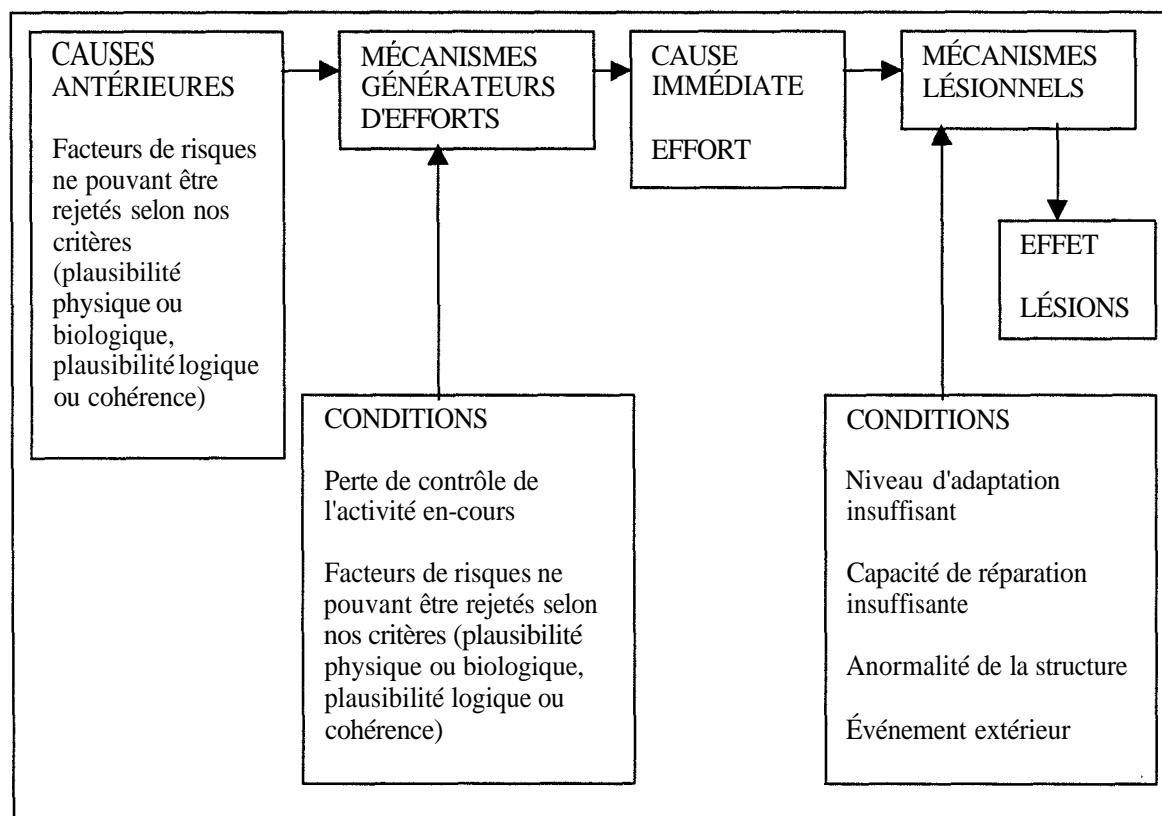


Figure 3: Schématisation de la causalité dans la problématique des maux de dos (adaptation de Gilbert, 1998).

4.2 Mécanismes lésionnels

Le tableau 2 ci-dessous présente les différentes lésions au dos ainsi que les conditions d'enclenchement de leur mécanisme lésionnel dans un contexte d'exercice normal de la profession.

Tableau 2: Types de lésions au dos et conditions d'enclenchement de leur mécanisme lésionnel

Lésion	Définition	Conditions d'enclenchement du mécanisme lésionnel
Entorse lombaire	Déchirure ligamentaire.	Atteinte de la limite des plages angulaires afin de mettre en tension le ligament. Les efforts en tension (provenant des effets de la gravité et du mouvement) doivent être supérieurs à la force musculaire maximale. Le risque de lésion est accru si le délai disponible pour une correction des tensions musculaires est trop court.
Hernie discale	Rupture de l'anneau fibreux pouvant être suivie d'un échappement du noyau.	Flexion couplée à une inclinaison latérale ou couplée à une torsion du rachis (Adams et Hutton, 1982; Shirazi-Adl et al., 1986). Les efforts doivent être importants, comme dans le cas d'une instabilité posturale intrinsèque (due à une commande ou une réponse musculaire inadéquate) ou extrinsèque du rachis.
Lésions aux muscles	Proviennent d'une elongation à une vitesse supérieure à une vitesse seuil couplée à une extension ou contraction importante.	Changement soudain et force de la longueur musculaire. La force des muscles, les blessures antérieures, un déséquilibre de force musculaire entre les muscles antagonistes ou une collision peuvent précipiter la lésion (Nicholas et Hershman, 1986).
Lésions aux aponévroses	N'ont pas été étudiées à notre connaissance hormis les tendons et les ligaments.	
Fractures des vertèbres	Fissures des plateaux vertébraux.	Efforts dépassant la résistance mécanique de la structure (Perry, 1957; Chaffin et Park, 1973; Farfan, 1973; Shirazi-Adl et al. 1986; Bogduk et Twomey, 1991)
Lésions aux tendons	Phénomène dégénératif de calcification ou de dégénération de la structure (Gilbert, 1994).	

4.3 Mécanismes générateurs d'efforts

Les connaissances actuelles en physiologie montrent que le seul fait de soulever une charge ne peut engendrer une lésion d'un élément du dos (Bogduk et Twomey, 1991). Hormis un effort d'origine externe, seulement une incertitude sur le devenir de l'acte, une erreur dans la commande nerveuse ou dans la réponse motrice sont susceptibles d'enclencher un mécanisme lésionnel. Le comportement mécanique des structures du dos en fonction des efforts appliqués (Evans, 1970) montre que les muscles n'ont pas la puissance nécessaire pour endommager une colonne vertébrale saine.

Par contre, un événement fortuit, tel qu'une perte d'équilibre occasionnée par une chute ou quasi-chute, une instabilité posturale ou une instabilité intrinsèque de la colonne vertébrale (Andersson et Winters, 1990; Bermark, 1989; Cholewicki et McGill, 1996; Crisco III, 1990), peut engendrer une perte de contrôle de l'activité en cours. D'importants efforts impulsionsnels se voient ainsi mal redistribués dans le rachis. Le délai disponible est trop court pour une correction des tensions musculaires. D'après les temps de réponse musculaire (150 ms) (Panet-Raymond et al., 1999), on en déduit que généralement en dynamique le devenir du geste doit être pré-programmé pour être exécuté de façon sécuritaire. Si les informations prévisionnelles sont partielles, erronées ou mal intégrées par le cervelet, faute de temps ou par erreur, ou si un élément interfère avec les mécanismes de protection, il y a risques de concentration de contraintes au niveau du rachis.

4.4 Identification des causes antérieures

La présente section vise à expliquer comment déterminer la liste des facteurs de risques ne pouvant être rejetés, selon les critères du jugement scientifique d'une relation causale (plausibilité physique ou biologique, plausibilité logique ou cohérence).

Nous avons d'abord consulté la littérature afin de répertorier les facteurs de risques de lésions au dos considérés par d'autres chercheurs ainsi que les hypothèses et le raisonnement sous-jacents à leurs choix. De la littérature sur la problématique des maux de dos, seules certaines catégories de sources ont été consultées dont:

- la littérature portant sur les analyses de risques;
- des études de nature épidémiologique;
- les statistiques de lésions de la C.S.S.T.;
- des études cliniques;
- des études de cas en milieu de travail; ces études spécifiques ne peuvent servir à établir une relation causale, mais peuvent servir à éclairer l'étape de la formulation d'hypothèses sur la causalité;

- les modèles et théories des maux de dos étudiés en fonction des connaissances anatomiques, biomécaniques et physiologiques relatives aux méthodes d'analyse de risques;
- des études traitant des chutes ou quasi-chutes. Ces perturbations de l'équilibre occasionnent souvent des maux de dos selon plusieurs chercheurs (Manning et Shannon, 1981; Manning, 1983; Chaffin et al., 1978; Troup et al., 1981).

Un premier tri des facteurs de risques précédemment répertoriés a ensuite été effectué. Seuls les facteurs de risques pour lesquels il existe, un fondement scientifique suffisant ont été retenus, c'est-à-dire seuls ceux répondant aux critères suivants ont été considérés:

- les études les considérant sont rigoureuses quant au respect de la méthode scientifique;
- les méthodes de traitement statistiques employées sont valides;
- les résultats doivent être reproductibles;
- les hypothèses avancées ne peuvent être rejetées;
- les conclusions peuvent être généralisées;
- la relation de causalité est plausible physiquement ou biologiquement.

Aux facteurs de risques écartés pour leur manque de fondements scientifiques il faut ajouter tous les facteurs de risques personnels.

Afin de compléter l'identification des facteurs de risques de lésions au dos, nous avons utilisé la méthode de construction de scénarios par arbres de défaillances. Sa rigueur de raisonnement, de vérification et de validation en font un outil tout à fait approprié dans notre contexte. Par contre, cette analyse itérative ne permet pas d'affirmer avec certitude que tous les facteurs de risques ont été identifiés. Dans l'avenir le modèle peut subir des changements.

L'analyse des interrelations entre ces facteurs a ensuite été entreprise par l'utilisation:

- des résultats de la revue de la littérature;
- du processus déductif similaire aux arbres de défaillances. Nous avons aussi tenu compte de connaissances fondamentales reliées à la physiopathologie, à la biomécanique des maux de dos, aux comportements et aux aptitudes et capacités de l'humain au travail;
- d'un modèle exhaustif de causalité développé par Fortin et al. en 1983;
- des modèles du logiciel A. S. M. É. M. A. (Assistance Mécanique à la Manutention), développé pour le compte de l'Institut de Recherche sur la Santé et la Sécurité au Travail (I.R.S.S.T.) du Québec, par Normandin et al. en 1993.

Le produit final, un modèle multifactoriel fondé sur les divers mécanismes lésionnels et privilégiant les facteurs propres à chaque environnement, a été mis sur un support informatique,

la base de données ACCESS. Il s'agit d'un réseau hiérarchisé. Un logiciel a été développé pour permettre la consultation des différents éléments constitutifs du réseau (justification, généalogie, caractéristiques) et le déplacement dans la hiérarchie. Nous avons répertorié environ quatre cents facteurs de risques dont voici les principales classes:

Glissade ou dérapage
Rouler, buter ou trébucher
Interférence avec des personnes, véhicules ou objets
Aménagement du poste de travail
Etat des équipements, des lieux et bâtiments
Facteurs environnementaux
Equipements de protection
Vêtements inappropriés
Evaluation du risque
Anticipation défaillante
Formation, entraînement ou expérience de l'opérateur ou de l'équipe
Caractéristiques des équipements
Contraintes de temps
Manutention
Santé-sécurité au travail
Mouvements involontaires
Catachrèse
Travail d'équipe ou d'atelier
Caractéristiques du travail
Equilibre
Coordination
Vitesse de réaction
Attention
Vigilance
Mémorisation
Charge de travail
Pénibilité de la tâche
Fatigue

Une liste plus exhaustive est disponible à l'annexe 3.

La cause immédiate des lésions au dos est l'effort se situant au-delà de la résistance de la structure. Il existe plusieurs types de lésions au dos, engendrés par différents mécanismes

lésionnels, pour différentes structures et rendus opérationnels dans différentes conditions. Pour qu'un mécanisme lésionnel s'enclenche il faut que:

- le niveau d'adaptation des matériaux biologiques soit insuffisant ou;
- la capacité de réparation des matériaux biologiques soit insuffisante ou;
- la structure soit anormale ou;
- un événement extérieur mène au développement de grands efforts ou à l'atteinte des limites de résistance.

D'une façon générale, la force des muscles n'atteint pas des valeurs susceptibles d'engendrer des bris aux structures commandées. De plus, il existe une répartition des efforts dans le temps et dans l'espace minimisant la concentration de contraintes au niveau des éléments structuraux du dos. Ainsi pour qu'un événement extérieur mène à une lésion il doit y avoir une perte de contrôle de l'activité en cours.

À partir de connaissances fondamentales, des observations factuelles et de la grille d'analyse, il est possible d'obtenir la grille d'identification des facteurs de risques de lésions au dos.

5.0 Comportements stratégiques dans la gestion des risques de maux de dos

Face aux changements rapides de leur environnement externe, les entreprises cherchent une flexibilité, une autonomie et une polyvalence accrue de leurs travailleurs. Parallèlement, on note une augmentation des situations dans lesquelles les asymétries d'information peuvent être déterminantes. Comme tout effort de prévention comporte une désutilité pour celui qui l'entreprend, les risques de santé-sécurité n'échappent pas à ce phénomène.

5.1 Sources de comportements stratégiques

Plusieurs éléments rendent les maux de dos vulnérables aux comportements stratégiques (Dionne et al., 1995) citons:

- les problèmes de diagnostics (Fortin et Lanoie, 1998);
- la difficulté de détermination du risque acceptable;
- la législation: la loi québécoise qui permet à la fois l'indemnisation des maux de dos aggravés ou rendus symptomatiques par le travail et ceux d'origine accidentelle;
- la perception induite par des messages d'autorités: la législation (et tous ceux qui contribuent à construire des courants jurisprudentiels) et les scientifiques tendent à convaincre les travailleurs de la nécessaire association entre mal de dos et lésion (ou pathologie).
- les asymétries d'information sur l'état réel de santé du travailleur;

- l'évaluation erronée, de la part du management et des travailleurs, des risques présents dans leur environnement de travail (erreur de probabilité ou de gravité des conséquences) et de leur influence sur ce niveau de risque (Fortin et Lanoie, 1998);
- les asymétries d'information sur les prises de risques des travailleurs et du management (Fortin et Lanoie, 1998).

5.2 Modélisation du comportement du management en santé-sécurité au travail

Dans cette section nous nous intéressons plus particulièrement à modéliser le comportement du management en santé-sécurité du travail. Ce modèle est schématisé par la figure 4.

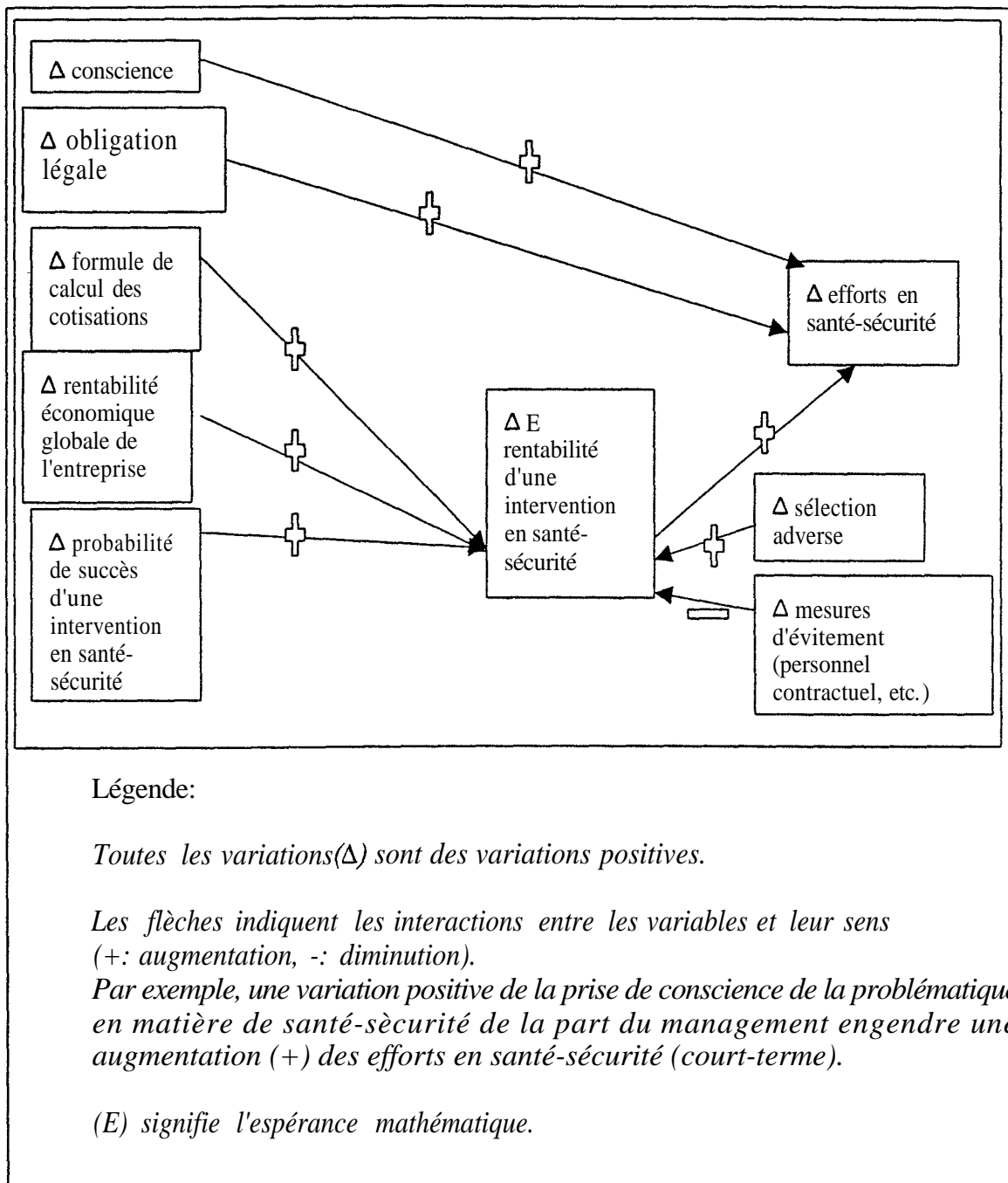


Figure 4: Comportement du management en santé-sécurité au travail.

La liste de variables retenues est:

- Δ Conscience: variation (positive) de la prise de conscience de la problématique en matière de santé-sécurité
- Δ Obligation légale: variation (positive) de l'obligation légale en matière de santé-sécurité
- Δ Formule de calcul des cotisations: variation (positive) des économies provenant de la formule de calcul des cotisations
- Δ Rentabilité économique globale de l'entreprise: variation (positive) de la rentabilité économique globale de l'entreprise
- Δ Probabilité de succès d'une intervention en santé-sécurité: variation (positive) de la probabilité de succès d'une intervention en santé-sécurité
- Δ E rentabilité d'une intervention en santé-sécurité: variation (positive) de l'espérance de rentabilité d'une intervention en santé-sécurité
- Δ Efforts en santé-sécurité: variation (positive) des efforts en santé-sécurité
- Δ Sélection adverse: variation (positive) du phénomène de sélection adverse
- Δ Mesures d'évitement (personnel contractuel, etc.): variation (positive) des mesures d'évitement

L'entreprise fait des efforts en santé-sécurité par conscience de la problématique, par obligation légale ou suite à une décision économique. Au niveau économique, l'entreprise investira en prévention des risques ergonomiques, si les conditions suivantes sont présentes:

- **rentabilité étroite suffisante.** Les coûts d'investissements nécessaires en santé-sécurité sont inférieurs aux gains provenant de ces investissements.
- **rentabilité économique globale de l'entreprise suffisante.** Les revenus provenant de l'activité principale de l'entreprise sont suffisants pour investir.
- **rentabilité étendue de la santé-sécurité suffisante.** Tous les individus contribuent à la productivité de l'activité principale de l'entreprise (phénomène de sélection adverse: Gardner et Butler, 1996; Fortin et Lanoie, 1998).
- **probabilité de résultat suffisante.** L'entreprise perçoit une probabilité suffisante de diminution de ses accidents de travail suite à son investissement.

5.3 Modélisation du comportement des travailleurs en santé-sécurité au travail

Le comportement des travailleurs en santé-sécurité dépend de leurs:

- perception des risques présents dans leur environnement de travail. Cette perception dépend:
 - de l'effet de myopie;
 - du phénomène d'homéostasie du risque (Wilde, 1982 et 1986);

- du "référentiel symbolique établi en commun" dans le milieu de travail (Duclos, 1991);
- de l'histoire des individus;
- des attentes des individus;
- des sentiments des individus;
- des connaissances des individus;
- des priorités des individus;
- du phénomène d'habituation aux accidents fréquents;
- de la culture (Denis, 1998);
- de la probabilité de l'événement (Hollander et Mayo, 1991; Teuber, 1990);
- de l'image statistique des risques;
- de l'avis des individus considérés comme des experts en la matière,
- objectifs personnels (gains économiques, conséquences moins indésirables);
- interactions avec le management.

Selon ce modèle, l'individu, dans sa prise de risques, intègre des stratégies internes modulées par des conditions circonstancielles et "situationnelles".

Ainsi, plusieurs variables influencent le comportement des travailleurs en santé-sécurité comme l'indique la figure 5.

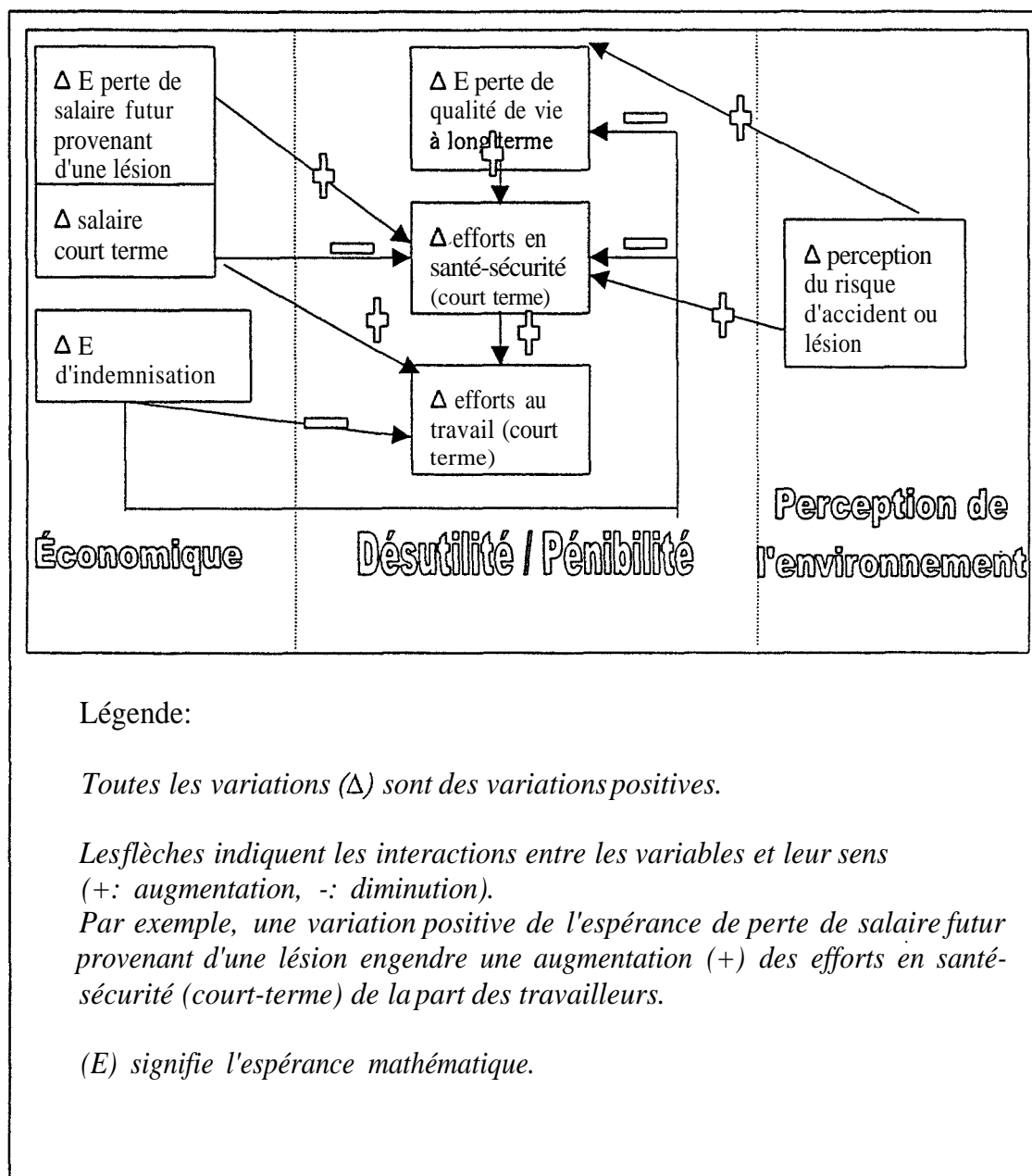


Figure 5: Comportement des travailleurs en santé-sécurité au travail.

La liste de variables retenues est:

- Δ Salaire court terme: variation (positive) du salaire à court terme
- Δ E perte de salaire futur provenant d'une lésion: variation (positive) de l'espérance de perte de salaire futur suite à l'accident ou la lésion
- Δ E indemnisation: variation (positive) de l'espérance d'indemnisation suite à un accident ou une lésion
- Δ E perte de qualité de vie à long terme: variation (positive) de l'espérance de perte de qualité de vie à long terme suite à un accident ou une lésion
- Δ Efforts de santé-sécurité (court terme): variation (positive) des efforts en santé-sécurité à court terme
- Δ Efforts au travail (court terme): variation (positive) des efforts au travail à court terme
- Δ Perception du risque d'accident ou de lésion: variation (positive) de la perception du risque d'accident ou de lésion

Ainsi, à moins que:

- la gravité et la fréquence d'un accident ou d'une lésion soient perçues comme très élevées;
- la procédure de demande d'indemnisation soit coûteuse, fastidieuse, ennuyeuse ou embarrassante (Appel et Borba, 1988);
- l'espérance de perte de salaire futur provenant d'une lésion ou de la perte de qualité de vie à long terme soit élevée;

le travailleur accordera peu d'importance aux risques de santé-sécurité présents dans son travail et fera peu d'efforts en santé-sécurité (court terme). Fortin et Lanoie (1998) l'ont aussi constaté.

Selon ce modèle, les travailleurs, selon leur perception de l'environnement, essaient de minimiser leur désutilité tout en améliorant leur situation économique. Ils n'ont pas comme objectif premier de faire des efforts en santé-sécurité.

5.4 Interactions entre les comportements du management et des travailleurs

Le management et les travailleurs tentent d'atteindre leurs objectifs respectifs et ces derniers ne semblent donc guère compatibles. De plus, dans notre problématique, il y a des asymétries d'information sur l'état réel de santé des travailleurs et la prise de risques de chacune des parties. Il y a aussi des incertitudes de diagnostics et d'évaluation des risques présents dans l'environnement de travail. Ainsi, le management et les travailleurs ne peuvent connaître avec certitude et précision quelle valeur l'autre accorde aux différentes variables modulant le choix de ses actions ni les efforts réels que l'autre fait en matière de santé-sécurité.

Une analyse de la situation en utilisant la théorie des jeux nous permet de conclure:

- que faire unilatéralement des efforts de santé-sécurité augmente les coûts en matière de pénibilité, de désutilité ou d'économie pour celui qui les entreprend;
- qu'il est inacceptable que les deux partenaires ne fassent aucun effort parce que la situation va perdurer;
- que pour améliorer la situation il faut miser sur la coopération induite par les comportements stratégiques plutôt que sur un souhait de participation (Milgrom et Roberts, 1997);
- que les effets de conscientisation à la problématique et la législation ont toujours leur raison d'être soit maintenir un niveau minimum de couverture des dommages pour les travailleurs et les entreprises québécoises.

6.0 Éléments de l'approche partenariale

La présente recherche propose une approche de prévention des lésions au dos reposant sur la conception d'incitations pour orienter les comportements stratégiques des intervenants vers la coopération et sur les mécanismes lésionnels.

6.1 Démarche: partage, appropriation et objectivation de l'information sur les facteurs de risques

Le schéma suivant présente la démarche d'intervention en prévention des lésions au dos selon l'approche partenariale que nous proposons. Ce schéma a été construit et testé lors de la validation en entreprise.

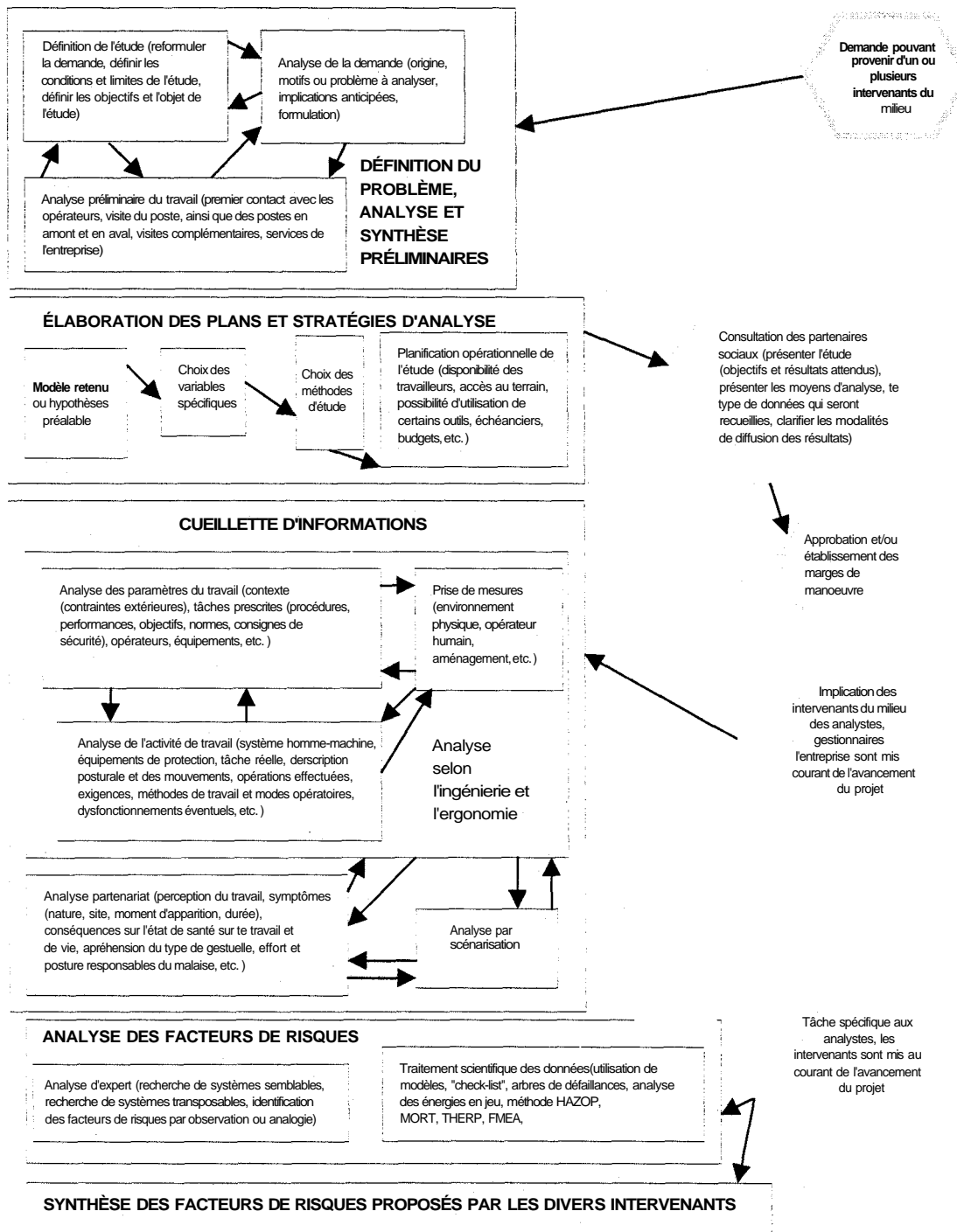


Figure 6: Démarche de prévention des lésions au dos selon l'approche partenariale

Il faut définir le problème soumis par un ou plusieurs intervenants du milieu, analyser et synthétiser les informations préliminaires concernant le travail, élaborer les plans et stratégies d'analyse des facteurs de risques, consulter les partenaires sociaux, présenter l'étude et les modalités d'exécution de cette dernière, obtenir l'approbation du projet et établir les marges de manoeuvre.

On procède ensuite à une cueillette d'information en deux volets:

- une analyse partenariale où des entrevues avec des travailleurs et des représentants du management sont menées. Elles permettent d'attirer l'attention sur la possibilité d'événements plus ou moins aléatoires qui auraient pu autrement échapper à l'analyste et sur des pratiques organisationnelles insoupçonnées. Elles permettent aussi l'appropriation et le partage de l'information concernant les risques présents dans le travail.
- une analyse selon l'ingénierie et l'ergonomie classiques, où l'apport des travailleurs et de l'employeur est sollicité à plusieurs niveaux. Nous avons utilisé une grille développée en 1993, lors du projet ASMÉMA (Assistance Mécanique à la Manutention) (Normandin et al., 1993) et révisée pour atteindre les objectifs du présent projet. Cette grille permet l'objectivation de l'information obtenue lors des entrevues semi-dirigées.

Une synthèse des facteurs de risques proposés par les divers intervenants est obtenue à l'aide de la grille d'identification des facteurs de risques construite lors de présent projet. Ce graphique synthèse

- permet d'établir un ensemble d'informations communes liant entre eux les partenaires;
- limite les possibilités de comportements stratégiques et augmente la probabilité de succès d'une intervention en santé-sécurité;
- permet de mettre en place la base des discussions à venir sur la priorisation des risques.

6.2 Illustration de l'utilisation de la formule d'indemnisation de la C.S.S.T.

Une simulation économique, sur le taux de diminution des accidents du travail, le taux de personnalisation et leur impact sur les cotisations versées à la C.S.S.T. (Gilbert et al., 1998) a permis de montrer:

Avec la tarification de 1997

- que les petites entreprises ont peu d'intérêts financiers à investir en prévention des risques de santé-sécurité. À un taux de personnalisation de 12.3%, une diminution de 20% des accidents, en 1998, offrait une économie annuelle sur les cotisations à la C.S.S.T., en 2002, de 1497\$.
- que les gains espérés pour les moyennes et grandes entreprises augmentent avec le taux de personnalisation et le taux de diminution des accidents.

Avec la tarification de 1999

- que les économies d'une intervention sont minimales pour une petite entreprise. Une baisse des accidents de 20% amène des économies de 173\$ pour une masse salariale de 150000\$.

Pour les petites entreprises la solution la plus efficace est le regroupement, pour partager les frais d'étude, implanter les propositions et mettre à profit chacune des retombées positives sur la diminution des accidents. Depuis 1998, la C.S.S.T. encourage de tels regroupements pour les entreprises cotisées selon le taux de l'unité (mutuelles de prévention).

6.3 Illustration d'une mesure pour assurer la synergie des efforts en prévention

Nous suggérons la création d'un fonds à la prévention pour favoriser les investissements en santé-sécurité et assurer l'implication des travailleurs.

Le fonds est construit à partir de:

- sommes annuelles investies par le management (par exemple 0.5% de la masse salariale);
- gains sur les frais de cotisations obtenus suite au projets de prévention financés par le fonds à la prévention.

D'une année à l'autre, l'entreprise peut subir une diminution ou une augmentation de ses frais de cotisations à la C.S.S.T.:

- la perte est enregistrée et compensée à même le fonds à la prévention;
- les gains sont partagés également entre le management et le fonds:
 - le management récupère et rentabilise ainsi ses investissements;
 - les travailleurs ont un outil pour agir sur les risques présents dans leur environnement de travail.

6.4 Illustration d'une mesure pour tirer profit de la sélection adverse

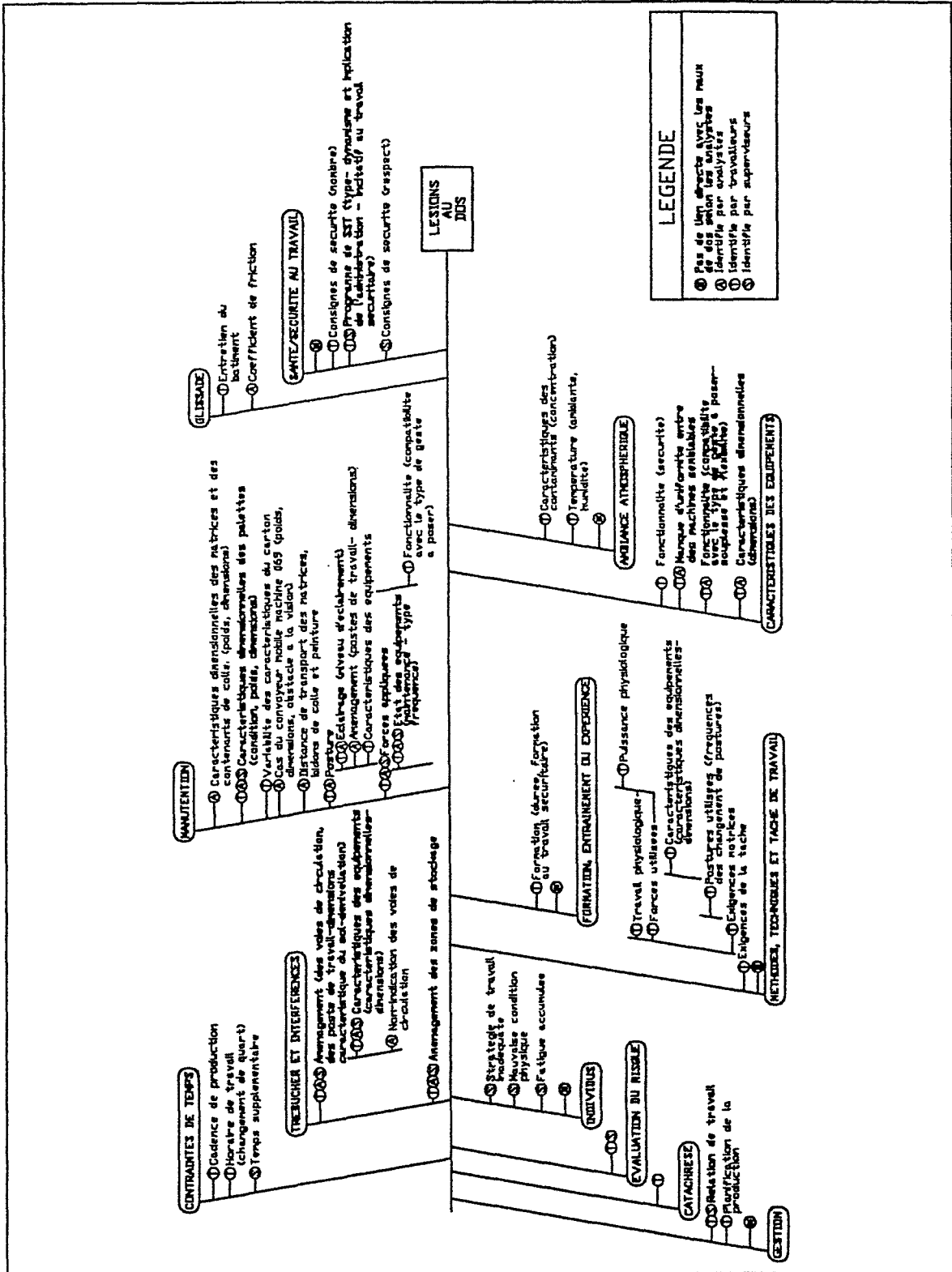
Pour s'assurer d'embaucher les individus les plus aptes à offrir une contribution efficace pour intervenir en prévention des risques de santé-sécurité nous suggérons, d'exiger une certification en santé-sécurité au travail à l'embauche et comme condition favorable d'avancement. Cette mesure peut diminuer les effets des accidents ou des lésions stratégiques. Selon Gardner et al. (1996), un travailleur ayant investi dans son capital-humain est moins susceptible d'utiliser le système d'indemnisation par comportement stratégique. De plus, obtenir une certification en santé-sécurité demande un effort qui ne peut être réellement déployé que si l'individu accorde une importance certaine à la prévention des risques de santé-sécurité. Dans le rapport de Roy et al. (1998) les auteurs rapportent que certaines entreprises rémunèrent leur personnel en fonction des connaissances acquises, notamment en sécurité. Ceci incite les travailleurs à prendre plus de responsabilités dans les champs maîtrisés.

6.5 Validation

Une validation de premier de niveau de la démarche d'intervention a été faite dans trois entreprises de tailles et de secteurs différents (Gilbert et al., 1998).

D'abord la direction d'une grande cartonnerie (fabrication de masse) nous a demandé d'analyser la situation des maux de dos dans son entreprise suite à des accidents et des plaintes des travailleurs. Le travail y est à contenu fixe, répétitif, bien segmenté, contrôlé et documenté. Nous avons donc pu étudier plusieurs postes simultanément, tout en tenant compte des particularités de chacun (modifications non uniformes entre les postes). L'analyse des statistiques d'accidents a permis de constater que les maux de dos ne représentent que 9% du total des accidents dans l'usine. De plus, ces derniers sont principalement dus à des pertes d'équilibre, des mouvements brusques et importants et autres imprévus de même genre. Les entrevues ont permis d'identifier des facteurs de risques reliés à la tâche, à l'équipement, à l'environnement de travail, à la gestion des opérations et de la production et à la gestion de la main-d'oeuvre. De plus, nous avons pu soulever un problème majeur de méfiance entre le management et ses travailleurs. L'analyse selon l'ingénierie et l'ergonomie classiques ont permis de valider les facteurs de risques répertoriés précédemment et d'en identifier d'autres. Le graphique synthèse ci-joint présente les facteurs de risques identifiés dans ce milieu de travail.

Figure 7: Graphique synthèse - fabrication de masse.

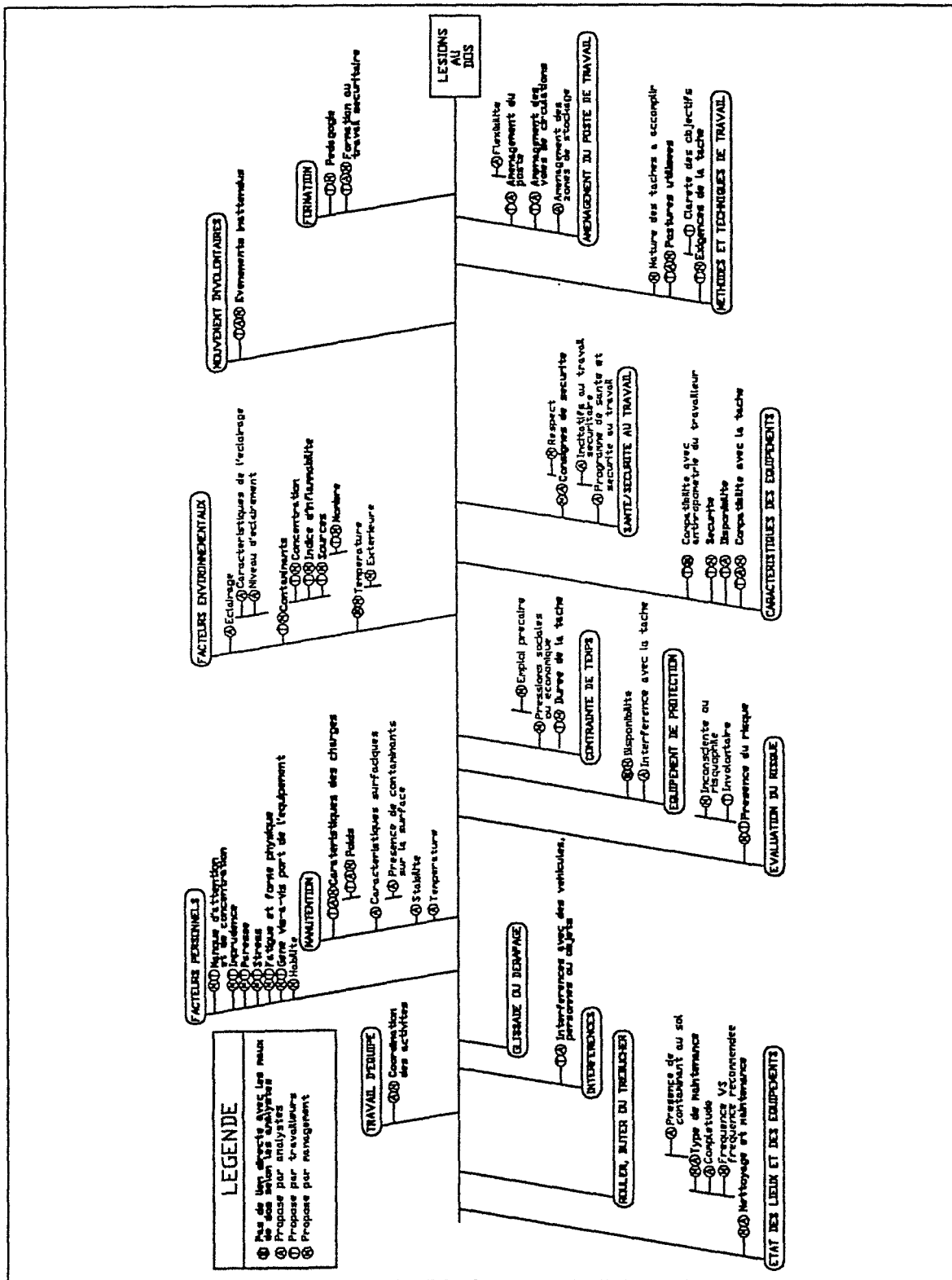


La démarche partenariale a:

- fournit la substance nécessaire à l'élaboration d'un programme de prévention;
- ouvert les discussions sur les risques et dissout la méfiance entre le management et ses travailleurs;
- permis aux intervenants d'identifier certaines priorités, notamment des accidents autres que les maux de dos.

Ensuite, une moyenne entreprise de service de réparation automobile (travail en atelier) nous a demandé l'analyse de la situation des maux de dos aux postes de transmission, suite à des incidents, accidents et inquiétudes de la part du management et des travailleurs. Le travail dans cette entreprise est à contenu fixe, sensible aux imprévus, moins segmenté, documenté, contrôlé temporellement par des normes établies par le fabricant, contrôlé qualitativement par le client. L'environnement de travail est stable. Nous avons analysé deux postes de travail semblables, mais comportant quelques variations au niveau des équipements utilisés. Les statistiques d'accidents et d'incidents ont révélé que de tous les accidents dans l'entreprise, ceux au dos coûtent plus cher, mais ils ne sont pas les plus fréquents. De plus, l'automne est une période propice pour ce genre d'accident ou incident. Les entrevues ont permis d'identifier des facteurs de risques reliés à la tâche, à l'équipement, à l'environnement de travail, aux véhicules, à la gestion de la main-d'oeuvre, à la gestion des opérations et de la production et au comportement des individus. L'analyse selon l'ingénierie et l'ergonomie classiques a permis de valider et compléter la liste établie précédemment. Le graphique synthèse ci-joint présente les principaux résultats.

Figure 8: Graphique synthèse - travail en atelier.



La démarche partenariale a été bien accueillie dans cette entreprise soucieuse d'améliorer continuellement ses opérations et ses processus. Cette entreprise est maintenant impliquée dans la formation d'une mutuelle de prévention.

Enfin, la direction d'une moyenne entreprise de service de déménagement (travailleurs autonomes et polyvalents) a fait appel à nos services suite à des inquiétudes majeures concernant l'impact des maux de dos sur ses opérations. Le travail de déménageur est variable, pas formellement segmenté, non documenté, contrôlé temporellement de façon globale, contrôlé qualitativement par le client. L'environnement de travail est toujours différent. Il s'agit d'un travail physiquement exigeant pour les travailleurs et jonché d'imprévus et d'éléments difficiles à anticiper. L'activité du déménageur est modulée par de nombreuses contraintes:

- le temps alloué par l'estimateur au déménagement vs le temps souhaité par le client;
- les consignes d'emballage de l'entreprise vs les exigences du client en la matière;
- les règles sur l'ordre de manipulation de la marchandise qui sont modulées par l'emplacement, la fragilité, la stabilité et la résistance des charges, l'encombrement des lieux, le remplissage maximal du camion;
- les caractéristiques individuelles de chaque membre de l'équipe.

Le choix du rythme de travail, des dispositifs de transport de charges, d'organisation et d'attribution des tâches entre les équipiers, des méthodes et des stratégies de travail est centré sur la minimisation de l'effort physique et de la fatigue. Les statistiques d'accidents ont révélé que les blessures au dos sont les plus coûteuses et les plus fréquentes. De plus, environ 50% des coûts totaux attribués au dos sont des accidents entraînant un arrêt de travail de plus de 130 jours. Enfin, nous avons noté, au niveau du nombre d'accidents au dos répertoriés, une période de pointe aux mois de juin et juillet. Les entrevues et l'analyse selon l'ingénierie et l'ergonomie classiques ont permis de relever des facteurs de risques liés à la tâche, à l'équipement, à l'environnement de travail, à la formation, à la gestion des opérations et de la production, à l'individu, à la gestion de la formation, à la charge et au travail d'équipe. Le graphique synthèse

La démarche partenariale a été prolongée à son étape de priorisation par l'entreprise elle-même. Elle a mené à la conception d'un nouveau dispositif de transport de charges, particulièrement efficace, simple et apprécié de tous.

Ainsi, la démarche partenariale

- fournit la substance nécessaire à l'élaboration d'un programme de prévention des maux de dos;
- met en lumière plusieurs facteurs de risques de lésions au dos qui n'ont pas tous la même importance (par exemple, certains mènent à des lésions d'autres à de la fatigue musculaire);
- permet de relever des facteurs de risques autres que ceux reliés aux maux de dos;
- permet de préciser l'importance relative des maux de dos par rapport aux autres lésions;
- contribue à la démarche d'amélioration continue dans l'entreprise;
- convient à tous les types de travail quel que soit l'environnement de travail;
- permet une gestion plus flexible des risques;
- favorise la communication management-travailleur.

Par contre, les risques énumérés dans le graphique synthèse ne peuvent pas tous être éliminés. Dans une étape subséquente, il faudra départager ce qui est perçu comme acceptable de ce qui est inadmissible comme risque pour les différents intervenants.

L'approche partenariale tente:

- de traiter les biais de perception des risques en objectivant l'information à l'aide d'une démarche d'intervention tenant compte des dimensions comportementales et stratégiques des relations entre les intervenants, et de critères physiologiques et technologiques;
- d'établir un ensemble d'informations communes, liant entre eux les partenaires;
- de recommander des mesures modifiant l'environnement organisationnel de façon à orienter les comportements vers la prévention et l'amélioration de l'efficacité des interventions de santé-sécurité.

7.0 Conclusion

Les résultats des méthodes classiques de prévention sont décevants. Ces méthodes comportent de nombreuses limitations d'ordre pratique et sont principalement fondées sur une théorie incompatible avec les connaissances actuelles d'anatomie, de physiologie et de biomécanique du dos. De plus, plusieurs de ces méthodes s'appuient sur la recherche de causes immédiates

(opérateur, poste de travail, charge), limitant ainsi les moyens de prévention. Il faut donc considérer d'autres avenues pour comprendre et mieux gérer les risques de maux de dos.

Pour atteindre cet objectif, nous avons présenté une grille d'analyse permettant de comprendre et d'identifier les risques de lésions au dos. Selon cette dernière, la cause immédiate des lésions au dos est l'effort. Cet effort engendre une lésion si certaines conditions permettent l'enclenchement d'un mécanisme lésionnel. Chacune des structures anatomiques du dos possède son propre mécanisme lésionnel, en répertoriant ces derniers, il est possible de constater que les lésions au dos sont engendrées lors d'efforts importants et lors de l'atteinte des limites des plages angulaires. Ces efforts ne peuvent être provoqués lors d'activités habituelles. Ils sont produits suite à une perte de contrôle de l'activité en cours.

Pour éclaircir la problématique des maux de dos la présente recherche propose une approche de prévention multifactorielle, portant sur les mécanismes générateurs d'efforts justifiés par les mécanismes lésionnels et privilégiant les facteurs propres à chaque environnement.

Pour mieux gérer les risques de maux de dos, il faut tenir compte des comportements stratégiques des intervenants. Une revue des principaux comportements de ces derniers permet de conclure que les entreprises interviennent en prévention par obligation légale, par conscience de la problématique ou suite à une décision économique. La perception de l'environnement et les objectifs personnels sont les motivations à l'action en santé-sécurité chez les travailleurs. L'utilisation de la théorie des jeux permet de constater qu'il n'est pas intéressant de faire unilatéralement des efforts de prévention. De plus, pour orienter les volontés et les efforts vers la prévention il faut construire des contrats implicites ou explicites et assurer aux intervenants des gains intéressants.

La présente recherche propose l'approche partenariale pour mieux gérer les risques dans un contexte de travail de plus en plus autonome et polyvalent.

Une validation de premier niveau de la démarche d'intervention a permis de fournir aux entreprises impliquées la substance nécessaire à l'élaboration d'un programme de prévention.

8.0 Retombées éventuelles

La présente recherche vise l'amélioration de l'efficacité des interventions de prévention par les divers intervenants du milieu par:

- une meilleure compréhension de la problématique des maux de dos grâce à une grille d'analyse et un guide d'utilisabilité des méthodes classiques;
- l'identification des facteurs de risques de lésions au dos à l'aide d'une grille pouvant s'accomoder à la diversité des situations de travail;

- une meilleure gestion grâce à la construction de l'approche partenariale.

En somme, le lecteur comprendra ici que dans le présent travail deux volets originaux ont été développés:

- une base de données "intelligente" (grille) sur les risques;
- une approche spécifique (approche partenariale) pour son application.

Pour ceux qui préféreraient une autre approche pour l'application, le volet sur les risques demeure bien sûr très utile.

Les risques répertoriés par l'utilisation de l'approche partenariale ne peuvent pas tous être éliminés. Il faut:

- départager ce qui est perçu comme acceptable de ce qui est inadmissible comme risque pour les intervenants. Selon Beauchamp (1996), "l'acceptabilité du risque est plus le fruit d'une constatation suite à un exercice d'information et de consultation et de négociation qu'un concept à priori que l'on pourrait mesurer scientifiquement". Ceci rejoint aussi une littérature actuelle importante sur la gestion du risque (Mayo et Hollander, 1991; Pollak, 1995).
- privilégier les solutions efficaces, ce qui ne correspond pas nécessairement aux solutions obtenues par une démarche privilégiant l'atteinte d'un consensus. La gestion des risques de santé-sécurité est intégrée à la gestion des autres activités de l'entreprise. Comme les ressources disponibles pour la prévention sont limitées, les besoins des partenaires ne peuvent pas tous être comblés. On peut donc choisir de ne pas accorder une haute priorité à la prévention. Une rentabilité insuffisante d'une intervention en prévention ou un manque de coordination des volontés et des efforts des intervenants peuvent être à l'origine d'une telle décision. La prévention peut donc être complétée par la prise de risques.

Comme une approche n'a d'intérêt que si elle permet des mesures concrètes de prévention, nous suggérons de poursuivre les recherches sur la priorisation des risques. Elle doit tenir compte de la dimension comportementale et stratégique des relations entre les intervenants, tout en assurant que les critères physiologiques et technologiques sont respectés. La CSST a manifesté son intérêt pour cette suite et entamée des démarches pour de la formation de l'inspectorat sur la première portion du projet de recherche. Une des entreprises ayant participé à la validation de premier niveau du présent projet a d'elle-même établie une liste de priorités. Sa démarche a mené à la conception d'un nouveau dispositif de transport de charges.

Nous suggérons aussi de soutenir les efforts pour la construction et le maintien d'un site web pour l'outil d'identification des facteurs de risques. Un tel site facilitera la diffusion et le transfert

des connaissances issues du présent projet de recherche et assurera une cohérence minimale entre les différentes interventions de l'inspection et autres intervenants sur le terrain.

Références

ABENHAIM, L. et SUISSA, S. (1988). L'ampleur économique des maux de dos d'origine professionnelle. Profil de recherche 66, IRSST, Printemps, Canada.

ADAMS, M.A. et HUTTON, W.C. (1982). Prolapsed Intervertebral Disc: A Hyperflexion Injury. Spine. 7. 184-191.

AFNOR(1989). Limites acceptables de port manuel de charges par une personne. NFX 35-109, avril, France.

ALLAIRE, M. (1996). Statistiques sur les affections vertébrales 1992-1995. CSST, Service de la statistique, Canada.

ALLAIRE, M. et VEILLEUX, F. (1994). Statistiques sur les affections vertébrales 1990-1993. CSST, Service de la statistique, Canada.

ANDERSSON, D.M. (1983). From Accident Report to Design Problem - a Study of Accidents on Board of Ships. Ergonomics. 26(1). 43-50.

ANDERSSON, G.B.J. (1981). Epidemiologic Aspects on Low-back Pain in Industry. Spine. 6m. 53-60.

ANDERSSON, G.B.J. et WINTERS, J.M. (1990). Role of Muscle in Postural Tasks: Spinal Loading and Postural Stability . Dans Winters, J.M. Multiple muscle systems: biomechanics and movement organization. Springer-Verlag, États-Unis.

APPEL, D. et BORBA, P.S. (1988). Workers' compensation insurance pricing. Kluwer Academic Publishers, Angleterre.

ASFOUR, S.S. et AL. (1988). Physiological Guidelines for the Design of Manual Lifting and Lowering Tasks: the State of the Art. American Industrial Hygiene Association Journal. 49(4), 150-160.

AYOUB, M.M. (1992). Problems and Solutions in Manual Materials Handling: the State of the Art. Ergonomics. 35(7). 713-728.

AYOUB, M.M. et AL. (1979). Review of the strength and capacity data for manual materials handling activities. Technical Report N63126-77-M-1719 Pacific Missile Test Center, États-Unis.

AYOUB, M.M. et AL. (1980). Review, Evaluation, and Comparison of Models for Predicting Lifting Capacity. Human Factors. 22(3). 257-269.

AYOUB, M.M. et AL. (1980). Development of Strength and Capacity Norms for Manual Materials Handling Activities: the State of the Art. Human Factors. 22(3). 271-283.

AYOUB, M.M. et MITAL, A. (1989). Manual materials handling. Taylor and Francis, Angleterre.

BAKER, L.C. et KRUEGER, A.B. (1997). Medical Costs in Workers' Compensation Insurance: Reply. Journal of Health Economics. 16(5). 625-626.

BEAUCHAMP, A. (1996). Gérer le risque, vaincre la peur. Bellarmin, Canada.

BEAUDET, M. et AL.(1985). Hygiène du travail. Le Griffon d'Argile Inc., Canada.

BELYTSCHKO, T.B. et AL. (1974). Finite Element Stress Analysis of an Intervertebral Disc. J.Biomech. 7. 277-285.

BENSON, J.D. (1987). Control of Low Back Pain: Using Ergonomie Task Redesign Techniques. Professional Safety. 32. 21-25.

BERMARK, A. (1989). Stability of the Lumbar Spine. A Study in Mechanical Engineering. Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum 230(6). 1-230.

BERNHARDT, M. et AL. (1992). Lumbar Spine Instability. Dans Jayson, M.I.V. The lumbar spine and back pain. Churchill Livingstone, États-Unis.

BINK, B. (1962). The Physical Working Capacity in Relation to Working Time and Age. Ergonomics.5. 25-28.

BISHU, R.R. (1989). Risks of Back Pain. Can a Survey Help? A Discrimant Analytic Approach. Journal of Occupational Accidents, 11(1). 51-68.

BISHU, R.R. (1990). A Fatigue Mechanics Approach to Cumulative Trauma Disorders. Advances in Industrial Ergonomics and Safety II. 215-222.

- BOGDUK, N. (1992). The Sources of Low Back Pain. Dans Jayson, M.I.V. The lumbar spine and back pain. Churchill Livingstone, États-Unis, 78.
- BOGDUG, N. et TWOMEY, L.T. (1991). Clinical anatomy of the lumbar spine. Chuchill Livingstone, Angleterre.
- BOLDUC, D. et AL. (1997). Incentive Effects of Public Insurance Programs on the Occurrence and the Composition of Workplace Injuries. [http://ww\v.cirano.umontreal.ca](http://ww.v.cirano.umontreal.ca). Canada.
- BOUYER, J. et AL. (1993). Épidémiologie. Principes et méthodes quantitatives. Éditions Inserm, France.
- BOYD, W.J. et CARTIER, L. (1990). Utilizing the NIOSH Lifting Limits. Professional Safety, février, 29-32.
- BRTNCKMANN, P. et AL. (1988). Fatigue Fractures of Human Lumbar Vertebrae. Clinical Biomechanics. 2S. S1-S23.
- BRTNCKMANN, P. et AL. (1989). Prediction of the Compressive Strength of Human Lumbar Vertebrae. Clinical Biomechanics, 4(suppl 2).
- BROWN, J.R. (1972). Manual lifting and related fields: an annotated bibliography. Labour Safety Council of Ontario, Ontario Ministry of Labour, Canada.
- BUCK, C. (1975). Popper's Philosophy for Epidemiologists. International Journal of Epidemiology. 4. 159-168.
- BUIS, N. (1990). Ergonomics, Legislation and Productivity in Manual Materials Handling. Ergonomics. 33(3). 353-359.
- BUTLER, R.J. (1996). Lost Injury Days: Moral Hazard Differences Between Tort and Workers' Compensation. The Journal of Risk and Insurance. 63(3X) 405-433.
- BUTLER, R.J. et AL. (1996). Increasing Claims for Soft Tissue Injuries in Workers' Compensation: Cost Shifting and Moral Hazard. Journal of Risk and Uncertainty. 13. 73-87.
- BUTLER, R. J. et AL. (1997). Claimant Learning in Workers' Compensation: Do Past Claims Cause Future Claims? Non publié, États-Unis.

BUTLER, R.J. et GARDNER (1998). Workers' Compensation Costs When Maximum Benefits Change, <http://www.oci.com>. États-Unis.

CARON, M. (1985). Anatomie et biomécanique du dos chez l'humain. M.Sc.A, Département de Génie Industriel, Ecole Polytechnique de Montréal, Canada.

CARON, M. et al. (1983). Anatomie macroscopique du dos chez l'humain: Première étape pour une meilleure compréhension des lombalgies. Congrès de la Fédération Canadienne des Sociétés de Biologie (section Anatomie), Ottawa, Canada, 14 juin.

CEDERCREUTZ, G. et AL. (1987). Individual Risk Factors of the Back Among Applicants to a Nursing School. Ergonomics. 30(2). 269-272.

CENTRE CANADIEN D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ AU TRAVAIL (1991). Back injuries at work: statistics. CCOHS: Document 91/00301, Canada.

CHAFFIN, D.B. et AL. (1978). Pre-employment Strength Testing: an Updated Position. Journal of Occupational Medicine. 20(6). 403-408.

CHAFFIN, D.B. et ANDERSSON, G. (1984). Occupational biomechanics. Wiley Interscience, États-Unis.

CHAFFIN, D.B. et PAGE, G.B. (1994). Postural Effects on Biomechanical and Psychophysical Weight-lifting Limits. Ergonomics, 37(4). 663-676.

CHAFFIN, D.B. et PARK, K.S. (1973). A Longitudinal Study of Low-back Pain as Associated with Occupational Weight Lifting Factors. American Industrial Hygiene Association Journal. 34, 513-525.

CHAZAL, J. et AL. (1985). Biomechanical Properties of Spinal Ligaments and a Histological Study of the Supraspinal Ligament in Traction. J.Biomechanics. 18(3), 167-176.

CHELIUS, J.R. (1982). The Influence of Workers' Compensation on Safety Incentives. Industrial and Labor Relations Review. 35(2). 235-243.

CHELIUS, J.R. et BURTON, J.F. (1994). Who Actually Pays for Workers' Compensation?: The Empirical Evidence. Workers' Compensation Yearbook, nov/dec.. 20-27.

CHOLEWICKI, J. et MC GILL, S.M. (1992). Lumbar Posterior Ligament Involvement During Extremely Heavy Lifts Estimated From Fluoroscopic Measurements. J.Biomechanics, 25(1), 17-28.

CHOLEWICKI, J. et MC GILL, S.M. (1996). Mechanical Stability of the In Vivo Lumbar Spine: Implications for Injury and Chronic Low Back Pain. Clin. Biomech, 11(1). 1-15.

CIRIELLO, V.M. et AL. (1993). Further Studies of Psychophysically Determined Maximum Acceptable Weights and Forces. Human Factors. 35(1), 175-186.

CONTANDRIOPOULOS, A.P. et AL. (1990). Savoir préparer une recherche. La définir, la structurer, la financer. Les Presses de l'Université de Montréal, Canada.

CRISCO III, J.J. et PANJABI, M.M. (1990). Postural Biomechanical Stability and Gross Muscular Architecture in the Spine. Journal of Spinal Disorders, 5(4), 438-450.

DAVIS, P.R. et STUBBS, D.A. (1977). Safe Levels of Manual Forces for Young Males (1). Applied Ergonomics, 8(3). 141-150.

DAVIS, P.R. et STUBBS, D.A. (1977). Safe Levels of Manual Forces for Young Males (2). Applied Ergonomics. 8(4). 219-228.

DAVIS, P.R. et STUBBS, D.A. (1977). Safe Levels of Manual Forces for Young Males (3). Applied Ergonomics, 9(1). 33-37.

DE KEYSER, V. (1980). La démarche participative en sécurité. Bulletin de psychologie, 33, 479-491.

DE LOOZE, M.P. et AL. (1994). The Evaluation of a Practical Biomechanical Model Estimating Lumbar Moments in Occupational Activities. Ergonomics, 37(9), 1495-1502.

DE LOOZE, M.P. et AL. (1994). The Validity of Visual Observation to Assess Posture in a Laboratory-simulated, Manual Material Handling Task. Ergonomics. 37(8). 1335-1343.

DELLEMAN, N.J. et AL. (1992). Value of Biomechanical Macromodels as Suitable Tools for the Prevention of Work-related Low Back Problem. Clinical Biomechanics, 7(3). 138-148.

DEMPSEY, P.G. (1998). A Critical Review of Biomechanical, Epidemiological, Physiological and Psychophysical Criteria for Designing Manual Materials Handling Tasks. Ergonomics. 41(1), 73-88.

- DENIS, H. (1990). Stratégies d'entreprise et incertitude environnementale. Agence d'Arc, Canada.
- DENIS, H. (1998). Comprendre et gérer les risques sociotechnologiques majeurs. École Polytechnique de Montréal, Canada.
- DIONNE, G. et AL. (1995). Moral Hazard, Optimal Auditing and Workers' Compensation. Dans Thomason, T. et Chaykowski, R.P. Research in Canadian workers' compensation. Industrial Relations Center Queen's University at Kingston, Canada.
- DIXIT, A.K. et NALEBUFF, B.J. (1991). Thinking strategically. The competitive edge in business, politics, and everyday life. WW Norton & Company, États-Unis.
- DONAJKOWSKI, K.L. (1993). Back Injury: Causes, Prevention, Treatment. Professional Safety. Septembre. 21-26.
- DUCLOS, D. (1991). L'homme face au risque technique. L'Harmattan, France.
- DUCLOS, D. (1991). La peur et le savoir. La société face à la science, la technique et leurs dangers. Éditions la Découverte, France.
- DURAFFOURG, J. et AL. (1977). Analyse des activités de l'homme en situation de travail. Principes de méthodologie ergonomique. CNAM, France.
- EVANS, F.G. (1970). Strength of biological materials. Williams and Wilkins, États-Unis.
- FARFAN, H.F. (1973). Mechanical disorders of the low back. Lea & Febiger, États-Unis.
- FORTIN, B. et AL. (1995). Is Workers' Compensation Disguised Unemployment Insurance? <http://www.cirano.umontreal.ca>. Canada.
- FORTIN, B. et LANOIE, P. (1998). Effects of Workers' Compensation: a Survey. <http://www.cirano.umontreal.ca>. Canada.
- FOSTER, W. (1989). How to draw and paint anatomy. Walter Foster Publishing Inc., États-Unis.

- FRIEVALDS, A. (1987). Comparison of United States NIOSH Lifting Guidelines and European ECSC Force Limits Recommendations for Manual Work Limits. American Industrial Hygiene Association Journal. 48. 698-702.
- FRIEVALDS, A. et AL. (1984). A Dynamic Biomechanical Evaluation of Lifting Maximum Acceptable Loads. Journal of Biomechanics, 17(4). 251-262.
- FROMENT, D. (1999). La réforme de la tarification: l'équité au service de la prévention. Prévention au travail. 12(2). 7-14.
- FROST, H. M. (1973). Orthopaedic biomechanics. Charles C Thomas Publishers, États-Unis.
- FROST, H.M. (1986). Intermediary organization of the skeleton. VOL. 11. CRC Press, États-Unis.
- FRYMOYER, J.W. et AL. (1980). Epidemiologic Studies of Low-back Pain. Spine. 5(5). 419-423.
- FRYMOYER, J.W. et AL. (1983). Risk Factors in Low Back Pain. An Epidemiologic Survey. Journal of Bone and Joint Surgery. 65A, 213-218.
- FUDENBERG, D. et TIROLE, J. (1989). Noncooperative game theory for industrial organization: an introduction and overview handbook of industrial organization, vol 1. Hollande.
- FUNG, Y.C. (1981). Biomechanics. Springer Verlag, États-Unis.
- GARDNER, H.H, et AL. (1996). Disability Benefits When Workers Matter. Mind/Body Medicine. 2(3). 138-149.
- GARDNER, H.H. et BUTLER, R.J. (1996). A Human Capital Perspective for Cumulative Trauma Disorders: Moral Hazard Effects in Disability Compensation Programs. Dans Moon, S.D. et Sauter, S.L. Beyond biomechanics. Psychosocial aspects of musculoskeletal disorders in office work. Taylor & Francis, États-Unis.
- GARG, A. (1989). An Evaluation of the NIOSH Guidelines for Manual Lifting, With Special Reference to Horizontal Distance. American Industrial Hygiene Association Journal, 50. 157-164.

GARG, A. et AL. (1978). Predictions of Metabolic Rates for Manual Materials Handling Jobs. American Industrial Hygiene Association Journal, 39, 661-674.

GARG, A. et AL. (1983). Biomechanical Stresses as Related to Motion Trajectory of Lifting. Human Factors. 25(5). 527-539.

GARG, A. et AYOUB, M.M. (1980). What Criteria Exist for Determining How Much Load Can Be Lifted Safely? Human Factors. 22(4), 475-486.

GAYNOR, M. et KLEINDORFER, P.R. (1987). Misperceptions, Equilibrium and Incentives in Groups and Organizations. Dans Bamberg, G. et Spreman. Agency theory, information and incentives. Springer Verlag, États-Unis.

GENAIDY, A.M. et AL. (1988). Psychophysical Capacity Modeling in Frequent Manual Materials Handling Activities. Human Factors, 30(3). 319-337.

GENAIDY, A.M. et AL. (1990). Psychophysical Models for Manual Lifting Tasks. Applied Ergonomics. 21. 295-303.

GENAIDY, A. M. et AL. (1995). Can Back Supports Relieve the Load on the Lumbar Spine for Employees Engaged in Industrial Operations? Ergonomics. 38(5). 996-1010.

GENAIDY, A.M. et ASFOUR, S.S. (1987). Review and Evaluation of Physiological Cost Prediction Models for Manual Materials Handling. Human Factors, 29(4). 465-476.

GILBERT, R. (1994). Mouvements répétitifs. A quelles conditions représentent-ils un risque de lésions professionnelles? Colloque sur les mouvements répétitifs, Montréal, Canada.

GILBERT, R. (1995). Notes miméographes. École Polytechnique de Montréal, Canada.

GILBERT, R. (1998). Causalité du syndrome du canal carpien et étude d'un cas allégué de relation avec le travail dans le dossier de madame Isabelle Cyr chez les aliments Flamingo. Notes miméographes, Canada.

GILBERT, R. et LEVASSEUR, M. (1995). Projet d'études sur les ceintures abdominales de la compagnie Ceintex. École Polytechnique de Montréal, Département de Mathématiques et Génie Industriel, Canada.

GILBERT, R. et AL. (1998). Analyse comparative des principales méthodes d'évaluation des risques le lésions au dos et préparation d'une grille d'identification des facteurs de risques.

Rapport soumis à l'I. R. S. S. T., École Polytechnique de Montréal, Département de Mathématiques et de Génie Industriel, Canada.

GILBERTSON, L.G. et AL. (1995). Finite Element Methods in Spine. Biomechanics Research. Critical Reviews in Biomedical Engineering, 23(5 et 6), 411-473.

GOLDSTEIN, S.A. (1981). Biomechanical aspects of cumulative trauma to tendons and tendon sheaths. Ph.D. Thesis, University of Michigan, États-Unis.

GRACOVETSKY, S. (1987). The spinal engine. Springer Verlag, États-Unis.

GRANDJEAN, E. (1969). Précis d'ergonomie. Organisation physiologique du travail. Presses Académiques Européennes, France.

GRANHED, H. et AL. (1989). Mineral Content and Strength of Lumbar Vertebrae. A Cadaver Study. Acta Orthop Scand, 60(1). 105-109.

GUO, X.D.E. et AL. (1994). Finite Element Modeling of Damage Accumulation in Trabecular Bone Under Cyclic Loading. J.Biomechanics, 27, 145-155.

GUZIK, D.C. et AL. (1996). A Biomechanical Model of the Lumbar Spine During Upright Isometric Flexion, Extension, and Lateral Bending. Spine, 21(4). 427-433.

HADLER, N.M. (1987). Clinical concepts in regional musculoskeletal illness. Grune & Stratton, États-Unis.

HANSSON, T. et AL. (1980). The Bone Mineral Content and Ultimate Compressive Strength in Lumbar Vertebrae. Spine, 5, 46-55.

HANSSON, T.H. et AL. (1987). Mechanical Behavior of the Human Lumbar Spine. II. Fatigue Strength During Dynamic Compressive Loading. Journal of Orthopaedic Research, 5, 479-487.

HATCHUEL, A. et PONSSARD, J.P. (1996). Taylor et la théorie des incitations: quelques réflexions tirées de l'histoire économique. Miméo Laboratoire d'économétrie, École Polytechnique, France.

HENDERSSON, R.D. et DUTTA, S.P. (1992). Use of the Analytic Hierarchy Process in Ergonomie Analysis. International Journal of Industrial Ergonomics, 9(4). 275-282.

HILDEBRANDT, V.H. (1987). A Review of Epidemiological Research on Risk Factors of Low Back Pain. Dans Buckle, P. Musculoskeletal disorders at work. Proceedings of a Conference held at the University of Surrey, Guildford, Angleterre.

HOLLANDER, R.D. et MAYO, D.G. (1991). Acceptable evidence science and values in risk management. Oxford University Press, Angleterre.

HUNTER, G.R. et AL. (1989). The Effect of a Weight Training Belt on Blood Pressure During Exercise. Journal of Applied Sport Sciences Research. 3(1), 13-18.

ILO (1970). Statistics of industrial injuries. D17, First International Conference of Labor Statisticians, Suisse.

JAYSON, M.I.V. (1992). The lumbar spine and back pain. Churchill Livingstone, Angleterre.

JUNG, E.S. et FRIEVALDS, A. (1991). Multiple Criteria Decision-making for the Resolution of Conflicting Ergonomie Knowledge in Manual Materials Handling. Ergonomics. 34(11). 1351-1356.

KARWOWSKI, W. (1983). A Pilot Study of the Interaction Between Physiological, Biomechanical and Psychophysical Stresses Involved in Manual Lifting Activities. Dans Contemporary ergonomics 1983. Proceedings of the Ergonomics Society's Conference, Taylor and Francis, Angleterre.

KARWOWSKI, W. et AL. (1992). Discriminability of Load Heaviness: Implications for the Psychophysical Approach to Manual Lifting. Ergonomics, 35(7), 729-744.

KEYSERLING, W.M. (1989). Analysis of Manual Lifting Tasks: a Qualitative Alternative to the NIOSH Work Practices Guide. American Industrial Hygiene Association Journal, 50(3), 165-173.

KLEINDORFER, P.R. et AL. (1993). Decision sciences. An integrative perspective. Cambridge University Press, Angleterre.

KONZ, S. (1982). NIOSH Lifting Guidelines. American Industrial Hygiene Association Journal 43(12). 931-933.

KREPS, D. (1990). Game theory and economic modelling. Clarendon Press, Angleterre.

KROMODIHARDJO, S. et MITAL, A. (1987). Biomechanical Analysis of Manual Lifting Tasks. Journal of Biomechanical Engineering, 109, 132-138.

KRUEGER, A.B. (1990). Incentive Effects of Workers' Compensation Insurance. Journal of Public Economics, 41, 73-99.

KULAK, R.F. et AL. (1976). Non-linear Behavior of the Human Intervertebral Disc Under Axial Load. J. Biomech. 9. 377-386.

KUNREUTHER, H. (1992). A Conceptual Framework for Managing Low-probability Events. Dans Krinsky, S. et Golding, D. Social theories of risk. Praeger, États-Unis.

KUORINKA, I. et AL. (1994). Manual Handling in Warehouses: the Illusion of Correct Working Postures. Ergonomics. 37(4), 655-661.

KUORINKA, I. et AL. (1994). Participation in Workplace Design With Reference to Low Back Pain: a Case for the Improvement of the Police Patrol Car. Ergonomics, 37(7), 1131-1136.

KUORINKA, I. et FORCIER, L. (1995). Les lésions attribuables au travail répétitif. Ed. Multimondes, Canada.

LANOIE, P. et FORTIN, B. (1998). Effects of Workers' Compensation: a Survey. <http://www.cirano.umontreal.ca>, Canada.

LAVENDER, S.A. et KENYERI, R. (1995). Lifting Belts: a Psychophysical Analysis. Ergonomics, 38(9), 1723-1727.

LEADBETTER, W.B. et AL. (1990). Sports induced inflammation. American Academy of Orthopaedic Surgeons, États-Unis.

LEBLANC, D. (1995). Notes miméographes. École Polytechnique de Montréal, Canada.

LEBLANC, D. et AL. (1993). Construction d'un préordre complet sur les projets avec la méthode AHP modifiée. École Polytechnique de Montréal, Canada.

LEHMANN, G. (1955). Physiologie pratique du travail. Éditions d'organisation, France.

LEIGH, J.P. et WARD, M.M. (1997). Medical Costs in Workers' Compensation Insurance: Comment. Journal of Health Economics, 16(5), 619-623.

LIGERON, J.C. (1979). La fiabilité en mécanique. Un outil d'aide à la conception. Desforges, France.

LILES, D.H. et AL. (1984). A Job Severity Index for the Evaluation and Control of Lifting Injury. Human Factors. 26(6). 683-693.

LINDBECK, L. et ARBORELIUS, U.P. (1991). Inertial Effects From a Single Body Segments in Dynamic Analysis of Lifting. Ergonomics, 34(4), 421-433.

LOISEL,, P. et AL. (1996). La clinique des maux de dos. Un modèle de prise en charge, en prévention de la chronicité. IRSST, rapport R-140, Canada.

LORTIE, M. et AL. (1996). Analyse des accidents associés au travail de manutentionnaires sur les quais dans le secteur transport. Le travail humain, 59(2). 187-203.

MAGORA, A. (1970). Investigation of the Relation Between Low Back Pain and Occupation: Age, Sexe, Community, Education and Other Factors. Industrial Medicine. 39(11), 31-37.

MAGORA, A. (1970). Investigation of the Relation Between Low Back Pain and Occupation. II. Work History. Industrial Medicine. 39(12), 504-510.

MAHONE, D.B. (1994). Manual Materials Handling: Stop Guessing and Design. Industrial Engineering, mars, 29-31.

MAIRIAUX, P. et AL. (1984). Relation Between Intra-abdominal Pressure and Lumbar Moments When Lifting Weights in the Erect Posture. Ergonomics. 27(8). 883-894.

MANDELL, P. et AL. (1989). Low back pain. Slack Inc., États-Unis.

MANNING, D.P. (1983). Death and Injuries Caused by Slipping, Tripping and Falling. Ergonomics. 26(1). 3-9.

MANNING, D.P. et SHANNON, H.S. (1981). Slipping Accidents Causing Low-back Pain in a Gearbox Factory. Spine, 6(1), 70-72.

MANSAT, CH. et AL. (1985). L'appareil extenseur du genou-anatomie, biomécanique, clinique, techniques chirurgicales, principes de rééducation. Masson, France.

MARKOLF, K.L. et MORRIS (1974). The Structural Components of the Intervertebral Disc. J. Bone and Joint Sure. 56-A. 675-687.

MARTIN, J.B. et CHAFFIN, D.B. (1972). Biomechanical Computerized Simulation of Human Strength in Sagittal Plane Activities. Transactions of the American Institute of Industrial Engineers. 4(1), 19-28.

MCGILL, M. et AL. (1990). The Effect of an Abdominal Belt on Trunk Muscle Activity and Intra-abdominal Pressure During Squat Lifts. Ergonomics, 33, 147-160.

MCGILL, S.M. (1994). A Review of the Assets and Liabilities of Abdominal Belts in Industry. Santé et Sécurité au Travail 2. 69-71.

MCGILL, S.M. et NORMAN, R. W. (1985). Dynamically and Statically Determined Low Back Moments During Lifting. Journal of Biomechanics, 18(7), 877-885.

MILGROM, P. et ROBERTS, J. (1997). Economics, organization and management. Prentice Hall, États-Unis.

MITAL, A. (1983). Prediction of Maximum Weights of Lift Acceptable to Male and Female Industrial Workers. Journal of Occupational Accidents, 5, 223-231.

MITAL, A. (1983). The Psychophysical Approach in Manual Lifting: A Verification Study. Human Factors. 25(5). 485-491.

MITAL, A. (1985). Models for Predicting Maximum Acceptable Weight of Lift and Heart Rate and Oxygen Uptake of That Weight. Journal of Occupational Accidents. 7. 75-82.

MITAL, A. (1985). A Comparison Between Psychophysical and Physiological Approaches Across Low and High Frequency Ranges. Journal of Human Ergology, 14, 59-64.

MITAL, A. (1985). Lifting capacities of student and industrial populations. NIOSH Report No. 1-R01-OH-01956-02.

MITAL, A. (1985). Modeling Lifting Capabilities of Industrial Workers for Regular and Extended Workshifts. Dans Brown, I.D. Ergonomics international 85. Taylor and Francis, Angleterre.

MITAL, A. et AL. (1984). Acceptable weight of lift for extended workshifts. NIOSH, Grant no. 1-R01-OH-01429-02, États-Unis.

- MITAL, A. et AL. (1994). Physical Fatigue in High and Very High Frequency Manual Materials Handling Perceived Exertion and Physiological Indicators. Human Factors, 36(2). 219-231.
- MOORE, M.J. et VISCUSI, W.K. (1990). Compensation mechanisms for job risks. Wages, workers' compensation, and product liability. Princeton University Press, États-Unis.
- NACHEMSON, A. (1975). Towards a Better Understanding of Back Pain: A Review of the Mechanics of the Lumbar Disc. Rheumatol Rehabil. 14. 129.
- NACHEMSON, A. (1992). Lumbar Mechanics as Revealed by Lumbar Intradiscal Pressure Measurements. Dans Jayson, M.I.V.. The lumbar spine and back pain. Churchill Livingstone, États-Unis.
- NACHEMSON, A.L. et AL. (1979). Mechanical Properties of Human Lumbar Spine Motion Segments: Influence of Age, Sex, Disc Level and Degeneration. Spine, 4. 1-8.
- NACHEMSON, A.L. et EVANS, J.H. (1968). Some Mechanical Properties of the Third Human Lumbar Interlaminar Ligament (Ligamentum Flavum). J.Biomechanics. 1. 211 -220.
- NATIONAL OCCUPATIONAL HEALTH & SAFETY COMMISSION (1990). Manual handling. NOHSC: 1001(1990) et NOHSC:2005(1990), Australie.
- NICHOLAS, J.A. et HERSHMAN, E.B. (1986). The lower extremity and spine in sports medicine. The CV Mosby Company, Etats-Unis.
- NICHOLSON, A.S. (1989). A Comparative Study of Methods for Establishing Load Handling Capabilities. Ergonomics. 32(9). 1125-1144.
- NIOSH (1981). Work practices guide for manual lifting. DHHS publication no. NIOSH-81-122 , États-Unis.
- NIOSH (1994). Workplace use of back belts. US Department of Health and Human Services, États-Unis.
- NORMANDIN, M. et AL. (1993). Assistance mécanique à la manutention manuelle (Logiciel ASMEMA). Rapport technique CDDDB1433, École Polytechnique de Montréal, Canada.
- ODDSSON, L.I.E. (1990). Control of Voluntary Trunk Movements in Man-mechanisms for Postural Equilibrium During Standing. Acta Physiologica Scandinavica. 140. suppl.595, 1-60.

- OSHA (1995). OSHA draft proposed ergonomie protection standard: summaries, explanations, regulatory text. OSHA, Appendices A et B, États-Unis.
- OXENBURGH, M. S. et GULDBERG, H. H. (1993). Economic and Health Effects on Introducing a Safe Manual Handling Code of Practice. International Journal of Industrial Ergonomics. 12(4). 241-253.
- PANET-RAYMOND, N. (1997). Analyse de la stabilité posturale dans des conditions de perturbations et d'incertitudes. M.Sc.A. en ergonomie. École Polytechnique de Montréal, Canada.
- PANET-RAYMOND, N. et AL. (1999). Analyse de la stabilité posturale dans des conditions de perturbations ou d'incertitudes. 3ième Congrès International de Génie Industriel, 25 au 28 mai 1999, Montréal, Canada.
- PANJABI, M.M. (1992). The Stabilizing System of the Spine Part I. Function, Dysfunction, Adaptation, and Enhancement. Journal of Spinal Disorders, 5(4). 383-389.
- PARKER, K.G. (1995). Why Ergonomics is Good Economics. Industrial Engineering, fev., 41-46.
- PATRY, L. et AL. (1993). Participatory Ergonomics and Prevention of Low Back Pain. Dans Marras et al.. The ergonomics of manual work. 523-526.
- PERRY, O. (1957). Fracture of the Vertebral Endplate in the Lumbar Spine: an Experimental Biomechanical Investigation. Acta Orthopædica Scandinavica. suppl.25.
- POLLAK, R. A. (1995). Regulating Risks. Journal of Economics Literature. 33, 179-191.
- REISBORD, L. et GREENLAND, S. (1985). Factors Associated With Self-reported Back Pain Prevalence: a Population Based Study. Journal of Chronical Disease. 38(8). 691-702.
- RIGGS, J.L. et AL. (1986). Engineering economics. McGrawHill, Canada.
- RIIHIMAKI, H. (1991). Low Back Pain, its Origin and Risk Indicators. Scandinavian Journal of Work. Environment & Health. 17(2). 81-90.
- ROBERT, J.M. (1989). Notes de cours. Cours: Ergonomie du travail mental et Analyse et conception de postes de travail. École Polytechnique de Montréal, Canada.

- ROY, M. et AL. (1998). Équipes semi-autonomes de travail. Recension d'écrits et inventaire d'expériences québécoises. I.R.S.S.T., Rapport B-052, Canada.
- SAATY, T.L. (1994). Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, 74. 426-447.
- SCHAFFNER, K.F. (1991). Causing Harm: Epidemiological and Physiological Concepts of Causation. Dans Mayo, D.G. et Hollander, R.D.. Acceptable evidence science and values in risk management. Oxford University Press, Angleterre.
- SCHERRER, J. (1963). Physiologie de la musculature striée squelettique chez l'homme. Dans Kayser, C.. Physiologie Tome II Ed. Médicales Flammarion, France.
- SCHERRER, J. (1967). Physiologie du travail. Masson, France.
- SEGUIN, P. (1994). L'utilisation des Ceintures lombaires pour la prévention des blessures au dos. Équipe Régionale de Santé au Travail Montréal-Centre, Canada.
- SHIRAZI-ADL, A. et AL. (1986). Mechanical Response of a Lumbar Motion Segment in Axial Torque Alone and Combined With Compression. Spine. 11(9). 914-927.
- SIMARD, T. et al. (1984). Bases anatomo-dynamiques des lombalgies. 67ième Congrès de l'Association des Anatomistes de langue française, Rennes, France, 20-24 mai.
- SILVERSTEIN, B.A. (1985). The prevalence of upper extremity cumulative trauma disorders in industry. Ph.D.thesis, University of Michigan, États-Unis.
- SIMARD, M. et MARCHAND, G. (1997). Workgroup's Propensity to Comply With Safety Rules: the Influence of Micro-macro Organisational Factors. Ergonomics. 40(2). 172-188.
- SMITH, R.S. (1990). Mostly on Monday: Is Workers' Compensation Covering Off-the-job Injuries? Dans Borba, P.S. et Appel, D.. Benefits, costs, and cycles in workers' compensation. Kluwer Academic Publishers, États-Unis.
- SNOOK, S.H. (1978). The Design of Manual Handling Tasks. Ergonomics. 21(12). 963-985.
- SNOOK, S.H. et AL. (1970). Maximum Weights and Workloads Acceptable to Male Industrial Workers. American Industrial Hygiene Association Journal. 31(5). 579-586.
- SNOOK, S.H. et AL. (1978). The Design of Manual Handling Tasks. Ergonomics. 21. 963-985.

SNOOK, S.H. et CIRIELLO, V.M. (1974). Maximum Weights and Work Loads Acceptable to Female Workers. Journal of Occupational Medicine, 16(8), 527-534.

SNOOK, S.H. et CIRIELLO, V.M. (1974). The Effects of Heat Stress on Manual Handling Tasks. American Industrial Hygiene Association Journal. 35. 681-685.

SPÉRANDIO, J.C. (1995). L'ergonomie face aux changements technologiques et organisationnels du travail humain. Éditions Octares, France.

SPILKER, R.L. et AL. (1984). Mechanical Response of a Simple Finite Element Model of the Intervertebral Disc Under Complex Loading. J.Biomech, 17, 103-112.

STARR, C. (1969). Social Benefit Versus Technological Risk. Science, 165, 1232-1238.

STRANBERG, L. (1983). On Accident and Slip-resistance Measurement. Ergonomics, 26(1). 11-32.

TEUBER, A. (1990). Justifying Risk. Dans E.J. Burger. Risk. University of Michigan Press, États-Unis.

TIPTON, C.M. et VAILAS, A.C. (1988). Bone and Connective Tissue Adaptations to Physical Activity. Dans Bouchard, C. et al.. Exercise, fitness and health. Human Kinetics Books, États-Unis.

TIROLE, J. (1988). The theory of industrial organization. MIT Press, États-Unis.

TKAZUK, H. (1968). Tensile Properties of Human Lumbar Longitudinal Ligaments. Acta Orthop. Scandinav, supp. 115, 5-67.

TROUP, J.D.G. (1981). Straight-leg-raising and the Qualifying Tests for Increased Root Tension: their Predictive Value after Back and Sciatic Pain. Spine., 6. 526.

TROUP, J.D.G. et AL. (1981). Back Pain in Industry A Prospective Study. Spine. 6(1). 61-69.

VAN DIEËN, J.H. et TOUSSAINT, H.M. (1995). Application of the Maximum Energy Criterion to Describe the Strength of the Motion Segment Under Axial Compression. Spine, 20(5), 518-525.

VAN DIEEN, J.H. et TOUSSAINT, H.M. (1997). Evaluation of the Probability of Spinal Damage Caused by Sustained Cyclic Compression Loading. Human Factors. 39(3). 469-480.

VERNON-ROBERTS, B. (1992). Age-related and Degenerative Pathology of the Intervertebral Discs and Apophyseal Joints. Dans Jayson, M.I.V.. The lumbar spine and back pain. Churchill Livingstone, États-Unis.

VILLEMEUR, A. (1988). Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Eyrolles, France.

WAIKAR, A. et AL. (1991). Evaluating Lifting Tasks Using Subjective and Biomechanical Estimates of Stress at the Lower Back. Ergonomics. 34(1). 33-47.

WALSH, N.B. et SCHWARTZ, R.K. (1990). The influence of prophylactic orthoses on abdominal strength and low back injury in the workplace. Department of Physical Medicine and Rehabilitation and Occupational Therapy, University of Texas Health Science Center, États-Unis.

WASH-1400-D (1974). Reactor safety study - An assessment of accident risk in U.S. commercial nuclear power plants. Atomic Energy Commission, États-Unis.

WATERS, T. et AL. (1993). A method for assessing multi-task manual lifting jobs using the revised NIOSH lifting equation. National Institute for Occupational Safety and Health, États-Unis.

WATSON, H.A. (1962). Bell Telephone Laboratories. États-Unis.

WHITING, H.T.A. (1984). Human Motor Actions. Advances in Psychology.

WILDE, G.J.S. (1982). The Theory of Risk Homeostasis: Implications for Safety and Health. Risk Analysis. 2(4). 209-225.

WILDE, G.J.S. (1986). Beyond the Concept of Risk Homeostasis: Suggestions for Research and Application Towards the Prevention of Accidents and Lifestyle-Related Disease. Accident Analysis and Prevention. 18(5). 377-401.

WORRALL, J.D. et APPEL, D. (1987). The Impact of Workers' Compensation Benefits on Low-back Claims. Dans Hadler, N.M.. Clinical concepts in regional musculoskeletal illness. États-Unis.

Annexe 1
Résumé

Problématique de santé et sécurité du travail et objectifs spécifiques du projet:

Les maux de dos qui représentent des coûts directs de l'ordre de 130 millions de dollars en indemnités par année au Québec demeurent un problème majeur. Ils sont de nature variée et les facteurs de risques sont nombreux. Les méthodes classiques d'identification des risques ne donnent pas les résultats attendus. Il importe donc de tenter de clarifier et corriger cette inefficacité des outils d'analyse utilisés; d'une part en précisant les conditions d'applicabilité des méthodes classiques, d'autre part en déterminant les sous-ensembles de causes auxquelles elles s'adressent et enfin il importe aussi de situer ces méthodes dans l'ensemble de la causalité plus large connue scientifiquement. Il est également primordial de distinguer entre causes immédiates et causes antérieures dont celles à la source si on désire mettre en place une prévention efficace. Il serait donc utile de disposer d'une grille d'analyse situant ces méthodes dans un ensemble de causes à la source plus complet pour mieux apprécier la portée et les limitations lors d'interventions, et pour compléter et suppléer à ces méthodes selon les conditions rencontrées.

Méthodologie:

- revue de la littérature sur les prémisses scientifiques des méthodes classiques et sur les résultats de leurs applications;
- identification des facteurs de risques de maux de dos professionnels selon les études épidémiologiques, celles en laboratoire, celles en milieu de travail, les modèles et "théories" des maux de dos qui seront étudiés en fonction des connaissances anatomiques, biomécaniques et physiologiques relatives aux méthodes d'analyse de risques;
- recherche et distinction des causes antérieures jusqu'à la source des causes immédiates des maux de dos afin de pouvoir privilégier l'action sur les sources;
- intégration des méthodes classiques et des causalités dégagées par la présente étude dans une grille large plus complète d'identification des facteurs de risques.

Résultats attendus:

Un guide d'utilisabilité des résultats des méthodes classiques et une grille d'identification des facteurs de risques seront disponibles avec une analyse et une synthèse de la littérature sur les méthodes d'identification des risques pour la prévention des maux de dos.

Retombées prévisibles:

Amélioration de l'efficacité des interventions de prévention par les divers intervenants du milieu et par là diminuer les coûts humains et économiques dus aux maux de dos d'origine professionnelle.

Annexe 2
Articles scientifiques issus du projet de recherche

NADEAU, S., GILBERT, R. et LEBLANC, D. (1996). Toward a Multicriterion Analysis for the Prevention of Low Back Pain. 5th Industrial Engineering Research Conference. 18-20 mai, Minneapolis, Minnesota, 723-728.

NADEAU, S., LEBLANC, D. et GILBERT, R. (1997). Gestions scientifique et organisationnelle des risques de maux de dos dans la nouvelle réalité des entreprises. 2^e Congrès International Franco-québécois de Génie Industriel, 3 au 5 sept., Albi, France.

NADEAU, S., LEBLANC, D. et GILBERT, R. (1999). Les comportements stratégiques dans la gestion des risques de S.S.T. pour le travail autonome et polyvalent. 3^{ème} Congrès International de Génie Industriel, 25 au 28 mai 1999, Montréal, Canada.

NADEAU, S., GILBERT, R. et LEBLANC, D. (1999). Prévention des maux de dos selon une approche reposant sur les mécanismes lésionnels et les mécanismes générateurs d'efforts. 3^{ème} Congrès International de Génie Industriel. 25 au 28 mai 1999, Montréal, Canada.

PANET-RAYMOND, N. (1997). Analyse de la stabilité posturale dans des conditions de perturbations et d'incertitudes. M.Sc.A. en ergonomie. École Polytechnique de Montréal, Canada.

PANET-RAYMOND, N., GILBERT, R., LEBLANC, D. et NADEAU, S. (1999). Analyse de la stabilité posturale dans des conditions de perturbations ou d'incertitudes. 3^{ème} Congrès International de Génie Industriel, 25 au 28 mai 1999, Montréal, Canada.

Annexe 3
Facteurs de risques de lésions de dos

Glissade ou dérapage	Déclivité du sol
Coefficient de friction sol/chaussure	Changements des
Nature des semelles	caractéristiques
Nature du recouvrement de sol	État des équipements, des lieux et bâtiments
Rouler, buter ou trébucher	Fiabilité de fonctionnement
Interférence avec des personnes, véhicules ou	Usure prématurée
objets	Remplacement
Fréquence de circulation des	Rapidité
travailleurs	Importance
Fréquence de circulation des	Nettoyage et maintenance
véhicules	Type de maintenance
Aménagement du poste de travail	Fréquence vs fréquence
Aménagement des zones de stockage	recommandée
(temporaires, permanentes)	Complétude
Aménagement des voies de	Présence de
circulation	contaminants au sol
Aménagement des postes de travail	Présence d'objets au
et des liaisons entre postes	sol
Géométrie et dimensions de	Facteurs environnementaux
l'espace de travail	Éclairage
Flexibilité du plan de	Caractéristiques de
travail	l'éclairage
Caractéristiques	Niveau
physiques du plan de	d'éblouissement
travail	Niveau de contrastes
Compatibilité de	Niveau d'éclairement
l'espace de travail, du	Genèse (général,
travailleur et de la	particulier, d'appoint)
tâche	et nature (artificielle,
à accomplir	naturelle)
Possibilité de prise d'appuis	Niveau de réflexion
sur des parois	de la lumière et des
Type de parois	matériaux
Stabilité des parois	Distance éclairage-
Modalité de partage des aires	poste de travail
de travail	Nombre de sources
Caractéristiques du sol	Contrôle de l'éclairage
Stabilité du sol	Direction de
Dénivellation du sol	l'éclairage

	Niveau d'éclairage	Température
Bruit	Niveau d'intensité sonore (moyen, maximal)	Température ambiante, radiante, sèche, humide
	Fréquence	Humidité
	Genèse (son, infrason, ultrason)	Sources
	Type (chocs, martèlement, frottements, friction, écoulements, vibrations)	Nombre
	Exposition	Variabilité
	Durée	Distance source-poste de travail
	Fréquence	Exposition
	Sources de bruit	Durée
	Nombre	Fréquence
	Variabilité	Altitude
	Distance bruit-poste de travail	Caractéristiques des contaminants en présence
	Origine du bruit (outils, machines, véhicules)	Concentration (moyenne, maximale)
Vibrations		Indice de toxicité
	Amplitude	Indice d'inflammabilité
	Fréquence (moyenne, maximale)	Indice de combustion
	Type (libres, forcées, résonnantes)	Indice de corrosion
	Genèse (impacts, chocs, etc. et nature (continu, discontinu))	Indice d'oxydation
	Exposition	Type
	Durée	Sources
	Fréquence	Nombre
	Sources	Variabilité
	Nombre	Distance source-poste de travail
	Variabilité	Exposition
	Distance vibrations-poste de travail	Durée
	Origine (outils, machines, véhicules)	Fréquence
		Ventilation
		Vitesse de l'air
		Nombre de changements d'air/heure
		Type de ventilation (locale, générale, mécanique, naturelle)
		Sources
		Nombre

	Variabilité	Vêtements inappropriés
	Distance source-poste de travail	Type de soulier
Équipements de protection		Type de semelle
Caractéristiques dimensionnelles		Type de talons (hauteur, largeur)
Poids		Type de protection du pied
Distribution du poids		Vêtements contraignants le mouvement
Dimensions		Vêtements accrochants
Forme		Évaluation du risque
Position du centre de gravité		Critères de l'individu
Caractéristiques surfaciques		Production vs sécurité
Nature ou état de la surface		Efforts vs sécurité
Présence de contaminants		Perception du risque
Aspérités, arêtes, protubérances, cavités		Situation
Informations ou instructions concernant les équipements sont connues, présentes et lisibles		Niveau de risque
Mode de commande		Utilité de la prise de risques
Fonctionnalité		Efforts vs fatigue
Interfère avec la tâche		Coûts vs gains
Espace de dégagement		Coût social
Compatibilité avec la répétition et la fréquence des gestes à poser		Éléments impliqués dans la prise de risques
Comptabilité avec le type de geste à poser		Nature du risque
Compatibilité avec le type de contenu à transporter		Gravité des conséquences
Souplesse et flexibilité		Probabilité du risque
Disponibilité		Inconsciente ou risquophile
Modalités d'utilisation		Involontaire
Durée		Sans vigilance spéciale
Fréquence		Avec vigilance
Confort		Prise de risques calculée
Façon dont la partie du corps est protégée		Vigilance dépendant des risques calculés
		Anticipation défailante
		Formation, entraînement ou expérience de l'opérateur ou de l'équipe
		Formation de base et programme de formation et d'entraînement
		Durée
		Pertinence
		Réalisme

Général ou spécifique	Informations et instructions
Pédagogie utilisée	concernant les équipements sont
Formation au travail	connues ou présentes et lisibles
sécuritaire incluse	Mode de commande
À l'embauche ou rappel	Qualité des surfaces de roulement ou
Expérience	des articulations
Durée d'apprentissage	Type de matériau
Ancienneté	Diamètre des roues
Connaissances	Qualité de la lubrification
Connaissance de la charge	Fonctionnalité
Connaissance du milieu	Espace de dégagement
Connaissance de	Compatibilité avec la
l'équipement	répétition et la fréquence des
Connaissance de la tâche	gestes à poser
Connaissance de soi et de ses	Temps d'utilisation
capacités	Compatibilité avec le type de
Méthode de travail	gestes à poser
Stratégies et tactiques	Compatibilité avec le type de
Information de l'individu sur	contenu à transporter
le risque	Souplesse et flexibilité
Caractéristiques de équipements	Disponibilité
Caractéristiques dimensionnelles	Sûreté
Poids	Contraintes de temps
Dimensions	Cadence de travail
Forme	Type (induite, imposée, libre)
Position du centre de gravité	Variations de cadence
Caractéristiques surfaciques	Taille du lot
Nature et état de la surface	Durée de la tâche
Présence de contaminants sur	Fréquence de la tâche
la surface	Cycle repos/travail
Aspérités, arêtes,	Vacances et congés
protubérances ou cavités de	Durée
la surface	Fréquence
Stabilité et rigidité	Horaire de travail
Qualité du couplage	Quart
Type de prise	Nombre d'heures
Localisation de la prise	travaillées par jour
Dimensions de la prise	Longueur moyenne de
Nature de la surface de la	la semaine de travail
prise	Heures

	supplémentaires	gravité
	Durée	Caractéristiques surfaciques
	Fréquence	Nature et état de la surface
	Temps de préparation ou autre	Présence de contaminants sur la surface
	Pauses, repas, remplacement	Aspérités, arêtes, protubérances, cavités, etc.
	Durée	
	Fréquence	Stabilité
	Position dans le quart	Variabilité (articulée, déformable)
Pressions sociales et économiques		Qualité du couplage
Normes du travail et conventions collectives, modalités de contrats ou autres		Type de prises
Modalités de rémunération		Localisation de la prise
Incitatifs au rendement (paie au rendement, quotas, etc.)		Dimensions de la prise
Paie à l'heure, insistance sur la qualité, etc.		Nature de la surface de la prise
Emploi précaire		Informations ou instructions concernant les charges sont connues ou présentes et lisibles
Climat de travail		Rigidité
Compétition vs coopération		Durée avant péremption
Manque de personnel		Contraintes mécaniques ou chimiques
Taux d'incidents		Température
Variabilité de la performance		Fragilité
Manutention		Odeur et saleté
Caractéristiques de charges		Toxicité
Caractéristiques dimensionnelles		Vibrations
Poids		Rapport masse manipulée/masse individuelle
Distribution du poids (homogénéité massique)		Mouvements de la charge
Dimensions		Animation (mécanisme)
Forme		Arrivée (lieu, variabilité, mécanisme)
Position du centre de		

Transports	perdes de temps, etc.)
Distance	Primes d'assurances
Avec charge	Incitatifs au travail sécuritaire
Sans charge	Régime d'assurance travail
Méthodes	Efficacité du système de compensation
Transports	Failles du système
Lever	Montant des compensations
Appuis et autres	Maladie vs accidents de travail
Forces appliquées	Consignes de sécurité
Postures	Générales ou détaillées
À l'agrégation	Nombre
À la ségrégation	Complexité
Cadence	Valeur et pertinence
Période normale	Contrôle de l'application
Période de pointe	Mise à jour
Santé/sécurité au travail	Respect
Qualité du système médical	Compréhension
Rapidité d'intervention	Mouvements involontaires
Entraînement des intervenants	Événements inattendus
Équipement des intervenants	Coordination
Équipements sur les lieux de travail	Facteurs personnels
Équipements des intervenants	Catachrèse
Clarté et adéquation des instructions de premiers soins	Travail d'équipe ou d'atelier
Clarté et rapidité du système de communication	Répartition, affectation et découpage des responsabilités et tâches
Programme de santé et sécurité au travail	Coordination des activités
Type (après-coup, à la source, etc.)	Caractéristiques sociales et culturelles des individus
Dynamisme et implication de l'administration	Caractéristiques sociales et culturelles de l'équipe
Historique des taux d'accidents de l'entreprise par rapport à ceux de l'industrie (fréquence, gravité,	Respect des normes du groupe
	Statut (tâche, méthode, travailleur)
	Cohésion du groupe
	Relations sociales insatisfaisantes

Taille, devoirs et exigences	Caractéristiques du travail
Communications	Coordination inter-tâches
Nombre de canaux	Règles d'affectation
Nature des canaux (visuels, auditifs, direct, équipement)	Découpage
Arrangement des canaux (centralisé, décentralisé, tournant, série, etc.)	Attribution des tâches secondaires
Structure des communications	Répartition des tâches
Volume par type de communication	Nombre de sous-tâches à accomplir
Type de communications	Type et nature des tâches à accomplir
Flot des communications entre membres	Organisation et structure des tâches
Complexité des communications	Stratégies de travail
Nombre de liens	Exigences de la tâche
Fréquence entre membres	Densité des opérations mentales (distribution temporelle)
Codage	Nécessité de réponse-action rapide
Caractéristiques structurelles	Complexité des opérations mentales
Organisation	Variété des opérations mentales
Nombre d'activités concurrentes	Clarté des objectifs et des priorités
Type de supervision requise	Normes exigées
Differentiation des activités entre membres	Niveau de mémorisation
Coopération à l'intérieur de l'équipe	Niveau d'attention et de vigilance
Composition et attributs des membres	Niveau de responsabilité et d'autonomie
Distribution	Niveau de monotonie, répétition ou synchronisation
Homogénéité	Difficulté de maintien des automatismes
Stabilité	Activités rares
Circulation de l'information	Diversité des activités
	Exigences perceptives et sensori-motrices
	Type de rétroaction
	Exigences motrices et

physiologiques	Choix du membre utilisé
Vitesse	Choix du point d'application de la force vs zones de confort et limites
Précision	Angles et zones d'atteinte vs angles de confort et angles limites
Travail physiologique (instantané, moyen, habituel, occasionnel)	Distance de déplacement du point d'application
Puissance physiologique (instantané, moyenne, habituelle, occasionnelle)	Distance de déplacement sans et avec charge du membre utilisé
Forces utilisées (statiques, dynamiques)	Exigences visuelles
Postures utilisées	Équilibre
Fixicité	Coordination
fonctionnelle	Vitesse de réaction
Durée	Attention
Fréquence	Vigilance
Changements de posture	Mémorisation
Facilité	Charge de travail
Fréquence	Pénibilité de la tâche
Posture principale	Fatigue
Posture la plus défavorable	