



Troubles musculo-squelettiques

Études et recherches



RAPPORT R-780



Interventions pour la prévention des TMS

Mesure de l'exposition aux facteurs de risque
et aspects économiques

*Daniel Imbeau
Marie-Ève Chiasson
Romain Jallon
Bruno Farbos
Karine Aubry
Nathalie de Marcellis-Warin
Marie St-Vincent*





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

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

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

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

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

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

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : www.csst.qc.ca/AbonnementPAT

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2013
ISBN : 978-2-89631-673-1 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
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,
mai 2013



Troubles musculo-squelettiques

Études et recherches

RAPPORT R-780

Interventions pour la prévention des TMS Mesure de l'exposition aux facteurs de risque et aspects économiques

Avis de non-responsabilité

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

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

*Daniel Imbeau, Marie-Ève Chiasson, Romain Jallon,
Bruno Farbos, Karine Aubry, Nathalie de Marcellis-Warin
École Polytechnique de Montréal*

*Marie St-Vincent
Direction scientifique, IRSST*



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

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

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

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier toutes les personnes qui ont participé ou ont été impliquées dans la collecte de données nécessaire à la réalisation de cette étude:

- Les responsables de Pratt & Whitney Canada (PWC) pour nous avoir mis en contact avec l'entreprise participante.
- Le premier directeur ACE (Amélioration continue pour l'excellence), responsable de l'implantation et du déploiement du programme dans l'entreprise manufacturière, pour nous avoir donné l'opportunité d'y réaliser une partie de cette étude et aussi pour avoir généreusement partagé sa grande expérience en amélioration continue.
- Les directions générales des différentes entreprises manufacturières et des pépinières pour nous avoir ouvert leurs portes et nous avoir consacré du temps afin de nous permettre de réaliser la collecte des données nécessaires au projet.
- Les responsables du Ministère des Ressources naturelles (MRN) et de la Direction de la production des semences et des plants (DPSP) pour avoir partagé leurs réflexions quant aux développements futurs dans les pépinières.
- Le personnel des entreprises manufacturières qui a participé aux collectes de données et qui a partagé avec nous ses perceptions et ses représentations de l'ergonomie, de la SST, du programme ACE et de l'intégration des aspects de SST à l'amélioration continue.
- Les étudiants, stagiaires et associés de recherche de la Chaire de recherche du Canada en ergonomie de l'École Polytechnique qui ont collaboré aux analyses de données: Arnaud Bouguennec, Daniel Boulanger, Carlos Alberto Campos Infante, Myriam Casavant, Amir Chadeganipour, Philippe-Antoine Dubé, Khalid ElAhrache, Christian Fradet, Geneviève Girard, Marie-Andrée Lorange, Judy Major, Catherine Maranda-Simms, Diane Mercier, Alexandre Morel, Catherine Piette, Karine Proulx, Sandra Rouphael et Geneviève Taillefer.
- Les auteurs remercient Daniel Legros, conseiller en relation avec les employeurs à la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), qui a mis à notre disposition le projecteur d'impact financier de la CSST.
- Les auteurs remercient l'équipe de Tactika Management, notamment Alpha Diallo, pour nous avoir permis d'utiliser son outil de cartographie des processus Qualigram.

Ce projet a été rendu possible grâce à des fonds du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

SOMMAIRE

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) au dos et aux membres supérieurs constituent un problème majeur ayant des retombées au point de vue humain, social et économique. Ainsi, au cours des dernières années, plusieurs méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque (MÉEFR) de TMS ont été proposées par la communauté scientifique afin de soutenir les efforts de prévention. Toutefois, relativement peu d'information existe sur l'utilisation pratique de ces différentes méthodes en milieu de travail. Celles-ci sont nombreuses, ce qui complique pour le praticien le choix d'une méthode appropriée au contexte de l'intervention. Aussi, l'évaluation économique d'une intervention en SST est un aspect jugé stratégique par les intervenants pour encourager les entreprises à prévenir des problèmes de SST, dont les TMS. Pourtant, les méthodes existantes ne sont pas ou peu utilisées dans les entreprises pour procéder à une telle évaluation.

Cette étude s'est déroulée sur une période de plus de six ans dans le secteur manufacturier et dans celui des pépinières forestières publiques. Elle visait trois objectifs principaux: 1) effectuer le suivi des interventions menées en milieux de travail; 2) utiliser et comparer différentes méthodes d'évaluation des facteurs de risque de TMS; 3) évaluer différents aspects économiques associés aux TMS et aux interventions. Les travaux sur le premier objectif font ressortir deux résultats intéressants, notamment le fait qu'une cartographie des processus de production combinée à une évaluation des facteurs de risque (ex., TMS) apparaît comme une approche prometteuse pour intégrer la SST et la productivité lors de projets visant des transformations. De plus, tout au long de l'étude, nos observations ont permis de documenter la contribution de notre équipe de recherche comme facteur d'évolution de la réflexion chez les acteurs clés du secteur des pépinières forestières.

Les travaux portant sur le deuxième objectif, comparant 21 indices de 11 MÉEFR, montrent que les différentes MÉEFR de TMS publiées dans la littérature récente produisent des résultats conflictuels. L'identification des situations prioritaires en termes d'intervention dépend du choix de la méthode que l'on prévoit utiliser. Ces travaux permettent de dégager plusieurs constats à portée pratique quant à l'utilisation des différentes MÉEFR en milieu de travail.

Les travaux concernant le troisième objectif ont permis le développement d'un modèle novateur de calcul des coûts indirects, puis sa mise à l'essai dans différentes entreprises. Ils apportent un éclairage nouveau sur le calcul de ces coûts et leur lien avec les coûts directs. Toutefois, ces travaux n'ont pas réussi à montrer une relation entre les coûts et le niveau de risque d'une situation de travail, tel qu'évalué par deux MÉEFR de TMS. Cette étude ne permet donc pas, au moment de l'analyse de la situation de travail, d'utiliser le résultat d'une MÉEFR comme un indicateur économique motivant un investissement en prévention.

Cette étude est la première à comparer autant de MÉEFR de TMS à partir d'un échantillon aussi large de situations de travail, provenant d'entreprises de différentes tailles, de secteurs manufacturiers aussi variés et impliquant un aussi grand nombre de travailleurs. La taille de cet échantillon et la diversité des secteurs d'activité donnent à l'étude un caractère général puisqu'elle couvre un large éventail de situations de travail et de contextes industriels. Cette étude est aussi la première, à notre connaissance, à aller aussi loin dans l'analyse des coûts en relation avec l'évaluation des facteurs de risque de TMS en milieu de travail.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
1.1 TMS – un problème important dans un contexte changeant	1
1.1.1 Intervenir, mais comment et à quel coût?	2
1.1.2 Le choix d'une méthode d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque	3
1.1.3 Les aspects économiques	4
1.2 Contexte de recherche	5
1.2.1 Premier terrain: une entreprise manufacturière	5
1.2.2 Second terrain: des pépinières forestières	6
1.3 Objectifs de l'étude	7
1.3.1 Premier objectif (suivi des interventions)	8
1.3.2 Deuxième objectif (évaluation des facteurs de risque de TMS)	8
1.3.3 Troisième objectif (aspects économiques)	9
2. MÉTHODOLOGIE	9
2.1 Suivi des interventions	9
2.2 Exposition aux facteurs de risque de TMS	11
2.3 Aspects économiques	15
3. RÉSULTATS ET CONSTATS	16
3.1 Suivi des interventions dans les pépinières forestières	16
3.2 Facteurs de risque de TMS	20
3.2.1 Des terrains de collecte de données changeants	20
3.2.2 Comparaison des MÉEFR de TMS	22
3.2.3 Déclaration de douleur musculo-squelettique et évaluation du poste de travail	26
3.2.4 Suivi d'interventions: comparaison avant vs après transformations.....	27
3.3 Aspects économiques	28
3.3.1 Développement d'un outil de calcul des coûts indirects	28
3.3.2 Mise en relation de l'évaluation des facteurs de risque à un poste de travail et le coût des accidents.....	29
3.3.3 Transformations des postes de travail, recommandations et analyses complémentaires	31
4. DISCUSSION GÉNÉRALE	34
5. CONCLUSION	37
BIBLIOGRAPHIE	39
ANNEXE A: DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DE L'ÉTUDE	44
ANNEXE B: VARIABLES RELIÉES À L'OBJECTIF 1	46
ANNEXE C: SYNTHÈSE DU JOURNAL DE BORD: PÉPINIÈRES PUBLIQUES	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Critères de comparaison des MÉEFR.....	13
Tableau B1	Variables reliées à la description des établissements.....	46
Tableau B2	Variables reliées à la description des interventions (principalement en lien avec les TMS).....	47
Tableau B3	Suivi général auprès de chaque établissement, des cellules choisies/postes de travail et des interventions	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Modèle conceptuel d'intervention (St-Vincent et al., 2005).....	10
Figure 2	Distribution du niveau de risque pour tous les postes de travail analysés selon les résultats des différentes MÉEFR de TMS; a) pour la région du dos (11 indices tirés de six méthodes), b) pour les membres supérieurs (11 indices tirés de 8 huit méthodes).....	23

1. INTRODUCTION

1.1 TMS – un problème important dans un contexte changeant

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) au dos et aux membres supérieurs constituent un problème majeur ayant des retombées au point de vue humain, social et économique: ils touchent la majorité des pays industrialisés, dégradent la qualité de vie de ceux qui sont affectés et diminuent la productivité des milieux de travail (NRC/IM, 2001). Si d'autres problèmes de santé peuvent aussi mener à une incapacité au travail, selon l'Organisation mondiale de la santé, les lésions liées aux TMS sont la première cause d'incapacité au travail dans les pays développés (OMS, 2003). En plus des coûts humains, les TMS infligent un fardeau économique considérable aux systèmes de santé de nos sociétés industrielles (Phillips, 2006; Yelin, 2003) et génèrent des coûts importants pour les employeurs. Une part importante (42 %) de l'ensemble des lésions ayant causé une durée d'absence de six jours ou plus en 2010 est associée aux TMS (Liberty Mutual, 2012). À la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST), les TMS représentent en moyenne 35 % de l'ensemble des lésions professionnelles déclarées et acceptées (Institut national de santé publique du Québec, 2010). Selon l'Enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi et de santé et de sécurité du travail, 63 % des travailleurs ont ressenti des douleurs musculo-squelettiques qui ont nui à leurs activités au cours des 12 mois précédant l'enquête (Stock et al., 2011). Parmi ceux-ci, 72 % estiment que ces douleurs étaient liées à leur emploi actuel et 17 % se sont absents du travail à cause de ces douleurs. Environ les trois quarts des travailleurs qui se sont absents du travail l'ont fait pour une période de moins de 10 jours ouvrables. Par contre, 7 % d'entre eux se sont absents pour une période de 60 jours ouvrables ou plus (Stock et al., 2011).

Nos échanges avec les ergonomes de la CSST ont fait ressortir, qu'en 2004, environ 25 % des TMS étaient associés à un événement unique provenant d'une source extérieure (ex., réagir soudainement à une surprise, glisser, trébucher, perdre l'équilibre sans tomber, rentrer en contact avec un objet ou un équipement, chuter) sur laquelle il est à priori difficile d'agir dans le cadre d'une intervention préventive. Ainsi, selon la CSST, il apparaissait possible d'intervenir dans une très forte proportion (75 %) des lésions professionnelles associées aux TMS, ce qui représentait une réduction potentielle des coûts assumés par les employeurs par le biais de la CSST dépassant largement les 500 millions de dollars annuellement. Sur un horizon de 10 ans, le coût de ne pas intervenir apparaissait énorme.

Les coûts associés aux TMS concernent différents acteurs: la CSST, le travailleur et l'entreprise. Ils se définissent habituellement selon deux catégories: les coûts directs et indirects. Dans le premier cas, les coûts directs représentent les frais engagés par la CSST, tels que l'indemnisation du salaire du travailleur blessé (90 % du salaire net), ainsi que la prise en charge de ses frais médicaux ou d'hospitalisation. Associés à ces frais, s'ajoutent des coûts indirects financés par l'employeur: baisse de production, pertes matérielles, coûts de remplacement du travailleur blessé, etc. La baisse de productivité résultant d'une détérioration de la santé des travailleurs et/ou de l'incapacité au travail liées aux TMS est une préoccupation majeure pour les employeurs concernés, leurs employés, les compagnies d'assurance et les commissions des accidents du travail, ainsi que pour les intervenants en santé au travail. Ces statistiques passent sous silence

les coûts humains et sociaux auxquels doivent faire face les travailleurs victimes des TMS et leurs proches.

Dans le contexte actuel de la mondialisation des marchés, les entreprises doivent relever des défis de taille. Elles doivent évoluer dans une économie de marché variée et d'innovations perpétuelles dans un contexte de concurrence accrue. Leur production doit pouvoir s'ajuster rapidement aux fluctuations fréquentes du marché. Par conséquent, un nombre de plus en plus important d'entreprises, tant industrielles que de services, vivent une période de transformations technologiques et organisationnelles, dont les répercussions sont nombreuses et complexes, en particulier au niveau de l'organisation du travail et de la santé et de la sécurité des travailleurs.

1.1.1 *Intervenir, mais comment et à quel coût?*

Bien que l'étiologie des TMS soit complexe, on reconnaît que des facteurs physiques et psychosociaux présents dans le milieu de travail peuvent en être l'origine (NRC/IM, 2001). Les TMS découleraient d'une rupture de l'équilibre entre les capacités du travailleur et les exigences de son travail (Kuorinka et Forcier, 1997; Marras, 2003). Il faut intervenir préférentiellement en modifiant les exigences du travail (c.-à-d., réduire l'exposition aux facteurs de risque) pour rétablir l'équilibre, ce qui suppose une intervention "ergonomique" en milieu de travail (Putz-Anderson, 1988; NRC/IM, 2001; Goggins, Spielholz et Nothstein, 2008). Depuis quelques années, la communauté scientifique se questionne sur les impacts de ces interventions, mais la littérature n'offre toujours aucune piste concrète quant à la meilleure façon d'intervenir selon le contexte (Westgaard et Winkel, 1997; Denis et al., 2005; Westgaard et Winkel, 2011). Les milieux industriels sont justement intéressés à savoir comment intervenir efficacement et durablement pour réduire les TMS et maintenir sinon améliorer leur productivité. Ils veulent aussi le faire au meilleur coût et en perturbant le moins possible leurs activités de production. Ces questions interpellent aussi les Commissions d'accident du travail (ex. CSST), les compagnies d'assurance et les associations sectorielles paritaires (ASP) qui en l'absence de données probantes sur les meilleures pratiques d'intervention ne peuvent élaborer des stratégies efficaces de prévention des TMS adaptées au contexte des entreprises de leurs clients ou de leurs membres. C'est le cas en particulier des petites et moyennes entreprises (PME), qui, selon la Régie des rentes du Québec, représentaient en 2013 98 % des entreprises au Québec. Or, c'est justement dans les PME que la prise en charge des activités de prévention en SST est reconnue comme étant plus difficile (Champoux et Brun, 1999). Bien qu'une littérature scientifique commence à émerger sur l'évaluation des effets (résultats) d'une intervention visant la prévention des TMS (Westgaard et Winkel, 1997; Robson, et al. 2001), le processus d'intervention lui-même (comment intervenir, selon quelles approches, avec quels outils/méthodes) qui est un aspect clé pour la réduction des TMS, a été très peu étudié. Pourtant, les milieux de travail ainsi que les intervenants et organismes chargés de la prévention des TMS (ex. CSST, ASP) se posent à cet égard de nombreuses questions. Par exemple, quel outil ou méthode d'évaluation des facteurs de risque de TMS doit-on utiliser selon le contexte? Sur quelles situations de travail doit-on intervenir en premier? Quelle réduction des facteurs de risque de TMS peut-on espérer selon le contexte d'intervention? (intervention mineure ou majeure; petit problème ou problème important; intervention sur les méthodes et/ou les équipements et/ou l'organisation du travail; types de problématique: sécurité des machines, TMS ou hygiène du travail; intervention nécessitant peu ou beaucoup d'investissements; intervention de courte ou de longue durée;

intervention visant à améliorer la productivité ou la SST uniquement; etc.). Et à quel coût? Quelles économies seront réalisées? Quelle rentabilité espérer des investissements en prévention? L'amélioration de la SST aura-t-elle un impact positif sur la productivité? Quels types de coûts sont les plus difficiles et les plus faciles à déterminer? Comment prioriser les actions de prévention? Il est intéressant de noter que la communauté scientifique demande maintenant de façon plus insistante à ses membres de se rendre en milieu de travail pour documenter et étudier des interventions tout en testant les approches ou méthodes existantes, afin d'enrichir la littérature sur ce qui fonctionne bien ou pas selon les conditions de l'intervention (ex. Biddle et al., 2005; David et al., 2005). Il faut donc privilégier l'observation sur le terrain et y tester des outils, des méthodes et des approches lors d'interventions réelles (Denis et al., 2005).

1.1.2 Le choix d'une méthode d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque

L'intervention pour réduire voire éliminer les facteurs de risque de TMS suppose l'évaluation de l'exposition à ces facteurs. Imbeau et al. (2004) ont passé en revue un ensemble de méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque (MÉEFR) de TMS. Ces méthodes ont des caractéristiques très variées, mais l'une des principales difficultés est que la littérature ne guide pas l'utilisateur potentiel en ce qui a trait au choix de la meilleure méthode selon le contexte de son intervention. Plusieurs MÉEFR exigent du temps et des ressources pour être mises en œuvre dont ne disposent pas les entreprises, surtout les PME (Li et Buckle, 1999a, b). Malchaire et al. (2001) proposent une excellente classification de plusieurs méthodes selon le niveau d'expertise requis pour chacune, mais cette classification semble reposer davantage sur le jugement des chercheurs que sur des données systématiques publiées à la suite de l'étude de l'application de ces méthodes dans des conditions réelles d'intervention, et ce, pour un grand nombre d'interventions dans des contextes variés: l'utilisabilité de ces méthodes selon l'utilisateur et l'usage prévu est peu documentée (Dempsey et al., 2005). Face à ce problème, au printemps 2004, la CSST a demandé conseil à la Chaire de recherche du Canada en ergonomie de l'École Polytechnique de Montréal quant au choix d'une méthode que les inspecteurs pourraient utiliser dans le cadre d'un futur programme d'intervention sur les TMS. Dans une revue de 21 MÉEFR, Imbeau et Fradet (2004) ont suggéré l'utilisation du Quick Exposure Check (QEC) entre autres parce que ses auteurs étaient les seuls à avoir publié des résultats concernant la fiabilité et la validité de leur méthode, un aspect très important pour une organisation comme la CSST (Li et Buckle, 1999b; David et al., 2005). D'autres méthodes auraient-elles donné de meilleurs résultats? En l'absence d'information comparative systématique, valide et fiable, il était impossible de répondre à cette question. Burgess-Limerick (2003) indique que plusieurs outils publiés ne sont utilisables que dans des circonstances très spécifiques, précisant aussi que le cadre d'utilisation de chaque outil n'est pas encore véritablement défini. Un document récent cité par David et al. (2005) résume bien l'état de la situation actuelle quant à ces outils ou méthodes: "*Ideally a design decision tree should be developed to allow practitioners to make an informed choice about which tools to use when. In addition, more information should be provided about what tools are not designed to do and their limitations*" (Anonyme, 2003).

Les auteurs des MÉEFR œuvrent en circuit ouvert, publiant des méthodes originales qui ne semblent pas avoir fait l'objet d'une mise à l'essai sur le terrain de façon à permettre la comparaison avec d'autres visant des objectifs similaires. Les praticiens qui utilisent ces

méthodes dans leur travail quotidien n'ont pas le temps, ni les ressources, ni le niveau d'expertise nécessaire pour effectuer ce travail de validation qui, en fait, relève de la recherche. La boucle reste ouverte. Pourtant, le choix d'une méthode d'évaluation appropriée constitue un élément central d'une intervention qui se veut systématique, efficace et efficiente. Les chercheurs doivent eux-mêmes contribuer à fermer cette boucle en apportant à la communauté scientifique une rétroaction sur l'utilisation pratique des différentes MÉEFR qu'ils proposent aux praticiens afin que ces derniers puissent mieux choisir celles qui sont les plus appropriées à leurs besoins en vue d'une intervention visant la réduction des facteurs de risque de TMS.

1.1.3 Les aspects économiques

Les dirigeants de PME que nous avons interrogés perçoivent un lien positif entre l'amélioration de la SST et celle de la productivité. Les principales limites qu'ils évoquent à l'intégration de ces deux aspects concernent le manque de temps pour traiter des problématiques de SST dans le cadre d'une démarche visant l'amélioration continue de la productivité (ACP) et les coûts associés à l'amélioration de la SST (Toulouse et al., 2005). Des études montrent aussi que les problèmes de productivité sont souvent associés à des problèmes de SST (ex. Eklund, 1995). Depuis longtemps, l'évaluation économique d'une intervention en SST est un aspect jugé stratégique par les intervenants pour encourager les entreprises à agir en matière de prévention des lésions professionnelles, dont les TMS. Selon Dorman (2000): *"In general, a firm that fails to tally the full cost it pays for poor working conditions operates under the misleading perception that it has less incentive to remedy them. Without realizing it, the firm may be undermining its economic as well as physical health"*. Il y a 15 ans, Riel et Imbeau (1996) ont développé un cadre d'évaluation économique des interventions ergonomiques en entreprise. Ce sujet a cependant suscité beaucoup d'intérêt au cours des 10 dernières années dans d'autres pays, et particulièrement avec le développement de la culture d'amélioration de la qualité et de la productivité. Une des difficultés éprouvées lors de l'évaluation économique en SST concerne l'estimation des coûts indirects inhérents aux arrêts de production, au remplacement du travailleur, à la perte de productivité d'un travailleur en assignation temporaire (travaux légers), etc., car ces coûts n'apparaissent pas clairement dans le bilan comptable de l'entreprise (Brody et al., 1990 a, b). Il semble qu'après une certaine standardisation des paramètres et mesures, certains progrès ont été réalisés (Biddle et al., 2005) dans l'évaluation des coûts des accidents de travail, particulièrement au regard des coûts indirects. Toutefois, les méthodes existantes sont pas ou peu utilisées dans les entreprises. Un appel a d'ailleurs été lancé à la communauté scientifique afin de participer à un effort concerté pour mettre à l'essai les modèles existants dans des interventions variées de SST (cf. #3 de la revue *Journal of Safety Research* (2005) entièrement dédié à l'aspect des coûts liés à la SST et à la productivité). Il semble donc que, d'un côté, les employeurs ont tendance à minimiser l'ampleur des coûts indirects et à sous-estimer la rentabilité d'actions préventives, pendant que, de l'autre côté, les chercheurs peinent à fournir aux entreprises une méthode adaptée à l'évaluation des coûts, notamment à cause de la complexité de leur évaluation. Ainsi, malgré des efforts de recherche soutenus dans le domaine de l'évaluation des coûts des accidents de travail, cette pratique ne s'est pas démocratisée dans les entreprises. Enfin, notons qu'au Québec les dernières études portant sur l'évaluation des coûts indirects remontent à 1990 (Brody et al., 1990a, b).

1.2 Contexte de recherche

Au moment de la préparation et de l'approbation du projet de recherche ayant mené à ce rapport, deux terrains de recherche avaient été développés de longue date et devaient être mis à profit pour deux études, soit celle dont traite le présent rapport et celle décrite par Imbeau et al. (2012a). Ces deux études avaient en commun de permettre de suivre et de documenter de façon prospective des interventions multiples et variées visant l'amélioration de la productivité et la prévention des TMS. L'accès à ces terrains par les chercheurs était acquis, et ce, pour les quatre à cinq années que devaient durer ces études, soit des conditions exceptionnellement rares et idéales pour documenter et suivre dans le temps de multiples interventions.

1.2.1 Premier terrain: une entreprise manufacturière

Le premier terrain de recherche était une entreprise manufacturière qui avait acquis le programme d'amélioration continue ACE développé par Pratt & Whitney du Canada (PWC). Le programme ACE^{MC} (Amélioration continue pour l'excellence, une traduction de "*Achieving Competitive Excellence*") intègre une douzaine d'outils types du Lean Manufacturing et Six Sigmas (Hall, 1998). L'entreprise manufacturière désirait l'implanter dans ses 19 usines et points de service à travers le monde. Elle œuvrait dans la conception et la fabrication d'une vaste gamme de produits pour des clients appartenant à des secteurs d'activité variés, tels que l'industrie automobile, les véhicules de transport lourd, les véhicules utilitaires, agricoles et récréatifs. Parmi ces produits, on compte des chenilles en caoutchouc pour les véhicules agricoles, industriels et récréatifs, des pièces d'habillage de véhicules en composite, des composantes intérieures en thermoplastique moulées par injection ou par soufflage, etc. Dans l'ensemble de ses 19 usines et points de service, situés aux États-Unis, au Canada, au Mexique et en Europe, cette entreprise employait en 2005 environ 1850 personnes, dont plus des deux tiers au Canada. La majorité de ses usines étaient accréditées ISO-14000, ISO-9001 et/ou QS-9000.

Cette entreprise s'était fixé comme objectif d'être de classe mondiale en 2010 et ainsi devenir un modèle dans son secteur d'activité. L'acquisition, puis l'implantation, du programme ACE était le principal moyen d'atteindre cet objectif; le programme ACE devait l'aider à améliorer non seulement la productivité de ses installations et la qualité de ses produits, mais aussi les conditions de travail dans toutes ses usines. L'amélioration devait provenir de la conduite d'interventions régulières dans les différentes cellules d'implantation ACE afin d'atteindre les objectifs fixés pour celles-ci dans le cadre du programme. Selon les auteurs de ce rapport, le programme ACE, tel que développé par PWC, comportait une lacune importante, soit celle de faire peu de place aux aspects de SST et d'ergonomie. En 2003, des représentants de PWC avaient demandé à la Chaire de recherche du Canada en ergonomie de l'École Polytechnique (CRC) de l'aider à intégrer ces aspects dans son programme et ce, en travaillant étroitement avec cette entreprise cliente. Ainsi, deux ans avant le démarrage de cette étude, nous collaborions déjà avec l'entreprise à l'intégration d'outils d'analyse ergonomique et de SST au programme ACE.

L'intérêt de ce terrain de recherche tenait au fait qu'il était possible d'y documenter de façon prospective des interventions variées d'amélioration continue de la productivité et de la SST dans des PME qui concevaient des produits différents et variés, mais qui appliquaient toutes de façon uniforme le programme ACE. Le problème habituel de la difficile généralisation à partir d'une

étude dans une usine unique (et généralement de grande taille) était donc évité, puisque nous envisagions de réaliser les observations dans six usines manufacturières (des PME) de cette entreprise situées au Québec. Un tel contexte de recherche dans le secteur privé était tout à fait exceptionnel.

Il paraît utile d'apporter quelques précisions quant à la seconde étude menée en parallèle, laquelle était aussi financée en partie par l'IRSST. Cette étude complémentaire s'intéressait aux modalités d'intervention favorables à l'intégration de la SST aux approches d'amélioration continue, et ce, en décrivant le déploiement dans l'entreprise manufacturière, du programme ACE auquel un volet d'ergonomie/SST était ajouté. Plus spécifiquement, elle visait à décrire dans quelle mesure la SST est intégrée au programme à travers ses activités et à en décrire les effets escomptés sur la SST. Elle couvrait une période de presque sept ans, allant de la fin de 2003 à 2010. Les données recueillies en continu pendant toute la durée de l'étude proviennent plusieurs sources: entrevues menées avec différents acteurs clés du déploiement du programme ACE et des usines, indicateurs de performance variés liés aux cellules de fabrication, indicateurs de gestion de la direction, données d'entreprise (calendriers de déploiement du programme, documentation relative au programme, statistiques sur les heures et les contenus de formations offertes au personnel, registres d'accidents et d'incidents, coûts des accidents, taux de roulement). Ces différents types de données ont été triangulés. Une analyse a été menée spécifiquement sur un échantillon de billets TCQP, un type d'indicateur basé sur le principe de la boîte à suggestions et de la chaîne d'aide du Toyota Production System. Le lecteur intéressé est invité à consulter le rapport d'Imbeau et al. (2012a).

L'étude décrite dans le présent rapport visait spécifiquement à documenter l'utilisation de différentes MÉEFR de TMS aux mêmes postes de travail de l'entreprise manufacturière afin de les comparer entre elles. Essentiellement, l'entreprise manufacturière offrait la possibilité d'augmenter la taille de l'échantillon des situations de travail pouvant être évaluées au moyen des MÉEFR. L'étude décrite ici visait également à documenter l'aspect des coûts associés à la mise en œuvre d'interventions. Les deux études ont donc été menées sur le même terrain de recherche offert par l'entreprise manufacturière. L'étude décrite dans le présent rapport se proposait d'appliquer en parallèle la même méthodologie "de suivi" que celle de l'autre étude, dans le secteur des pépinières (suivi des interventions, comparaison des MÉEFR de TMS et aspects des coûts). Cette étude prend donc en charge le volet "suivi des interventions" dans le secteur des pépinières, alors que pour l'entreprise manufacturière, ce volet était pris en charge par l'étude (Imbeau et al., 2012a). La présente étude a appliqué la même méthodologie dans les pépinières que celle utilisée dans le secteur manufacturier en ce qui a trait à l'évaluation des facteurs de risque et des coûts.

1.2.2 Second terrain: des pépinières forestières

Le second terrain de recherche envisagé est celui des pépinières forestières. Au moment de débiter cette étude, au Québec, six pépinières forestières publiques et 20 privées produisaient annuellement les 130 millions de plants et semis destinés au reboisement des 15 % à 20 % des superficies ayant fait l'objet de coupes forestières et qui se régénèrent difficilement. L'augmentation significative du rendement de nos forêts au moyen du reboisement est atteinte par la mise en terre de plants de haute qualité produits dans ces pépinières qui répondent à des

critères de qualifications morphologique et physiologique très stricts établis par le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN). Plus précisément, les activités de travail liées à la production des semences et des plants sont complexes et répétitives. Pour être mis en terre, les plants doivent répondre à des critères de qualité sévères, contraignant les travailleurs à effectuer des opérations parfois difficiles et pouvant représenter un risque pour la SST. De plus, ces opérations doivent être exécutées en respectant les contraintes environnementales (ex. premier gel), lesquelles obligent les travailleurs à ajuster leur cadence de production en conséquence et rendent parfois difficiles les conditions de travail. Les TMS étant un problème important et coûteux dans les pépinières, le MRN a demandé l'aide de la Chaire de recherche du Canada en ergonomie de l'École Polytechnique. Une collaboration démarrée à l'été 2004 dans trois pépinières devait s'étaler sur cinq à six ans. L'étude pouvait donc s'inscrire dans le cadre de cette collaboration. En bref, il s'agissait d'appliquer un cycle en trois étapes: 1) mesurer l'exposition aux facteurs de risque de TMS à tous les postes de travail durant la saison active; 2) mener des groupes kaizen¹ durant la saison morte (hiver) pour développer des solutions aux problèmes causant les TMS et pour augmenter la productivité aux postes jugés les plus critiques; 3) implanter les solutions le printemps suivant et en mesurer l'effet sur les facteurs de risque de TMS, sur la productivité et sur la qualité en utilisant la même approche qu'à l'étape 1. Les pépinières colligent des mesures de productivité et de qualité pour tous leurs postes de travail, ce qui facilite un suivi de ces indicateurs dans le temps. Au début de 2006, nos mesures avaient été réalisées à l'ensemble des postes (21 postes dans trois pépinières) depuis deux ans (à chaque année) et chaque intervention était documentée en détail dans un journal de bord (étapes, personnes impliquées, temps, difficultés, coûts, etc.), afin de mieux contrôler le biais potentiellement dû à l'historique (Robson et al., 2001). À la suite du succès de nos premières interventions dans trois d'entre elles (Farbos et al., 2005), les autres pépinières publiques (4) ont indiqué leur vif intérêt à participer activement à l'étude alors en préparation. Nous entrevoyions donc que de nombreuses interventions visant la SST et la productivité seraient documentées au cours des prochaines années dans les six pépinières publiques du Québec ainsi que dans une pépinière privée, rejoignant les principaux centres de production de la province.

L'intérêt de suivre des interventions dans ce secteur tient au fait que les opérations manufacturières y sont essentiellement manuelles et très répétitives et que le MRN avait récemment décidé de moderniser ces opérations afin de les rendre plus efficaces et compétitives. En 2006, ce secteur était aux prises avec un problème important de pénurie de main-d'œuvre qui était propice à tenter de nouvelles approches. Ainsi, ces milieux allaient se transformer significativement dans un futur proche et il serait très intéressant d'y documenter l'évolution conjointe des aspects de SST (TMS en particulier) et de productivité.

1.3 Objectifs de l'étude

L'étude comportait trois objectifs principaux, chacun incluant des sous-objectifs. Ils sont présentés de façon synthétique dans les deux premières colonnes du tableau de l'Annexe A.

¹ Une méthode d'amélioration réunissant des employés de différents départements de l'entreprise pour examiner un problème, proposer des solutions et implanter un changement. Le groupe kaizen («kaizen event») se déroule sur une période allant de un à deux jours dans sa version courte («kaizen blitz») et plus typiquement sur une semaine.

1.3.1 Premier objectif (suivi des interventions)

Le premier objectif de l'étude était de faire le suivi d'interventions visant l'amélioration de la productivité, de la qualité ou de la SST en décrivant la prise en compte simultanée de ces trois aspects au fil des interventions menées à différents postes de travail dans les six pépinières publiques du Québec et dans une privée. Outre son caractère pédagogique (i.e., en apprendre un peu plus sur les façons de faire qui fonctionnent), cet objectif visait aussi à décrire les "co-interventions" pouvant expliquer le succès (ou l'insuccès) d'interventions visant la transformation de situations de travail en vue d'y réduire les TMS et y améliorer la productivité et la qualité. Cet aspect est habituellement jugé nécessaire à l'interprétation correcte des résultats obtenus (pour plus de détails, voir Robson et al., 2001). Les sous-objectifs suivants étaient visés:

- a) Décrire les établissements et les postes de travail de même que l'organisation des activités en SST;
- b) Répertorier les principaux indicateurs de performance (de productivité, de qualité et de SST) retenus par chacun des établissements et pour ses postes de travail;
- c) Dresser un bilan des stratégies de diagnostic et des problèmes à l'origine des transformations implantées et préciser leur domaine d'action (productivité, qualité, SST);
- d) Inventorier les transformations réalisées dans chaque poste de travail et préciser les effets en termes de productivité, de qualité et de SST. Le but était d'objectiver les résultats premiers des interventions en décrivant en détail les activités d'amélioration ayant permis d'aboutir à des changements dans la productivité et/ou dans l'exposition aux différents risques pour la santé et la sécurité des travailleurs;
- e) Caractériser les impacts indirects de l'intervention, à savoir ceux sur les pratiques en SST et le climat de travail.

1.3.2 Deuxième objectif (évaluation des facteurs de risque de TMS)

Le deuxième objectif était de mesurer, à l'aide de MÉEFR publiées dans la littérature récente, les effets des interventions sur les facteurs de risque de TMS aux postes faisant l'objet de transformations. Le but était d'avoir des données quantitatives uniformes pour objectiver l'impact des interventions sur les facteurs de risque et ainsi, avoir un indicateur de succès. Cet objectif était poursuivi de façon uniforme tant dans les pépinières que dans l'entreprise manufacturière, et ce, en appliquant la même méthodologie. Cet objectif comportait quatre sous-objectifs:

- a) Évaluer l'exposition aux facteurs de risque à chaque poste de travail étudié;
- b) Comparer l'exposition aux facteurs de risque avant transformations et après transformations pour évaluer le changement d'exposition consécutif à l'intervention (indicateur de succès);
- c) Évaluer la durabilité des effets produits par l'intervention sur les facteurs de risque;
- d) Comparer les MÉEFR entre elles quant à leur appréciation du risque (ex., différentes méthodes catégorisent-elles le risque de TMS de la même façon pour un poste donné?), ainsi qu'en ce qui concerne leur utilisation pratique (ex., temps nécessaire pour l'utilisation, étendue de la collecte de données requise, description de facteurs de risque ou conditions présentes au poste, mais non prises en compte par l'outil), afin de déterminer pour chacune des avantages et des limites.

1.3.3 Troisième objectif (aspects économiques)

Le troisième objectif de l'étude proposait, d'une part, d'associer l'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque (ex., par le QEC) aux coûts directs et indirects découlant des lésions professionnelles. D'autre part, il consistait à procéder à une analyse coût/bénéfice, pour chaque intervention menée dans les entreprises. Le but était d'obtenir des données quantitatives uniformes pour objectiver l'impact économique des interventions. Cet objectif était poursuivi de façon uniforme tant dans les pépinières que dans l'entreprise manufacturière, et ce, en appliquant la même méthodologie. Il comportait les sous-objectifs suivants:

- a) Déterminer pour chaque poste de travail devant faire l'objet de transformations les coûts directs (assumés par la CSST: indemnisation, frais médicaux et d'hospitalisation, réadaptation) et les coûts indirects des lésions professionnelles (assumés par l'entreprise);
- b) Mettre en relation l'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS avec les coûts directs et indirects des lésions professionnelles;
- c) Réaliser, pour chaque transformation d'un poste de travail, une analyse coût/bénéfice afin de documenter la rentabilité d'une action en prévention pour l'entreprise et pour la CSST;
- d) Analyser le lien entre l'évaluation de la rentabilité et la diminution de l'exposition aux facteurs de risque de TMS à la suite des transformations, ceci en vue d'émettre des recommandations visant à aider les gestionnaires à investir en prévention des TMS.

Rappelons que cette étude s'inscrivait dans le cadre des efforts déployés par la CSST afin de démontrer que la prévention et la gestion en matière de SST peuvent constituer pour les entreprises un investissement qui favorise leur compétitivité et non pas seulement comme des coûts additionnels d'opération.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Suivi des interventions

Les données recueillies dans le cadre de la réalisation du premier objectif de l'étude correspondent aux variables associées aux deux composantes du modèle d'intervention proposé par St-Vincent et al. (2005), soit l'intervention et ses résultats (Figure 1). La procédure de collecte de données compte plusieurs étapes, chacune comportant l'utilisation d'outils et de techniques variés. Tout d'abord, il s'agit de situer le contexte général de chaque établissement, puis celui des interventions visant l'implantation de transformations aux postes de travail. Le modèle choisi s'appuie sur le fait que le type et le déroulement de l'intervention ainsi que ses résultats (effets) sont étroitement liés au contexte de l'entreprise. Les variables permettant de documenter les caractéristiques de l'entreprise, des intervenants et du processus d'intervention reposent sur les connaissances scientifiques (St-Vincent et al., 2005). Ainsi, cinq types de variable ont été considérés pour documenter le contexte dans chacun des établissements: les caractéristiques structurelles de l'entreprise, les données sur la population de travailleurs, certains éléments de la culture d'entreprise reconnus pour influencer le déroulement d'interventions, l'organisation de la SST et celle des activités d'amélioration de la productivité et de la qualité (Annexe B: Tableau B1). Les informations ont été recueillies essentiellement à partir d'entretiens menés auprès des personnes responsables de l'implantation des transformations (ex., contremaître ou chef de pépinière) de chaque établissement et aussi à partir de données

propres à chaque établissement (registre d'accidents et d'incidents, données de productivité, informations sur la qualité, etc.).

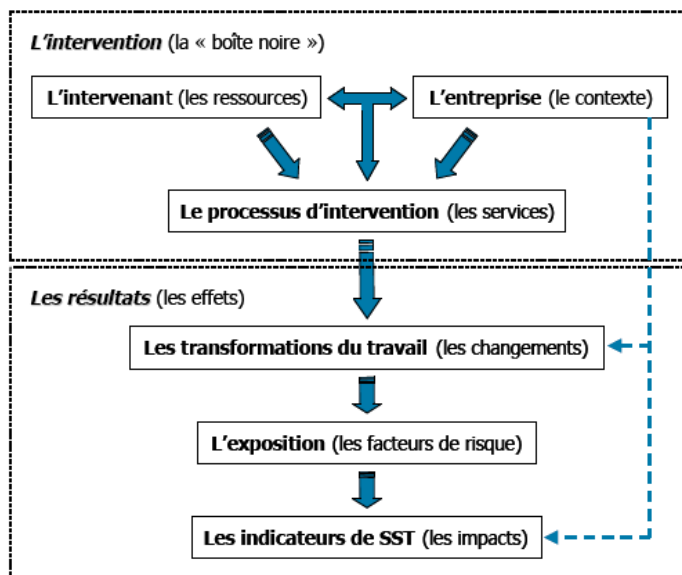


Figure 1: Modèle conceptuel d'intervention (St-Vincent et al., 2005).

Ensuite, pour documenter le contexte d'intervention, ainsi que ses résultats en termes de transformations et des effets sur la SST des travailleurs, il s'agissait de décrire la mise en place des différentes méthodes et outils de diagnostic et de recherche de solutions, de même que les principales actions et transformations résultantes, pour chaque poste transformé. Huit types de variables ont été considérés pour décrire le déroulement réel de l'intervention ainsi que ses résultats: les caractéristiques des intervenants, les méthodes utilisées pour le diagnostic, les méthodes utilisées pour la recherche de solutions, les transformations, les difficultés rencontrées dans l'intervention, les facteurs de succès, les impacts indirects de l'intervention et les co-interventions (Annexe B: Tableau B2). Les entretiens visaient à documenter les principales difficultés et obstacles liés à l'implantation des transformations en général, et plus spécifiquement ceux associés à l'intégration des aspects SST/ergonomie. Ils devaient aussi permettre d'identifier des stratégies gagnantes d'intégration de la SST/ergonomie et de vérifier les perceptions des travailleurs affectés par les transformations en termes d'impact sur leur SST. Ces informations ont été recueillies principalement à partir d'entretiens réalisés avec les acteurs concernés par les transformations aux postes de travail (travailleurs, contremaîtres, responsables en SST, représentant syndical et des membres de l'équipe de recherche), ainsi qu'à partir des données disponibles. Rappelons que chaque pépinière tient des données de production précises pour chaque produit et par poste de travail. Les informations ont été recueillies dès le début de chaque saison, et ce, tout au long de celle-ci selon le type de données et selon la production en marche. Les entretiens ont été systématiquement menés en début, au milieu et à la fin d'une saison typique qui dure neuf mois. Des entretiens ont aussi été menés à la suite de l'implantation de transformations aux postes de travail. Un canevas des principaux thèmes abordés a été constitué et a guidé le personnel de recherche lors de ses entretiens avec les acteurs ciblés (Toulouse et al., 2005). Le Tableau B3 en annexe situe dans le temps et selon l'acteur, la collecte de données afférente au premier objectif.

Un système de gestion de la documentation sur les interventions en milieu de travail développé pour les besoins de cette étude et reprenant le format d'un journal de bord a été utilisé pour archiver de façon systématique et structurer toute l'information recueillie lors des entretiens. L'analyse de cette information a entre autres permis de documenter les différentes actions et transformations réalisées pour chacun des postes de travail ainsi que les dynamiques d'interventions. Elle a aussi permis de suivre l'évolution du contexte dans les pépinières.

Bien que la collecte de données ici décrite avait été planifiée avec soin avant le début de l'étude, les chercheurs ont tout de même utilisé une approche flexible et "opportuniste" en matière de collecte de données de façon à profiter de thèmes émergents et de caractéristiques uniques de l'environnement de recherche qui apparaissaient en lien avec les objectifs: "... *if a new data collection opportunity arises or if a new line of thinking emerges during the research, it makes sense to take advantage by altering data collection ... This flexibility is not a license to be unsystematic. Rather, this flexibility is controlled opportunism in which researchers take advantage of the uniqueness of a specific case and emergence of new themes to improve resultant theory*" (Eisenhardt 1989, p 539).

2.2 Exposition aux facteurs de risque de TMS

De façon globale, pour la réalisation du deuxième objectif dans les deux terrains de recherche envisagés (pépinières et entreprise manufacturière), la collecte de données a visé d'abord à recueillir les informations suivantes:

- Un enregistrement vidéo des tâches accomplies au poste de travail étudié. Une durée représentative a été obtenue aux fins d'analyse. Cette durée était fonction du type de travail réalisé (répétitif ou à cycle court vs varié ou à cycle long);
- Un questionnaire destiné aux travailleurs intégrant: 1) des questions d'ordre général (profil du travailleur); 2) des questions portant sur les douleurs liées aux TMS; et 3) une partie visant à compléter « l'évaluation du travailleur » des méthodes QEC, FIOH, OCRA, JSI et HAL (ex., perception du travailleur quant à l'effort fourni au niveau des membres supérieurs);
- Toutes les mesures nécessaires à l'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS au moyen des différentes MÉEFR (ex., postures, forces appliquées sur des objets, durées de cycles, dimensions physiques, organisation du travail, ambiance thermique, éclairage, etc.).

La collecte de données a été faite pour chaque poste de travail ciblé avant transformations et à la suite des transformations visant l'amélioration de la productivité, de la qualité ou la réduction des facteurs de risque de TMS. La collecte de données a été assurée par quatre des auteurs du présent rapport. Ces personnes ont travaillé en étroite collaboration tout au long de l'étude et souvent en duo pour une même collecte de données, de sorte que leurs critères d'évaluation peuvent être considérés comme homogènes et uniformes.

Lors de chaque collecte de données en entreprise, une fiche d'intervention a été remplie afin de documenter chronologiquement le type d'information recueillie. Au retour d'une visite, les données étaient préparées, puis uniformisées en vue des analyses. La procédure était la même après chaque visite. Ainsi, les enregistrements vidéo étaient numérisés; et les informations

recueillies informatisées et classées dans le système de gestion de la documentation sur les interventions en milieu de travail, développé pour les besoins de cette étude. Ce dernier a été conçu pour être flexible et adaptable, permettant ainsi de structurer toute l'information spécifique à une situation ou à une intervention donnée.

Onze méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS ont été utilisées pour éventuellement être comparées: 1) RULA (Rapid Upper Limb Assessment: McAtamney et Corlett, 1993); 2) REBA (Rapid Entire Body Assessment: Hignett et McAtamney, 2000); 3) OCRA (Occupational Repetitive Actions: Colombini, 1998; Occhipinti, 1998); 4) QEC (Quick Exposure Check: Li et Buckle, 1999b; David et al., 2005); 5) HAL (Hand Activity Level: ACGIH, 2002a, b); 6) JSI (Job Strain Index: Moore et Garg, 1995); 7) Guide de Mital et al. (1997); 8) 3DSSPP (Logiciel d'analyse biomécanique statique: Université du Michigan); 9) 4DWATBAK (logiciel d'analyse biomécanique: Université de Waterloo); 10) EWA (Ergonomics Workplace Analysis: Finnish Institute of Occupational Health (FIOH), Ahonen et al., 1989); et 11) la norme EN-1005-3 (2002). Ces méthodes récentes sont susceptibles d'être utilisées par des non-chercheurs ayant des expertises variables en ergonomie. Le QEC a été retenu pour ses qualités, mais aussi en raison du fait que la CSST l'avait choisi pour ses inspecteurs au moment de démarrer l'étude. REBA a été sélectionné parce qu'il fournit un portrait de la contrainte globale du corps. Le guide de Mital et al. (1997) a été utilisé pour toutes les tâches impliquant de la manutention de charge. Des analyses avec 4DWATBAK (Université de Waterloo) et 3DSSPP ont été réalisées pour évaluer les contraintes au dos. Pour évaluer la contrainte aux membres supérieurs, nous avons eu recours aux méthodes OCRA et RULA ainsi qu'au JSI et à l'HAL, proposés par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), pour la partie distale. Enfin, le 3DSSPP était employé en combinaison avec des facteurs de pondération proposés dans la norme EN-1005-3 (2002) pour évaluer entre autres l'application de force sur des objets. Ces pondérations permettent de se prononcer quant à l'acceptabilité de l'application de force en regard des TMS. Dans le cas de l'usage du logiciel 3DSSPP, la valeur « peak » de la force appliquée a été retenue pour les besoins de l'analyse (soit le moment où la contrainte est jugée la plus importante). Finalement, nous avons fait appel au EWA du FIOH parce qu'il évalue des éléments très variés, qu'il est convivial et que l'entreprise manufacturière l'a choisi pour l'intégrer au coffre à outils de son programme d'amélioration continue (ACE).

Pour chaque poste de travail où une collecte de données a été réalisée, toutes les méthodes applicables ont été utilisées. Les résultats obtenus pour chaque méthode ont donc été compilés dans le système de gestion documentaire. De plus, l'évaluateur devait remplir une fiche décrivant des caractéristiques spécifiques à l'utilisation de chacune des méthodes ainsi que son appréciation générale. Cette information a servi à comparer les méthodes selon différents critères (voir Tableau 1).

Sous-objectif a): Évaluer l'exposition aux facteurs de risque à chaque poste de travail étudié. Ce sous-objectif supposait l'analyse des données recueillies pour chaque poste de travail: chaque méthode d'analyse fournit une valeur d'exposition au poste de travail. L'interprétation des résultats obtenus avec les différentes méthodes a permis d'identifier les régions corporelles les plus à risque pour les travailleurs. Dans plusieurs cas, ces informations ont servi pour orienter des transformations au poste et pour en évaluer le niveau de succès.

Tableau 1: Critères de comparaison des MÉEFR

Caractéristiques générales de la méthode	<ul style="list-style-type: none"> • Types de tâche étudiée (répétitive, variée, manutention) • Facteurs de risque considérés (et facteurs présents, mais non considérés) pour ce poste • Sites corporels visés pour ce poste • Perception de la capacité de l'outil à refléter l'exposition aux facteurs de risque (sur une échelle VAS) pour ce poste
Facilité d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> • Temps d'analyse requis (pour la collecte de données, pour l'analyse) • Étendue de la collecte de données • Niveau de compétence requis
Appréciation générale	<ul style="list-style-type: none"> • Difficultés rencontrées lors de l'analyse pour ce poste • Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode pour ce poste de travail spécifique

Sous-objectif b): Comparer l'exposition aux facteurs de risque avant et après transformations en vue de mesurer le changement d'exposition consécutif à une intervention (analyse pré/post et indicateur de succès). Ce sous-objectif supposait la comparaison de l'évaluation faite avant les transformations avec celle réalisée après l'implantation des transformations à un poste de travail afin de mesurer l'écart entre les deux. Celui-ci a été estimé pour chaque MÉEFR. Cet écart permet d'évaluer la réduction (ou l'augmentation) des facteurs de risque de TMS découlant de l'intervention. Cette analyse a aussi permis d'explorer la sensibilité de chaque méthode. En effet, il est intéressant de savoir si la méthode perçoit des changements réalisés au poste de travail à la suite d'une intervention.

Afin d'évaluer indirectement la sensibilité des méthodes, les perceptions des travailleurs, du pilote ACE (dans l'entreprise manufacturière) ou du contremaître/chef d'équipe (dans les pépinières) et d'un expert (le membre de l'équipe de recherche qui a procédé à la collecte des données) ont été recueillies. Les perceptions des différents acteurs peuvent intégrer plusieurs aspects du travail pouvant avoir un impact sur le niveau de risque réel à un poste de travail. Parmi ces aspects, on peut citer ceux qui sont en lien avec l'organisation du travail comme les méthodes de production, le mode de rémunération, la formation, l'organisation temporelle de l'activité, etc., et ceux qui sont associés à la conception et l'aménagement, comme les dimensions physiques du poste de travail, les équipements, l'éclairage, etc. Les perceptions des différents acteurs, et celles de l'expert en particulier, peuvent traduire certaines expositions aux facteurs de risque que les méthodes pourraient ne pas être en mesure de détecter. Ainsi, les perceptions des différents acteurs ont été obtenues en utilisant des échelles visuelles-analogues (VAS: d'une longueur de 10 cm sur la feuille réponse). Chaque acteur (travailleur, pilote/contremaître/chef d'équipe) a également été invité à motiver ou à expliquer son évaluation. Par exemple, pour connaître la perception des acteurs sur la qualité "ergonomique" du poste de travail, il a été demandé aux travailleurs/pilote/contremaître/chef d'équipe, de se prononcer sur une échelle VAS ayant les ancrages suivants: Pas du tout ergonomique et Tout à fait ergonomique. Cette mesure a été réalisée avant, puis après les transformations effectuées au poste de travail (donc en même temps que la collecte des données associée à l'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS). Ainsi, l'écart ou le gain mesuré subjectivement à la

suite de chaque modification a pu être mis en lien avec ceux évalués avec les différentes méthodes.

Une autre mesure intéressante est la perception de chaque acteur quant à la nécessité de procéder à des changements au poste de travail, en utilisant une échelle VAS aux ancrages suivants: Pas du tout nécessaires et Tout à fait nécessaires. Cette mesure permet de déterminer l'importance stratégique perçue d'un changement. En effet, un tout petit changement peut parfois être jugé nécessaire de la part des employés, et l'appui de la direction pour cette petite modification peut avoir un impact positif pour des transformations ultérieures majeures, et ce, même si dans les faits, les correctifs implantés apportent relativement peu au regard de la réduction de l'exposition aux facteurs de risque de TMS. Pour ce qui est de l'expert (i.e., le membre de l'équipe réalisant les observations et les mesures au poste), il convient de lui demander sa perception du niveau d'exposition aux facteurs de risque lié aux TMS avant et après chaque intervention, et ce, pour les membres supérieurs et pour la région du dos, en utilisant une échelle VAS aux ancrages suivants: Pas du tout risqué et Risque élevé. Enfin, la satisfaction des acteurs quant aux transformations a été mesurée (cf. Tableau B3) pour les deux terrains de recherche, et ce, en utilisant une échelle VAS aux ancrages suivants: Pas du tout satisfait et Tout à fait satisfait. Les diverses mesures de perception ont été mises en lien (ex., par corrélation) avec les évaluations faites au moyen des différentes MÉEFR.

Sous-objectif c): Évaluer la durabilité des effets produits par l'intervention sur les facteurs de risque. Il s'agissait ici de comparer l'évaluation faite immédiatement après les transformations à celle réalisée longtemps après l'implantation des transformations afin de mesurer une absence d'écart éventuel (ou un écart) entre les deux évaluations pour obtenir un indicateur de durabilité de l'intervention (ou de non-durabilité). Dans le cas des pépinières, cette seconde mesure peut être celle faite en fin de saison ou au tout début de saison suivante à un poste de travail modifié. Dans le cas de l'entreprise manufacturière, la seconde mesure peut être celle faite lors du passage à un niveau de certification supérieur ou juste avant l'implantation de transformations associées à une nouvelle intervention à un même poste de travail. Ici également, une mesure de perception du changement au poste de travail pour les mêmes acteurs (travailleurs au poste, pilote/contremaître/chef d'équipe et expert) au moyen d'une échelle VAS (Aucun changement vs Changements majeurs) a été envisagée.

Sous-objectif d): Comparer les méthodes afin d'en identifier respectivement les avantages et les inconvénients. Il s'agissait ici de comparer les méthodes à partir des résultats qu'elles produisent et de la mise en œuvre que leur utilisation nécessite (Tableau 1). Les méthodes d'évaluation ont été comparées à l'intérieur de différents groupes homogènes. Par exemple, les résultats des méthodes qui évaluent les facteurs de risque de TMS dans la région du dos ont été analysés ensemble. Ainsi, parmi les critères comparés, on retrouve d'abord les caractéristiques générales des méthodes, comme le type de tâche étudiée, les facteurs de risque considérés par la méthode et les sites corporels visés. Un autre aspect clé pour le praticien est l'orientation des actions de prévention vers les facteurs qui contribuent le plus à l'augmentation de l'indice de risque fourni par la méthode. La facilité d'utilisation est également un aspect important lors de la sélection d'une méthode d'évaluation des facteurs de risque. Enfin, l'appréciation générale de l'évaluateur lors de l'utilisation de chaque méthode contribue à identifier les avantages et inconvénients associés à chacune. Ces nouvelles informations sur chaque méthode peuvent être utiles à la

construction d'un arbre de décision guidant un praticien vers la ou les M^ÉEFR répondant le mieux à ses besoins (Dempsey 2005).

2.3 Aspects économiques

Le troisième objectif portant sur les aspects économiques a été poursuivi de façon uniforme tant dans les pépinières forestières que dans le secteur manufacturier, et ce, en appliquant la même méthodologie.

Sous-objectif a): Estimer pour chaque accident répertorié, les coûts directs (engagés par la CSST en termes d'indemnisation, de frais médicaux et d'hospitalisation, réadaptation) et les coûts indirects (assumés par l'entreprise). La réalisation de ce sous-objectif a d'abord nécessité le développement d'une méthode permettant d'estimer les coûts indirects des accidents de travail. Ensuite, les statistiques d'évènement, colligées par un responsable dans chaque entreprise, ont été étudiées en profondeur. Pour chaque accident de travail, les informations contenues dans le fichier de statistiques d'évènement regroupent des informations telles que le nom du travailleur blessé, la date de l'évènement, la partie du corps touchée, le poste de travail, la nature de l'accident, la description détaillée de l'évènement, ainsi que des informations concernant la situation du travailleur après l'évènement (premiers soins, visite médicale) et la réalisation ou non d'une enquête et analyse d'accidents associés à l'évènement. Toute l'information relative à ces évènements a été récupérée dans une liste uniformisée et codée. Le calculateur des coûts indirects (voir section 3.3.1) a enfin été utilisé, avec ces informations pour intrant, afin de déterminer le coût indirect de chaque évènement. À partir de la liste d'évènements, des recoupements ont également été faits afin d'obtenir les informations contenues dans chaque dossier ouvert auprès du régime d'assurance collectif (CSST au Québec) et notamment les coûts directs (montant versé par la CSST pour l'évènement).

Sous-objectif b): Mettre en relation l'indice QEC et les coûts directs et indirects des lésions. La réalisation de ce sous-objectif se base sur l'information obtenue au sous-objectif a) et sur celle obtenue à la section 2.2. Pour chaque poste de travail évalué, l'indice QEC décrivant le niveau de risque a été associé à la liste des lésions professionnelles survenues à ce poste (dans sa configuration au moment de l'évaluation) pour lesquels les coûts directs et indirects sont connus. Le logiciel « Statistical Program for Social Sciences » pour Windows (SPSS, version 16) a ensuite été utilisé pour les analyses statistiques. L'objectif était d'identifier si des corrélations existaient entre le niveau de risque à un poste de travail et les coûts indirects d'une part, et entre le niveau de risque et les coûts directs d'autre part. Autrement dit, l'évaluation des facteurs de risque de TMS à un poste de travail est-elle en lien avec les coûts engendrés par ces facteurs de risque? Une réponse positive à cette question permettrait d'utiliser l'évaluation des facteurs de risque de TMS comme un indicateur des coûts futurs, ce qui pourrait être un fort incitatif à faire de la prévention.

Sous-objectif c): Réaliser, pour chaque modification de poste de travail, une analyse coût/bénéfice afin d'évaluer la rentabilité d'une action en prévention pour l'entreprise et pour la CSST. Les postes de travail modifiés (deuxième objectif) offrent un intérêt particulier pour l'étude, car les modifications apportées devraient normalement avoir pour effet de faire diminuer l'exposition aux facteurs de risque de TMS (ex., indice QEC) ainsi que la fréquence et la gravité

des lésions professionnelles avec à la clé une diminution des coûts directs et indirects. Ce sous-objectif a été réalisé en évaluant la rentabilité de ces actions de prévention afin de déterminer si une baisse de l'exposition (ex., réduction de l'indice QEC à la suite des transformations au poste) s'accompagne d'une baisse des coûts directs et indirects des accidents du travail. D'autres actions de prévention ont aussi été explorées (ex., assignation temporaire).

Sous-objectif d): Le but du dernier sous-objectif était d'analyser le lien entre l'évaluation de la rentabilité de chaque intervention ayant mené à des transformations (sous-objectif c), section 2.3) et la diminution de l'exposition aux facteurs de risque de TMS selon différentes MEEFR (sous-objectif b), section 2.2) et, le cas échéant, de formuler des recommandations visant à aider les gestionnaires dans leurs décisions d'investissement en prévention.

3. RÉSULTATS ET CONSTATS

Tout au long de cette section, pour chaque objectif un résumé des principaux résultats est présenté puis immédiatement discuté afin de faciliter la lecture du rapport. Cette façon de faire a été choisie en raison de la nature très variée des résultats selon l'objectif. L'Annexe A présente de façon synthétique les terrains et échantillons utilisés pour chaque objectif, les données recueillies et les principales analyses effectuées, ainsi que les publications résultantes. En raison des contraintes d'espace imposées pour le rapport, le lecteur est référé aux publications découlant directement de cette étude dont la liste est fournie à la bibliographie, ainsi qu'à un nombre de publications indirectement liées à l'étude dont les références sont incluses dans le texte. Enfin, dans cette section est considéré comme un résultat tout développement méthodologique, non prévu au départ, ayant résulté d'une réflexion devenue nécessaire et préalable à l'analyse des données (i.e., deuxième et troisième objectifs).

3.1 Suivi des interventions dans les pépinières forestières

Contrairement au secteur manufacturier (c.f., section 3.2.1), celui des pépinières a été stable sur le plan de l'échantillon durant l'étude et n'a pas été affecté par la crise économique. Toutefois, le contexte organisationnel a significativement évolué ce qui a eu un impact direct sur l'environnement de l'étude. Le travail dans le secteur des pépinières a été marqué par quatre grandes phases. La première correspond au contexte qui prévalait avant le début officiel de l'étude (de l'été 2004 à la fin de 2006), soit celui sur lequel l'étude est basée et dans lequel elle devait se dérouler. Rappelons que ce contexte consistait en l'évaluation des facteurs de risque de TMS à de nombreux postes de travail dans les différentes pépinières, puis la mise en place de groupes kaizen visant à développer et à implanter des transformations dans le but de réduire ces facteurs de risque (voir section 1.2.2). L'évaluation des facteurs de risque a débuté dans trois pépinières publiques, puis comme prévu des groupes kaizen ont suivi. Les résultats ont été implantés totalement dans l'une de celles-ci, partiellement dans une autre et pas du tout dans la troisième. Là où les transformations ont eu lieu, les facteurs de risque ont été réduits significativement sinon éliminés à relativement peu de frais. Les succès de ces groupes de travail ont été présentés au Forum annuel des pépinières (Farbos et al., 2005), ce qui a suscité un vif intérêt de la part des autres entreprises du secteur où l'équipe de recherche était invitée à reprendre le même processus. Celui-ci devait contribuer, comme prévu au protocole de l'étude, à

l'atteinte des deuxième et troisième objectifs par l'augmentation de la taille de l'échantillon des postes analysés et des transformations implantées.

Dans la foulée du forum annuel de 2005, le directeur de la pépinière où les transformations ont été réalisées a convoqué une rencontre lors de laquelle il faisait part à l'équipe de recherche de contraintes importantes alors devenues prioritaires au sein des pépinières: 1) la difficulté croissante à recruter une main-d'œuvre stable et suffisante; 2) le vieillissement d'une main-d'œuvre déjà lourdement affectée par les TMS; 3) le fait que le travail en pépinière est saisonnier et très répétitif ce qui le rend peu attirant pour les jeunes; et 4) une demande croissante pour le reboisement forestier. Face à ces difficultés, la réflexion a englobé la recherche de façons de faire différentes qui permettraient de réduire voire éliminer l'effet des contraintes tout en améliorant les conditions de travail. Il s'agit du début de la seconde phase. Les groupes kaizen de la première phase contribuaient positivement en réduisant les facteurs de risque de TMS à différents postes de travail, mais on en voyait déjà les limites puisque ces améliorations ne rendaient pas le travail plus attrayant, ni moins répétitif ou plus productif. En somme, la réduction des facteurs de risque de TMS à différents postes de travail apparaissait comme une stratégie apportant des améliorations locales au processus de production, alors que pour en augmenter la capacité et répondre à la demande tout en considérant les contraintes prioritaires, il fallait trouver une solution globale; il n'était pas possible d'augmenter la capacité en embauchant plus de personnel, celui-ci étant déjà difficile à recruter et à retenir. Pour y arriver, il fallait maintenant envisager une transformation en profondeur de certaines opérations et adopter une vision systémique, plutôt que d'y aller poste de travail par poste de travail. Ainsi, à la seconde phase du projet, le regard de l'équipe de recherche et de la direction des pépinières s'est porté sur le processus de production dans sa globalité plutôt qu'uniquement aux postes de travail montrant des risques de TMS. La stratégie proposée par l'équipe de recherche fut de réaliser une cartographie des processus de production dans les six pépinières publiques (la pépinière privée ayant abandonné l'étude à ce moment). Cette cartographie devait mettre en lumière les sources de gaspillage dans les processus de façon à pouvoir les réduire, ce qui inclut la surutilisation des personnes (TMS) et les manutentions manuelles répétées (TMS). Les groupes kaizen ont donc été mis de côté à cette étape puisqu'on ne parvenait plus à justifier d'investir temps et argent pour transformer de façon "microscopique" des postes de travail susceptibles d'être éliminés lors d'une révision "macroscopique" des processus qui s'amorçait.

L'objectif de la seconde phase (du printemps 2006 à la fin de l'été 2007) était de trouver le moyen de réduire les manipulations multiples des récipients, les contraintes musculo-squelettiques des travailleurs associées à ces manipulations, ainsi que d'augmenter la proportion du contenu à valeur ajoutée dans le processus de mise en récipient. Une fois la cartographie réalisée dans cinq des six pépinières (la sixième pépinière ayant abandonné la production en récipients pour se concentrer sur celle de plants à racines nues), les produits et/ou activités devant être transformés en priorité ont été identifiés, puis une recherche de technologies de production plus performante a débuté. La cartographie a permis de montrer que le cycle de production d'un plant en récipient s'étale sur 26 à 28 mois et que la moitié de ce cycle correspond à la période hivernale durant laquelle le plant est en dormance et exposé à différents risques dont le gel. Dans l'ensemble des activités des travailleurs composant l'autre moitié de ce processus, seule l'étape d'empotage a un contenu à valeur ajoutée. La cartographie a aussi montré des différences entre les pépinières. Par exemple, selon l'aménagement, le nombre de manipulations

des récipients peut augmenter de 60 % et les transports de 100 %. La recherche de technologies plus productives réalisée par notre équipe a permis de faire ressortir la production en serre comme une alternative à considérer: la production en serres offrait la possibilité de raccourcir le cycle complet à neuf mois et de fournir du travail à l'année. Les résultats de la cartographie et de la recherche de technologies ont été présentés à la Direction générale des pépinières et des stations piscicoles (DGPSP) du MRN, composée d'experts de tous les domaines liés à la production de plants et des six chefs de pépinières publiques. À la suite de cette rencontre, la Direction de la production des semences et des plants (DPSP) du MRN mettait sur pied un nouveau comité ayant deux mandats. Le premier consistait à étudier la viabilité de la production en serres. Puisque cette alternative n'avait jamais été envisagée par le MRN, plusieurs nouvelles questions se posaient notamment en ce qui a trait aux conditions biologiques offrant la meilleure croissance des plants et aux coûts d'implantation et de production en serres. Il était anticipé que le travail de ce comité allait se dérouler sur quelques années compte tenu de la complexité de certaines questions. Conséquemment, le second mandat du comité était d'étudier un scénario transitoire à court terme dans lequel certaines opérations seraient mécanisées en vue de réduire les manipulations et les risques de TMS. Le concept à la base de cette mécanisation est l'utilisation de plateaux de culture et de leurs supports permettant de manipuler simultanément plusieurs récipients. L'idée de départ était que les nouveaux équipements mis au point pour ce processus de mécanisation seraient plus tard récupérés dans les serres lors de leur implantation. La mécanisation devait également contribuer à uniformiser les équipements des différentes pépinières; des plateaux de culture étaient déjà utilisés, mais leur design variait d'une pépinière à l'autre.

La troisième phase (de l'automne 2007 jusqu'à l'été 2009), qui coïncidait avec le début de la présente étude, a consisté à dresser un cahier des charges en vue d'un appel d'offres et à identifier des fournisseurs potentiels pour le nouveau plateau de culture et son support. C'est à partir des analyses de postes de travail de la première phase, de la cartographie de la seconde phase et de discussions avec différents experts du MRN que notre équipe a monté un cahier des charges accompagné d'un document photo/vidéo décrivant les opérations actuelles et les facteurs de risque de TMS à réduire. Le cahier des charges a été envoyé à 52 fournisseurs potentiels. Trois se sont montrés intéressés. Ils ont été convoqués simultanément à une rencontre organisée à l'une des pépinières pour une visite des opérations et une présentation des objectifs des nouveaux équipements à concevoir. L'un des fournisseurs qui produit et vend sur le marché international depuis quelques années des plateaux pour la culture en serres a été retenu. Il a livré les premiers prototypes des nouveaux plateaux de culture à l'automne 2008. Ceux-ci comportaient des lacunes de design sur le plan mécanique et le comité mécanisation décida alors d'embaucher une firme de design industriel afin d'en réviser la conception.

La quatrième phase débute avec un premier appel d'offres du MRN pour le design révisé de plateaux de culture à l'automne 2009. Le fournisseur choisi par le MRN a produit 878 plateaux lesquels ont été testés dans deux pépinières dès l'été 2010. Le concept a rapidement montré ses avantages tant en termes de productivité que de réduction des facteurs de risque de TMS. Néanmoins, les pépinières étant mal équipées pour manipuler ces plateaux, des modifications additionnelles au design ont de nouveau été apportées de sorte qu'un nouvel appel d'offres a été envisagé par le MRN à l'été 2010, puis lancé à la fin de l'automne 2010. À l'automne 2011, cinq prototypes de plateaux de culture avaient été élaborés. Le second appel d'offres n'ayant toujours

pas complété (les essais se poursuivaient), le concept n'était pas encore implanté complètement dans toutes les pépinières au moment de la rédaction du présent rapport.

Tout au long de ces phases, notre équipe est demeurée à la disposition du MRN pour réaliser à sa demande et de façon ponctuelle différentes activités. Notre rôle principal a été de générer des connaissances nouvelles pour les différents acteurs impliqués tout au long du processus de changement et de les accompagner dans leur réflexion (voir Annexe C). Ces connaissances et nos nombreuses discussions avec eux ont contribué à faire évoluer leur réflexion. En effet, dès 2004 leur objectif était de corriger les postes de travail à risques de TMS. Dès 2006, cette approche avait démontré ses limites en regard des contraintes vécues et une vision plus globale apparaissait plus appropriée. Dès 2007, un nouveau concept devant améliorer à moyen terme la productivité et les conditions de travail, et à plus long terme, la façon dont on produit les plants était à l'étude. Puis, en 2009, le concept était mis à l'essai dans les opérations courantes de deux pépinières. La réflexion des acteurs du MRN a donc évolué de façon continue de 2003 à 2009 et notre équipe de recherche y a contribué directement. Cette collaboration montre clairement l'intérêt pour l'industrie de s'associer avec des chercheurs. En effet, des chercheurs sont en mesure d'alimenter sur une base régulière les décideurs avec de nouvelles connaissances qu'eux-mêmes n'ont pas le temps ni les ressources qualifiées pour aller chercher, ou ne savent tout simplement pas comment y accéder. Ce flot régulier de nouvelles connaissances et d'échanges permet aux décideurs de faire évoluer leur réflexion.

Du point de vue de la recherche, le tournant adopté par le MRN était intéressant puisqu'il apparaissait aux membres de l'équipe de recherche qu'assez rapidement, des prototypes de nouveaux équipements seraient testés dans les pépinières lors des opérations courantes. Ceux-ci introduiraient des transformations majeures au sein des activités de production courantes. Nous avons réalisé l'évaluation et le suivi des essais en pépinières de quelques-uns des prototypes qui, une fois déployés, devaient nous permettre de mesurer en production stabilisée un gain en termes de réduction des facteurs de risque de TMS et de hausse de productivité pour les opérations transformées. Ainsi, même s'il s'était passablement transformé, l'environnement de recherche demeurait intéressant et adéquat compte tenu de la méthodologie envisagée à l'origine. En effet, différentes interventions de transformation des conditions de travail ont été menées tout au long du projet par les pépinières, d'abord à travers des kaizen, ensuite à travers différents essais de prototypes. Les transformations ont été évaluées tout au long de l'étude, les interventions ont été suivies et les différentes co-interventions décrites selon la méthodologie prévue. Malheureusement, l'horizon de réalisation de l'étude a été plus court que celui du projet de mécanisation du MRN de sorte que nous avons eu l'occasion de mesurer partiellement la performance des nouveaux plateaux de culture avec les prototypes, et non pas dans les opérations courantes. Toutefois, nos évaluations montrent que les prototypes ont amélioré les conditions de travail et permis d'augmenter la productivité, soit deux objectifs visés par les pépinières forestières.

Enfin, à la suite des travaux de notre équipe, une cartographie de processus de production (Rother et Shook, 1999) enrichie d'une évaluation des facteurs de risque de TMS, nous apparaît comme une combinaison d'approches permettant d'intégrer de près les aspects liés aux TMS et à la productivité (Imbeau et Aubry, 2012). Le fait de considérer simultanément les deux aspects que sont la productivité et la SST dès le départ sous une forme visuelle ne peut que favoriser leur

prise en compte tout au long du processus de conception d'un nouveau processus de production (ex., plateaux de culture) et des futures activités de travail qui le composeront. En effet, la cartographie de processus de production est un outil très visuel qui permet rapidement de voir les caractéristiques de l'ensemble d'un processus et elle constitue typiquement le principal support à la réflexion devant mener à des transformations visant l'amélioration du processus. Il est utile de rappeler que l'évaluation des facteurs de risque de TMS et le matériel qui l'accompagne ont servi à de multiples reprises pour rappeler aux acteurs des pépinières et expliquer aux fournisseurs pourquoi le nouveau plateau de culture et son support devaient rencontrer certaines caractéristiques. Cette combinaison d'approches (cartographie et évaluation des facteurs de risque de TMS) nous apparaît donc très utile pour structurer un processus d'analyse et de transformation d'un processus de production. Cette combinaison mérite d'être testée plus en profondeur dans d'autres milieux de travail et pour différents projets impliquant la transformation de postes de travail (Denis et al., 2005). Le succès de cette combinaison d'approches est toutefois tributaire de certaines conditions décrites par Imbeau et al. (2012b), dont une formation adéquate des acteurs et des participants au processus d'analyse et de transformation, notamment en ce qui a trait aux TMS (facteurs de risque et déterminants), à une démarche de résolution de problème, et au travail en équipe. Également, comme Liker (2004) l'indique, il est préférable de faire appel à des équipes multidisciplinaires et de planifier avec un très grand soin toutes les facettes d'une transformation future afin d'éviter que les multiples mises à l'essai de prototypes successifs retardent le déploiement du nouveau processus, tel que nous l'avons observé dans la présente étude; avec une étude plus détaillée et des simulations bien montées, il aurait été possible aux pépinières de déployer plus rapidement les nouveaux plateaux de culture et leurs supports. Ce travail aurait toutefois nécessité le recrutement de plusieurs ressources spécialisées, ce qui aurait par ricochet nécessité des fonds difficiles à trouver dans le contexte de réduction des dépenses que vit la fonction publique depuis quelques années.

3.2 Facteurs de risque de TMS

3.2.1 Des terrains de collecte de données changeants

Tout au long du projet, l'entreprise manufacturière a vécu des changements profonds principalement attribuables à la crise économique de 2008 dont les premiers signes se sont manifestés dès le début de 2007 au sein des usines. Pour une description détaillée de ces changements, le lecteur intéressé est référé à l'étude d'Imbeau et al. (2012a) laquelle porte exclusivement sur cette entreprise. En résumé, il était prévu que les observations associées aux deuxième et troisième objectifs de cette étude auraient lieu dans six des usines québécoises de l'entreprise manufacturière jusqu'en 2010. Ces observations avaient d'ailleurs démarré dans deux usines 18 mois avant le début de la présente étude en février 2007 afin de mettre en place l'étude elle-même et aussi produire le matériel nécessaire aux demandes de subvention des deux études menées en parallèle. Or, dès le début de 2007, l'une des usines a été vendue et une autre a été fermée ce qui réduisait le bassin potentiel des situations de travail devant être transformées. Également, le rythme d'implantation des changements au cours de l'année 2008 a été beaucoup plus lent qu'annoncé dans les quatre usines restantes, ce qui retardait la progression de la présente étude. Dans un contexte de recherche similaire, St-Vincent et al. (2009) rapportent également le rythme lent d'implantation de transformation aux postes de travail dans les PME.

Devant cette réalité, l'équipe de recherche a décidé au cours de 2008 d'intégrer à l'échantillon de la présente étude, les huit interventions menées dans sept entreprises manufacturières décrites par St-Vincent et al. (2009), d'une part puisque que l'étude de St-Vincent et ses collaborateurs avait servi entre autres à la mise à l'essai de la méthodologie de la présente étude, et d'autre part, parce que les résultats de ces huit interventions ne sont pas tous rapportés dans le document de St-Vincent et al. (2009). Bien que l'ajout des huit interventions contribuait à agrandir l'échantillon de situations devant être transformées, cette augmentation demeurait marginale et ne pouvait compenser la perte des deux usines manufacturières. Ainsi, l'équipe de recherche décidait, dès février 2009, d'augmenter l'échantillon des postes de travail à transformer en étendant l'étude à une grande entreprise manufacturière d'appareils électroménagers. Cette entreprise était dotée d'un programme d'amélioration continue développé par la maison mère en Suède et reprenant les principaux concepts et outils du Lean Manufacturing, sur lesquels ACE est aussi basé. On y utilisait différentes lignes d'assemblage pour assembler une grande variété de modèles d'un même type d'appareils électroménagers, et la direction était aux prises avec une importante problématique de TMS. L'environnement fourni par cette entreprise offrait toutes les caractéristiques recherchées pour l'étude, lesquelles étaient très analogues à celles de l'entreprise manufacturière de départ: problématique de TMS associée à l'assemblage de produits variés, volonté de transformer de nombreuses situations de travail pour réduire les TMS, possibilité d'assurer un suivi de ces transformations dans le temps, etc. Cette grande entreprise devait participer à un projet de recherche distinct sur la problématique des TMS, mais la méthodologie de la présente étude était tout à fait appropriée pour une partie de ce projet. Ainsi, dès l'été 2009, s'amorçait une collecte de données d'envergure permettant d'augmenter significativement le nombre de postes de travail évalués de façon à répondre aux besoins de l'étude. Cette collecte de données a été poursuivie jusqu'à la fin de l'automne 2010, soit jusqu'au moment où la maison mère annonçait qu'elle fermerait prochainement cette usine pour la déménager aux États-Unis. Le lecteur intéressé est invité à consulter le rapport de St-Vincent et al. (2011) décrivant la première étape de cet autre projet de recherche en lien avec la problématique des TMS réalisé dans cette usine.

Au final, la collecte de données dans l'entreprise manufacturière de départ a démarré avant le début de l'étude dans deux des six usines, puis elle s'est poursuivie dans quatre de ces usines en 2007 et 2008, et s'est terminée dans deux usines en 2009 et 2010; une usine ayant été fermée et une autre vendue (Imbeau et al. 2012a). La collecte de données dans la grande entreprise d'électroménagers s'est déroulée en 2009 et 2010. Ainsi, les données associées au secteur manufacturier ayant été utilisées pour les objectifs 2 et 3 de l'étude, proviennent de 12 usines appartenant à neuf entreprises manufacturières. Ainsi, l'échantillon à la base des analyses associées à ces deux objectifs est composé de 567 activités (tâches) observées de 2003 à 2010 sur 224 postes de travail répartis dans un total de 18 établissements (12 usines manufacturières appartenant à neuf entreprises différentes et six pépinières publiques) du Québec œuvrant dans des secteurs variés (une entreprise manufacturière d'assemblage d'électroménagers, quatre usines de fabrication de produits de plastique et de composites, six pépinières forestières du secteur public, cinq usines du secteur de l'alimentation, une usine du secteur aérospatial et une usine de fabrication d'instruments de musique) (voir Annexe A). Ces postes ont été choisis soit: 1) parce qu'ils avaient été ciblés par les inspecteurs de la CSST comme ayant un historique de TMS; 2) directement par l'entreprise à la suite des plaintes rapportées par les travailleurs; 3) parce qu'ils ont été identifiés par l'entreprise qui les jugeait à risque pour le développement de TMS

en plus d'être des postes où des changements améliorant la productivité devaient être apportés. Dans tous les cas, les postes étaient jugés comme étant préoccupant du point de vue des TMS.

Dans le cadre de la présente étude, les évaluations ont été réalisées sur des postes de travail dont les temps de cycle ont varié de 0,03 min à 18,75 heures. Les MÉEFR ont donc été comparées avec un échantillon de temps de cycle très variés. Les postes provenant des secteurs des pépinières et des électroménagers (moyenne de 1,1 à 0,8 min) avaient les temps de cycle les plus courts alors que les secteurs aérospatial et plastiques/composites comptaient les temps de cycle les plus élevés (moyenne de 450,0 à 90,7 min). Au total, 516 travailleurs âgés entre 22 et 67 ans ont participé à l'étude. Rappelons qu'un questionnaire concernant les douleurs musculo-squelettiques ressenties à l'une ou l'autre des parties du corps au cours des 12 derniers mois, ainsi qu'au cours des sept derniers jours a été administré. Les travailleurs devaient aussi répondre à un questionnaire et donner leur opinion sur plusieurs aspects de leur poste et de leur travail correspondant à des informations nécessaires à l'utilisation des différentes MÉEFR de TMS. Lorsqu'un poste comptait plus d'un travailleur, des mesures ont été prises et des réponses obtenues auprès de plus d'un travailleur. Certains postes étant saisonniers (i.e. pépinières), quelques travailleurs ont occupé plus d'un poste au cours de la collecte de données. Ceux-ci ont donc été observés et questionnés à des postes différents.

Les postes de travail et leurs activités ont été analysés avec l'ensemble des 11 MÉEFR de TMS, à l'exception de 57 postes qui ne comportaient pas de manutention manuelle de charge; ceux-ci n'ont pas été analysés avec le guide de Mital et al. (1997) ni avec le 4DWATBAK. Ainsi, une base de données gigantesque et unique a été créée. La comparaison des diverses MÉEFR a représenté un défi puisque chaque méthode évalue le niveau de risque sur une échelle qui lui est propre et le catégorise selon une classification particulière (ex., QEC vs RULA). Également, certaines méthodes produisent une évaluation globale pour le poste de travail, alors que d'autres évaluent une seule tâche à la fois. Si un poste de travail comporte quelques tâches, comment doit-on combiner les évaluations respectives pour représenter le niveau de risque global du poste? Certaines méthodes évaluent le risque pour le dos associé à la manutention manuelle de charge (ex., guide de Mital et al., 1997), alors que d'autres portent uniquement sur les membres supérieurs (ex., OCRA) et que certaines mesurent les deux (ex., QEC). Nous avons repris certaines façons de faire déjà publiées pour comparer quelques-unes de ces méthodes. Nous avons également développé de nouvelles valeurs seuils et de nouvelles catégories de risques en appliquant une logique similaire pour permettre la comparaison des méthodes pour lesquelles aucune comparaison n'a été publiée à ce jour. Ainsi, au total, 21 indices (ou "scores") tirés de ces 11 méthodes ont été comparés en groupes homogènes (membres supérieurs, dos, zones corporelles multiples, évaluation globale du poste, évaluation de tâches individuelles). Le lecteur intéressé est invité à consulter la thèse de doctorat de Marie-Ève Chiasson (2011) pour de plus amples détails sur les développements méthodologiques nécessaires et les analyses réalisées sur ces données.

3.2.2 Comparaison des MÉEFR de TMS

La Figure 2 présente le résultat de comparaisons entre MÉEFR de TMS selon la catégorie de risque pour le dos (Figure 2a) et pour les membres supérieurs (Figure 2b), respectivement. La Figure 2b inclut aussi des indices généraux intégrant des zones corporelles multiples.

En ce qui concerne les méthodes d'évaluation des risques au dos (Figure 2a), les résultats sont contradictoires; certaines méthodes (ex., 3DSSPP) déterminent des risques faibles pour une majorité de postes analysés, alors que d'autres (ex., EN1005-3) identifient des risques élevés pour une majorité de postes. Concrètement, ces résultats montrent que, lors d'une intervention visant la prévention des TMS, le choix de la méthode utilisée pour évaluer les facteurs de risque de TMS aura un impact sur le résultat. En ce qui a trait aux MEEFR pour les membres supérieurs ou pour plusieurs zones corporelles (Figure 2b), la cohérence entre les méthodes est meilleure bien que des différences importantes soient observables (ex., entre HAL et RULA). Au minimum, plus d'un poste sur trois de l'échantillon est jugé hautement à risque pour les membres supérieurs (QEC), ce qui est cohérent avec le critère de sélection des postes observés (voir au début de cette section).

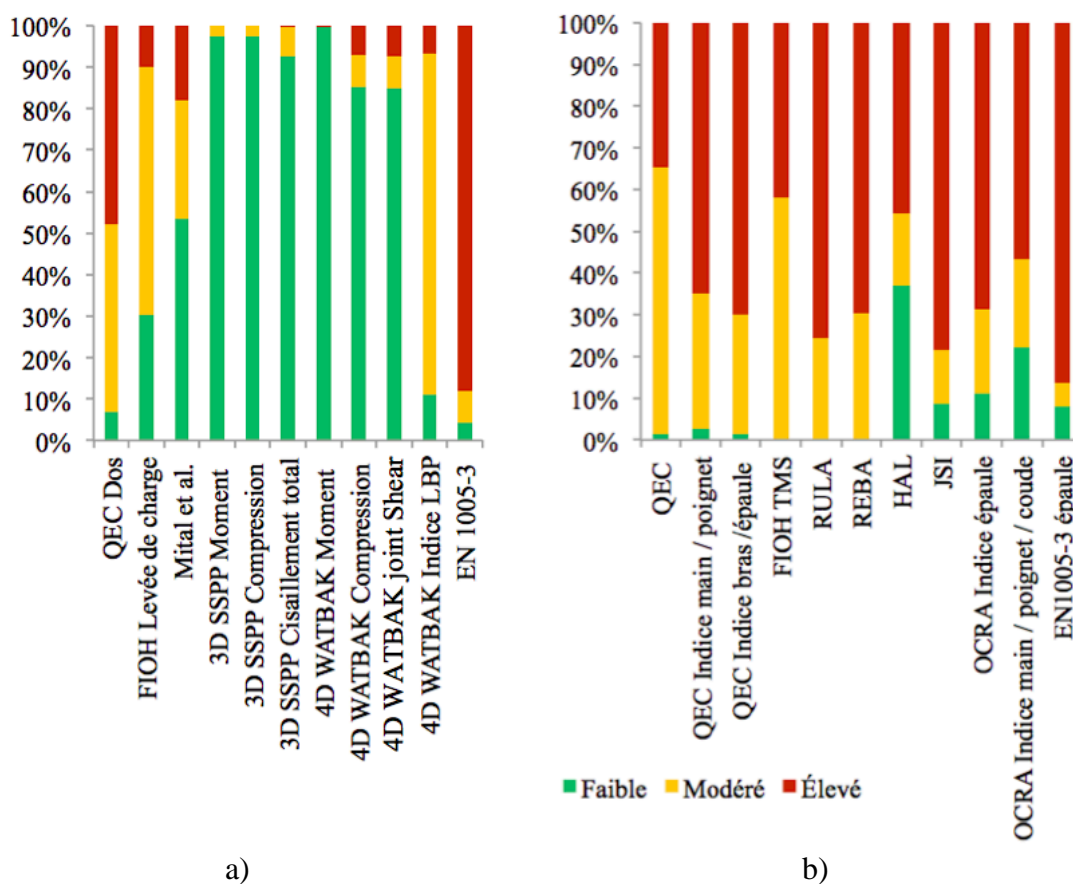


Figure 2: Distribution du niveau de risque pour tous les postes de travail analysés selon les résultats des différentes MEEFR de TMS; a) pour la région du dos (11 indices tirés de six méthodes), b) pour les membres supérieurs (11 indices tirés de huit méthodes).

La corrélation entre les indices ("scores") bruts pris deux à deux des MEEFR évaluant le risque au dos a été la plus élevée et l'accord a été le meilleur entre les indices biomécaniques, alors que le désaccord le plus grand et la corrélation la plus faible ont été observés entre EN1005-3 et 3DSSPP. Parmi les paires de méthodes comparées, près de la moitié d'entre elles évaluant le

risque au dos montraient des écarts de deux niveaux de risque pour un poste sur cinq. Dans le cas des membres supérieurs, plus de la moitié des paires de méthodes présentent un taux de désaccord de deux niveaux de risque pour une proportion des postes variant de 6 à 25 % selon la paire choisie. Les indices à caractère général (ex., QEC, FIOH TMS, RULA) ont un pourcentage d'accord élevé et montrent les meilleures corrélations. La norme EN1005-3 est de loin le plus conservatrice des méthodes, que ce soit pour le dos ou les membres supérieurs. Ce résultat tient vraisemblablement du fait que cette méthode est celle qui prend en compte le plus grand nombre de facteurs de risque; en ce sens, c'est la méthode la plus complète ce qui lui confère la meilleure validité apparente (« face validity »).

Les 18 établissements (12 usines et six pépinières forestières) ont été catégorisés en secteurs, puis les résultats des différents secteurs comparés deux à deux pour chaque MÉEFR. Certaines méthodes permettent de bien détecter des différences entre secteurs, alors que d'autres ne le permettent pas; certains secteurs comportent des facteurs de risque dominants pour le dos par rapport aux autres secteurs (ex., postures très contraignantes dans les pépinières) que certaines MÉEFR arrivent à bien faire ressortir (ex., 3DSSPP).

Certains auteurs proposent que plus d'une MÉEFR soit utilisée simultanément afin d'assurer une évaluation fiable. Nos résultats supportent ce constat. Toutefois, le praticien pourra se heurter à une problématique de coût et de temps supplémentaire liée à l'utilisation de plus d'une méthode (ex., OCRA vs QEC) (St-Vincent et al., 2009; Aubry, 2006). La comparaison des méthodes en fonction de l'identification des priorités d'intervention a permis de montrer que certaines exigeant moins d'effort peuvent produire des résultats semblables à d'autres plus coûteuses en temps en ce qui a trait à l'identification des postes à risque. Par exemple, l'indice QEC pour les mains et poignets permet d'identifier 74 % des postes, soit autant que par la méthode OCRA pour la même zone corporelle. L'écart relatif aux efforts exigés obtenu par la méthode OCRA comparativement à la méthode QEC est considérable (Aubry, 2006; Chiasson et al., 2012a; Malchaire et al., 2001). Il semble ici qu'une méthode qui permet une analyse plus simple et exigeant une collecte de données beaucoup moins importante pourrait constituer un substitut intéressant à une méthode plus complexe à utiliser et exigeant beaucoup plus de ressources. À titre d'exemple, notre expérience sur le terrain a permis de constater, qu'en moyenne, l'utilisation de la méthode OCRA a nécessité plus de quatre heures pour réaliser une évaluation de poste étant donné qu'elle demande une étude de temps. En comparaison, le temps nécessaire pour compléter toutes les sections de la méthode QEC a été, en moyenne, de moins d'une demi-heure, soit moins de 1/8 du temps pour obtenir les trois-quarts du résultat.

Nos résultats montrent que certaines combinaisons de méthodes utilisées chacune à un moment différent de l'intervention, permettent d'identifier la très grande majorité des postes susceptibles d'être les plus à risque et nous éclairent suffisamment sur les facteurs de risque à considérer lors de transformations. Ces combinaisons devraient également permettre de bien évaluer l'amélioration à la suite des transformations. Par exemple, le QEC peut être intéressant pour établir une priorité d'intervention parmi plusieurs postes candidats. Ensuite, pour les postes impliquant de la manutention de charges, le guide de Mital et al. (1997) fournit des valeurs guides permettant d'orienter les transformations et éventuellement d'en évaluer le succès.

L'analyse des résultats montre aussi que certaines méthodes pourraient être privilégiées si une approche plus conservatrice était recherchée. C'est le cas de la méthode JSI qui pourrait être favorisée par rapport à la méthode HAL. Les résultats montrent que JSI a identifié 97 % des postes considérés à risque élevé par HAL.

Certaines méthodes font une évaluation de risque en fonction du travail au poste, alors que d'autres font une évaluation du risque qui peut être influencée par des facteurs autres que la conception du poste lui-même (Lavender et al., 1999). Ceci soulève des questions quant au choix d'une méthode pour comparer des postes. C'est le cas de 3DSSPP et 4DWATBAK qui évaluent le risque à partir de la posture d'un travailleur qu'on observe et donc qui tiennent compte des caractéristiques individuelles du sujet (poids, taille, sexe) et de sa façon de travailler. Cet aspect est intéressant pour un praticien qui veut évaluer la charge de travail d'une personne en particulier à un poste (ex. travailleur ayant des limitations fonctionnelles). Il ne pourrait avoir recours à une méthode comme les tables de Mital et al. (1997) pour arriver aux mêmes fins.

D'un point de vue pratique, les méthodes permettant de tenir compte de l'opinion du travailleur sont à privilégier si des transformations sont envisagées, puisqu'elles permettent d'obtenir une information plus complète sur les contraintes vécues par le travailleur à son poste (ex., la qualité de la prise sur un objet ne peut pas se mesurer ni s'observer de façon fiable; il faut interroger le travailleur). Toutefois, certaines précautions sont de mise étant donné que les travailleurs d'expérience ont tendance à sous-estimer l'effort requis lorsqu'une échelle de Borg est utilisée (Mital et al., 1993). De plus, les praticiens devraient être au fait des principaux inconvénients associés à l'utilisation des méthodes. Par exemple, il faut savoir que le principal défaut des méthodes QEC, RULA et REBA réside dans leur manque de sensibilité lors de l'évaluation des tâches de manutention (St-Vincent et al., 2009; Aubry, 2006). Pour la méthode OCRA, si la tâche rencontre certains critères comme un pointage de 5 sur l'échelle de Borg et une durée supérieure à 10 % du temps de cycle, un facteur extrêmement pénalisant est ajouté, de sorte que l'impact sur l'indice final est très important. (Chiasson, 2011).

Bien que les résultats des études montrent que certaines méthodes peuvent être équivalentes pour une première étape de dépistage des postes les plus à risque (ex. QEC par rapport à OCRA), il reste qu'elles sont complémentaires dans le cadre d'une intervention plus large visant la réduction de l'exposition aux facteurs de risque de TMS. Une entreprise pourrait décider dans un premier temps d'utiliser la méthode QEC pour identifier les postes où elle devrait effectuer des changements en priorité, puis avoir recours à la méthode OCRA afin de réaliser une analyse plus fine aux postes prioritaires puisque celle-ci tient compte de plus de variables dans la détermination de l'indice de risque. Également, le moment de force au dos obtenu à partir d'un calcul biomécanique en combinaison avec la norme EN 1005-3 fournit une combinaison intéressante de méthodes qui permet de prendre en compte un plus grand nombre de variables.

L'utilisation de plus d'une méthode peut non seulement aider à prioriser les interventions, mais aussi à évaluer des facteurs de risque non pris en compte par l'une ou l'autre d'entre elles. Si l'on choisit d'utiliser plus d'une méthode, la séquence dans laquelle on devrait les appliquer devient importante. Certaines méthodes moins conservatrices, telles que 3DSSPP ou 4DWATBAK, ne fourniraient possiblement que peu d'information supplémentaire intéressante quant à la priorité d'intervention, si elles étaient appliquées après la méthode QEC par exemple. Toutefois, l'utilisation de plus d'une méthode peut rapidement engendrer un coût prohibitif pour le praticien.

Aucune information n'est disponible dans la littérature en ce qui concerne la complémentarité des MÉEFR de TMS. Le lecteur intéressé est invité à consulter Chiasson et al. (2012a) pour plus de détails concernant la comparaison des MÉEFR pour les membres supérieurs.

3.2.3 Déclaration de douleur musculo-squelettique et évaluation du poste de travail

L'EWA du FIOH est une méthode dite de profil de poste en ce qu'elle permet l'évaluation de 14 aspects d'un poste de travail (ex., posture, activité, manutention, exigences cognitives, etc.) sur des échelles qui lui sont propres. Cette méthode exige l'évaluation de chacun de ces aspects par un expert en ergonomie ainsi que par le travailleur réalisant l'activité de travail. Des données ont été recueillies auprès de 473 travailleurs (45 de la grande entreprise d'assemblage d'appareils électroménagers, 53 des quatre entreprises du secteur des plastiques et des composites, et 375 des pépinières forestières) occupant 182 postes de travail répartis dans trois secteurs. Ces données ont été utilisées pour comparer l'évaluation faite par le travailleur de son poste en regard de chacun des cinq aspects en lien avec les TMS du FIOH selon qu'il déclare ou non de la douleur au cours des 12 derniers mois et au cours des sept derniers jours. Ces comparaisons ont également porté sur les évaluations subjectives décrites au sous-objectif b) de la section 2.2.

Lorsque comparée à celle de la population du Québec, la déclaration de douleur chez les travailleurs de l'électroménager a été significativement ($p < 0.05$) plus élevée au haut du dos, au bas du dos et aux membres supérieurs au cours des 12 derniers mois, et significativement plus élevée aux membres supérieurs chez ceux des deux autres secteurs étudiés (EQCOTESST: Vézina et al., 2011). Globalement, plus de 80 % des travailleurs interrogés ont déclaré de la douleur pour au moins une région corporelle en lien avec leur travail au cours des sept derniers jours.

Les résultats des évaluations faites par l'expert montrent qu'une majorité des postes de travail de l'échantillon présentait un risque lié aux TMS variant de modéré à élevé. Également, selon l'aspect évalué du FIOH, l'expert a eu tendance à évaluer le niveau de risque de 2 % à 35 % plus élevé aux postes de travail par rapport aux perceptions des travailleurs eux-mêmes affectés à ces postes. Ce résultat étaye la conclusion d'Imbeau et al. (2012a) à l'effet que les travailleurs qui ne sont pas formés à reconnaître les facteurs de risque de TMS tendent à sous-estimer ce risque lorsqu'il est présent dans leur travail. Les comparaisons montrent que les travailleurs déclarant de la douleur en lien avec leur travail (premier groupe) au cours des sept derniers jours, et dans une moindre mesure au cours des 12 derniers mois, ont tendance à évaluer plus négativement (de 7 à 11 %) les conditions à leur poste de travail selon les cinq aspects évalués par le FIOH, par rapport aux travailleurs ne déclarant pas de douleur (second groupe). Pourtant, l'évaluation faite par l'expert ne montre pas de différences entre les deux groupes. Ce résultat indique que l'évaluation plus négative des travailleurs déclarant de la douleur est probablement davantage liée au fait qu'ils perçoivent leur travail plus difficile en raison de la présence de douleur ou du fait qu'ils se sentent plus vulnérables (Donders et al., 2007) plutôt qu'aux conditions réelles au poste de travail. D'autre part, il se peut également que les travailleurs ne déclarant pas de douleur sous-estiment le risque réel à leur poste de travail. L'évaluation subjective faite par les travailleurs en ce qui a trait à la qualité ergonomique de leur poste de travail et au besoin d'y faire des changements montre des différences significatives entre les deux groupes de travailleurs. De

façon générale, l'expert évaluait plus négativement la qualité ergonomique du poste que le travailleur qui y était affecté et voyait plus souvent que le travailleur la nécessité d'y apporter des changements.

3.2.4 Suivi d'interventions: comparaison avant et après transformations

Dans l'échantillon de 224 postes de travail évalués, 24 sont des évaluations ayant eu lieu après que des transformations eurent été implantées. C'est donc dire que seulement 12 % des situations de travail de l'échantillon ont fait l'objet de transformations et donc d'un suivi dans le temps. Ce petit échantillon n'a pas permis d'évaluer la durabilité et la rentabilité des interventions (sous-objectif c) de la section 2.2 et sous-objectif d) de la section 2.3). Un total de 65 activités de travail a été documenté à ces 24 postes provenant de 10 usines appartenant à six entreprises manufacturières. Les temps de cycle à ces postes variaient de deux secondes à 4 h 45 min (moyenne de presque 40 min, médiane de 3 min 53 sec). L'ampleur des transformations au poste de travail a été évaluée par les responsables des projets comme étant: très importantes (n=3), notables (n=8), moyennes (n=9) et mineures (n=4). Par ailleurs, les aspects les plus touchés par les interventions sont les suivants: outils et équipements (n=22), aménagement du poste de travail (n=17), méthode de travail (n=10), formation des travailleurs (n=11), environnement de travail (n=9). En se basant sur les catégories de Zwering et al. (1997) pour classer les interventions selon les stratégies employées, les résultats montrent que six interventions entrent dans la catégorie « Intervention d'ingénierie », alors que toutes les autres (n=18) ont employé des stratégies multiples. Le suivi de ces interventions nous indique que le coût des transformations a varié de 150 \$ à 200 000 \$ (moyenne de 32 300 \$, médiane de 3150 \$) et que le délai de réalisation de l'intervention a varié de 1,5 mois à 36 mois (moyenne de 13,25 mois, médiane de 11 mois).

Les données d'évaluation au moyen des 11 MÉEFR ont été comparées avant les transformations et après celles-ci. De la même façon, l'évaluation de l'expert quant au niveau de risque aux postes, les douleurs déclarées par les travailleurs affectés à ces postes et les perceptions des différents acteurs (échelles subjectives du sous-objectif b) de la section 2.3) ont aussi été comparées. Les résultats montrent que les indices bruts de chaque méthode se sont améliorés de 10 % en moyenne (toutes méthodes confondues) à la suite de l'intervention. Dans 61 % des cas, il y a eu réduction de l'indice (réduction de l'exposition aux facteurs de risque de TMS au poste) grâce aux transformations, dans 22 % des cas aucun changement n'a été constaté tandis que dans 17 % des cas on notait une détérioration de l'indice (augmentation de l'exposition aux facteurs de risque au poste). Les plus grands changements dans l'indice ont été obtenus avec HAL et JSI, alors que les plus petits ont été obtenus avec l'indice de compression au dos du 3DSSPP et OCRA. Néanmoins, dans 67 % des interventions le changement de l'indice n'a pas été suffisant pour entraîner un changement dans la catégorie du risque (ex., de élevé à modéré, ou de modéré à faible). Dans 28 % des cas, la catégorie de risque a changé pour le mieux à la suite de l'intervention, alors que dans 4 % des cas le risque s'est accru. D'un point de vue pratique, selon les catégories de risques propres aux méthodes, les changements apportés aux postes de travail n'ont pas réduit l'exposition aux facteurs de risque dans la grande majorité des interventions. Les résultats suggèrent par ailleurs que le jugement de l'expert est plus juste que la catégorisation de risque offerte par les différentes méthodes, celui-ci observant une amélioration significative

($p < 0,008$) de l'indice de risque au poste dans 54 % des cas comparativement à 28 % pour les catégories proposées par les méthodes. Si l'on considère que l'expert a raison, alors il semble que les catégories définies par les auteurs des méthodes soient trop larges pour détecter une réduction de l'exposition aux facteurs de risque lorsqu'elle est bel et bien présente (selon l'expert). Par contre, il semble que l'indice brut de chaque méthode soit trop fin en ce sens qu'il indique un changement lorsque l'expert n'en voit pas. Il semble donc que les catégories définissant les niveaux de risque soient utiles, mais qu'elles nécessitent d'être ajustées pour coller de plus près au jugement d'un expert. En ce qui concerne les douleurs ressenties par les travailleurs au cours des sept derniers jours, on observe une diminution significative ($p < 0,05$) de l'intensité aux épaules, aux coudes, aux avant-bras/poignets/mains et aux genoux à la suite de l'intervention. Finalement, la perception des acteurs quant au poste de travail s'améliore significativement ($p < 0,04$) sur les deux échelles (qualité ergonomique et nécessité du changement) à la suite de l'intervention, et ce, pour les trois acteurs principaux (l'agent d'amélioration continue, l'expert, les travailleurs affectés au poste).

3.3 Aspects économiques

3.3.1 Développement d'un outil de calcul des coûts indirects

Comme indiqué à la section 2.3, les travaux portant sur le troisième objectif ont débuté par le développement d'un outil permettant d'estimer le coût indirect des accidents de travail. Une analyse ciblée et critique de la littérature scientifique consacrée à l'évaluation des coûts indirects a d'abord été réalisée. Vingt-neuf études ont été sélectionnées et analysées afin de faire ressortir les points d'amélioration nécessaires à une adaptation des travaux de recherche aux contraintes de temps et de précision des intervenants sur le terrain. Cette revue de la littérature a également conduit à l'identification de quatre critères que devraient respecter les outils d'évaluation des coûts indirects destinés aux preneurs de décisions des milieux de travail:

- Laisser l'utilisateur déterminer les composantes de coûts qu'il souhaite inclure dans le calcul compte tenu de la situation de son entreprise et des données disponibles;
- Développer un modèle flexible qui répond aux besoins de différents types d'utilisateurs;
- Présenter la démarche d'utilisation du modèle sur au moins un cas concret;
- Évaluer la perte de productivité en prenant en compte la période de friction.

Quatre bases de développement d'un tel outil ont également été établies. À partir de celles-ci, un modèle conceptuel d'évaluation des coûts indirects en deux étapes a été mis au point: la première étape de « mise en place » consiste à rassembler toutes les données nécessaires au calcul des coûts indirects. La seconde étape d'« utilisation » permet de calculer, à partir des données recueillies lors de l'étape précédente, le coût indirect d'un événement selon certains paramètres qui lui sont propres comme sa nature (premiers soins, visite médicale, etc.), la durée de l'absence ou de l'assignation temporaire et la productivité du travailleur pendant cette période. Le lecteur intéressé est invité à consulter Jallon et al. (2011a) pour plus de détails sur cette revue de la littérature et sur le modèle développé.

En utilisant le modèle conceptuel élaboré et en se basant sur les données concrètes récoltées dans 10 entreprises de tailles et de secteurs d'activité variés (une entreprise d'assemblage d'appareils électroménagers, trois des six usines de l'entreprise manufacturière de départ, cinq pépinières

forestières publiques et une usine du secteur agroalimentaire), un outil de calcul des coûts indirects a été élaboré. Cet outil inédit utilise notamment un logiciel de cartographie des processus pour représenter sur deux niveaux la réponse organisationnelle à un accident de travail. Le processus de premier niveau présente une vue globale des différentes procédures auxquelles peut faire appel la réponse organisationnelle à un accident de travail. Les procédures correspondant au second niveau permettent de décrire précisément les actions prises et le temps consacré par chaque intervenant. La réponse organisationnelle à chaque accident est composée d'une succession de procédures dont le coût est lié au temps et à la fréquence des actions des différents intervenants (Jallon et al., 2011b). L'outil final de calcul des coûts indirects fonctionne en deux étapes: lors de l'étape de « mise en place », ponctuelle, les informations nécessaires au calcul du coût sont collectées au moyen d'entrevues avec les personnes responsables de la SST ou des ressources humaines (RH) et la réponse organisationnelle est alors cartographiée sur les deux niveaux. La seconde étape « d'utilisation » identifie automatiquement, pour chaque événement, les procédures impliquées et additionne leur coût afin de déterminer le coût indirect total de l'évènement. Ainsi, une fois l'étape de « mise en place » réalisée, le calculateur fonctionne avec les données propres à chaque événement telles que le type d'évènement (premiers soins, visite médicale), le nombre de jours de perte de temps, le nombre de jours d'assignation temporaire et la productivité du travailleur pendant cette période. La plupart de ces informations sont contenues dans les statistiques d'évènements des entreprises. Toutefois, le nombre de jours consacrés aux travaux légers et la productivité du travailleur pendant cette période n'apparaissent pas directement dans le fichier de statistiques d'évènement et des recoupements ont été réalisés avec le système de la paye pour les obtenir. Le lecteur intéressé est invité à consulter Jallon et al. (2011b), ainsi que la thèse de doctorat de Romain Jallon (2011) pour plus de détails sur la mise en place de cet outil de calcul des coûts indirects et un exemple concret de son utilisation dans une entreprise.

3.3.2 Mise en relation de l'évaluation des facteurs de risque à un poste de travail et le coût des accidents

Les données ayant servi à la mise en relation de l'évaluation des facteurs de risque avec les coûts des accidents proviennent de quatre entreprises de l'échantillon (deux des six usines de l'entreprise manufacturière de départ œuvrant dans le secteur du plastique et des composites, et deux pépinières forestières publiques). En effet, les informations contenues dans les statistiques d'accident se sont révélées disparates entre les entreprises et, malgré un important travail d'uniformisation des données, plusieurs analyses n'ont pu être réalisées que dans certaines entreprises. Par exemple, l'absence d'information sur le poste de travail dans la déclaration d'évènement dans six entreprises a rendu impossible la mise en relation du niveau de risque tel qu'évalué par les MÉEFR de TMS avec les coûts indirects (section 3.3.1). Aucun moyen n'a permis de retrouver cette information.

Au total, 38 postes de travail jugés à risque (voir début de la section 3.2) ont été sélectionnés pour participer à cette partie de l'étude. Les facteurs de risque à chacun de ces 38 postes ont été analysés au moyen du QEC, ainsi que de l'EWA du FIOH, même si cela n'était pas prévu au départ (données issues des travaux décrits à la section 3.2). Le FIOH a aussi été utilisé parce qu'il offre une évaluation plus globale d'un poste contrairement au QEC qui fournit de l'information uniquement sur les TMS. Pour chaque évaluation avec le QEC, un niveau d'exposition E, variant

entre 0 et 1, a été calculé selon l'approche utilisée par Brown et Li (2003). Pour chaque poste de travail sélectionné, d'une à quatre évaluations ont été réalisées en ayant recours au QEC. La moyenne de ces évaluations a été utilisée pour calculer le pointage QEC associé au poste de travail. Un pointage global de FIOH a également été compilé pour chaque poste de travail en accordant la même importance à l'évaluation de l'expert qu'à celle du(des) travailleur(s) du poste. Le pointage FIOH global (entre 0 et 10) est obtenu en faisant la moyenne des pointages des 14 aspects évalués. Au final, un pointage QEC et FIOH moyen décrivant une exposition globale à des facteurs de risque est obtenu pour chaque poste de travail sélectionné.

Par la suite, des recoupements ont été réalisés à partir des fichiers de statistiques d'évènements des entreprises afin de dresser la liste des accidents survenus à chaque poste de travail évalué avec le QEC et le FIOH. Les lésions professionnelles de type TMS ont été différenciées des autres évènements afin de pouvoir les associer indépendamment au pointage QEC. Les évaluations des postes de travail avec le QEC et le FIOH ayant eu lieu en 2006 et 2007 et aucun poste de travail n'ayant subi de modifications au cours des trois années précédant leur évaluation, la période de recoupement s'est échelonnée de 2005 à 2008 dans les entreprises du secteur de fabrication de produits en matière plastique et de 2004 à 2009 dans le secteur des pépinières forestières. Le recoupement avec la base de données de statistiques d'évènements a été ajusté pour les trois postes ayant fait l'objet de modifications, selon que les évènements soient survenus avant ou après les modifications. Seuls deux de ces postes ont connu des évènements après les modifications.

À partir de la liste des 593 évènements, les coûts directs ont été tirés de chaque dossier ouvert auprès de la CSST (montant versé par la CSST pour l'évènement). Les coûts directs ne sont disponibles que pour les accidents avec perte de temps indemnisée de trois entreprises, la quatrième n'ayant pas souhaité que nous accédions à ses données confidentielles. Le calculateur de coûts indirects (3.3.1) a ensuite été mis à profit pour obtenir le coût indirect de chacun des 593 évènements. Une base salariale de 2009 a été utilisée afin d'éliminer l'effet de l'année lors des analyses. Le coût indirect de chaque évènement a été standardisé par entreprise pour éliminer l'effet d'entreprise. Le coût direct n'a pas été standardisé puisqu'il provient, pour toutes les entreprises, du même organisme, soit la CSST, mais il a été actualisé pour chaque évènement, entre 2004 et 2008, sur une base annuelle de 2009 à partir de l'indice des prix à la consommation (Statistique Canada). Deux bases de données ont finalement été créées: 1) une base de données de 593 évènements comprenant pour chaque évènement le pointage FIOH, le coût indirect et le coût direct (pour les évènements ayant occasionné une perte de temps); et 2) une autre de 195 évènements de type TMS comprenant le pointage QEC, le coût indirect et le coût direct.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre le QEC et les coûts indirects ($p=0,712$), ni entre le QEC et les coûts directs ($p=0,645$). Il n'y en a pas non plus entre le FIOH et les coûts indirects ($p=0,236$), ni entre le FIOH et les coûts directs ($p=0,570$). Certaines analyses supplémentaires ont été conduites pour tenter de trouver une dépendance entre le pointage décrivant un niveau de risque au poste de chaque MÉEFR et les coûts indirects et directs (c.-à-d., analyse par entreprise; analyse par poste de travail; analyse ciblée avec le FIOH pour les postes de travail ayant plus de 10 évènements; analyse orientée sur la partie du corps impliquée dans l'évènement en utilisant les pointages indépendants composant chacun des indices). Aucune de

ces analyses n'a montré de corrélation significative entre le niveau de risque tel qu'évalué par les MEEFR et les coûts directs et indirects.

Les quatre entreprises retenues pour cette étude ont servi de terrain d'essai pour tester l'existence de la relation entre les niveaux de risque et les coûts directs et indirects des accidents de travail. Un nombre relativement faible de couples QEC/coûts et FIOH/coûts ont pu être exploités. Lors de futures recherches, des analyses similaires pourraient être menées avec un nombre plus important de couples score d'exposition/coûts, et des mises en relation pourraient être effectuées avec d'autres MEEFR (ex., OCRA, RULA, REBA, OWAS), afin de confirmer l'indépendance des niveaux de risque et des coûts directs et indirects. D'ici là, il ressort de cette partie de l'étude que l'évaluation des facteurs de risque doit être réalisée indépendamment de l'évaluation des coûts. Cette indépendance fait qu'il est plus difficile de convaincre les intervenants en SST d'évaluer les facteurs de risque, car cette évaluation ne peut pas être reliée à un incitatif économique direct s'exprimant sous la forme de coût d'accidents. L'évaluation du niveau de risque est pourtant considérée comme un bon indicateur prospectif pour détecter une situation de travail à risque — le niveau de risque peut être élevé même s'il n'y a pas eu d'événement sur le poste évalué — et elle fournit à l'utilisateur de nombreuses pistes pour la mise en place d'actions correctives afin d'améliorer le poste de travail. Stricoff (2000) incite d'ailleurs à délaisser des indicateurs rétrospectifs basés sur les statistiques d'accidents (auxquelles un coût peut être rattaché) pour des indicateurs « prospectifs », tels que la mesure de l'exposition aux facteurs de risque, pour évaluer un programme de prévention. En révélant une relation associant les coûts et les niveaux de risque, cette étude aurait rendu possible l'utilisation d'un indicateur économique qui constituerait un bon incitatif à l'investissement en prévention, au moment de l'analyse du poste de travail par une MEEFR.

3.3.3 Transformations des postes de travail, recommandations et analyses complémentaires

Pour trois postes de travail ayant subi des transformations, les données obtenues avant et après les modifications montrent que les coûts indirects moyens sont restés constants pour l'un d'eux (malgré une diminution des scores de QEC et de FIOH), qu'ils ont presque doublé pour un autre (malgré une diminution des scores de QEC, mais une augmentation du score du FIOH) et qu'ils ont diminué pour le troisième malgré une augmentation des scores de QEC et de FIOH. Ces données sont donc peu exploitables même s'il faut nuancer ce résultat compte tenu du fait que la période de recoupement avec les statistiques d'accidents s'étale sur trois ans avant les modifications contre une année seulement après les modifications. Toutefois, le nombre de transformations exploitables aux fins de cette étude s'est révélé très inférieur à ce qui avait été prévu initialement, notamment à cause du contexte économique difficile de l'entreprise manufacturière, du fait que les entreprises ont eu un rythme de transformation des situations à risques très en deçà de ce qui était prévu à l'origine, et du fait que les pépinières se sont livrées à des transformations macroscopiques dépassant largement le cadre du poste de travail. Toutefois, à la demande des entreprises, deux analyses complémentaires ont été réalisées pour apporter des éléments de réponse au comportement des coûts indirects. Dans une première étude, les coûts indirects des accidents de travail des 10 établissements (cinq usines manufacturières et cinq pépinières publiques) ont été calculés selon huit scénarios d'évènements (sans premiers soins, avec premiers soins, avec premiers soins suivis d'une visite médicale et d'une enquête et analyse

d'accident, trois jours d'arrêt de travail et enquête et analyse d'accident, 10 jours d'arrêt de travail et enquête et analyse d'accident, trois jours de travaux légers et enquête et analyse d'accident, 10 jours de travaux légers et enquête et analyse d'accident, 20 jours d'arrêt de travail suivis de 20 jours de travaux légers contestés par l'entreprise et enquête et analyse d'accident).

L'étude de ces scénarios montre que les coûts indirects varient de façon importante selon la gravité et la durée de l'évènement. En effet, un évènement sans premiers soins coûte en moyenne 24,10 \$, un évènement avec premiers soins coûte 43,50 \$, alors qu'un évènement avec visite médicale coûte en moyenne 301,90 \$. La différence de coût indirect entre un évènement de 3 jours d'arrêt de travail (433,10 \$) et 10 jours d'arrêt de travail (468,00 \$) est faible. Cette faible différence s'explique par le fait qu'en arrêt de travail, le salaire du travailleur blessé est entièrement à la charge de l'organisme d'assurance collective. Le coût indirect moyen d'un évènement de trois jours de travaux légers est de 845,90 \$, alors que celui de 10 jours de travaux légers coûte 1850,10\$. Le coût associé aux travaux légers réalisés par le travailleur explique cette différence (le coût indirect lié au temps perdu uniquement par le travailleur passe de 516,60 \$ à 1443,70 \$). En ce qui concerne les coûts indirects, les coûts sont donc logiquement largement plus élevés quand le travailleur est en assignation temporaire (et donc à la charge de l'entreprise) qu'en arrêt de travail. Certaines actions administratives sont également prises pour superviser le travailleur en travaux légers. Le nombre d'actions prises par les intervenants est par ailleurs plus de 25 % plus élevé dans le cas d'un évènement de 10 jours de travaux légers par rapport à un évènement de 10 jours d'arrêt de travail. Un évènement contesté de 20 jours d'arrêt de travail et de 20 jours de travaux légers coûte en moyenne 4493,60 \$ à l'entreprise, requiert 189 actions différentes et fait perdre à l'organisation plus de 182 h de travail. Entre les entreprises, c'est surtout la manière et le délai pour remplacer le travailleur blessé qui a un impact sur les coûts indirects. Plusieurs mécanismes ont d'ailleurs été identifiés dans les entreprises afin de limiter au maximum les pertes de production:

- Mise en place d'une équipe de réserve: la plupart des entreprises qui ont participé à cette étude disposent d'une équipe «de réserve», composée d'employés permanents ayant les compétences pour travailler sur tous les postes. L'entreprise peut avoir recours à des travailleurs de cette équipe de réserve pour remplacer très rapidement un travailleur absent.
- Recours aux heures supplémentaires: un travailleur du quart de travail suivant ou précédant celui du travailleur blessé peut être appelé pour un remplacement en temps supplémentaire. La productivité du travail reste alors inchangée, mais la masse salariale augmente.
- Embauche d'un travailleur sur liste de rappel: certaines entreprises disposent d'une liste de rappel composée de travailleurs récemment mis à pied. L'entreprise peut alors choisir de réembaucher ce travailleur déjà formé. Dans ce cas, la productivité du travail est inchangée (en général, le temps pour faire la tâche reste identique). Notons que la constitution d'une liste de rappel est possible lorsqu'il n'y a pas de pénurie de main-d'œuvre et que le travail réalisé n'a pas besoin de qualifications particulières.
- Embauche d'un nouveau travailleur: dans les entreprises participant à l'étude, une seule a précisé avoir parfois embauché un travailleur lorsqu'un poste est laissé vacant en raison d'une absence de longue durée. Cette embauche, qui est suivie d'une formation de 10 jours, contribue à faire augmenter très significativement le montant du coût indirect de l'évènement.

- Transfert du travail aux autres travailleurs de l'équipe: cette option n'est généralement privilégiée que dans le cas d'une absence courte (quelques jours au maximum) et conduit à une économie directe de salaire au niveau du poste de travail (la productivité augmente).
- Décision de non-remplacement: dans certains cas, l'entreprise peut décider de ne pas remplacer le travailleur blessé, notamment si son travail n'est pas prioritaire. Dans ce cas, la production diminue, mais le nombre d'heures travaillées diminue aussi. Le modèle de calcul des coûts indirects devrait alors comptabiliser la perte du chiffre d'affaires liée à la diminution du nombre d'heures travaillées.

Des régressions linéaires ont également été réalisées afin d'identifier l'impact du nombre de jours d'arrêt de travail ou de travaux légers sur les coûts directs et indirects. Il a également été tenté d'identifier un lien de linéarité entre le montant des coûts directs et celui des coûts indirects. Les résultats montrent que l'impact du nombre de jours de travaux légers est nettement plus important dans le coût indirect que celui du nombre de jours d'arrêt de travail. Le nombre de jours d'arrêt de travail explique 14,8 % de la variance du coût indirect, tandis que le nombre de jours de travaux légers en explique quant à lui 59,5 %. L'impact du nombre de jours d'arrêt de travail est pour sa part nettement plus important dans le coût direct que celui du nombre de jours de travaux légers. Le nombre de jours d'arrêt de travail explique à lui seul 81,7 % de la variance du coût direct, tandis que l'impact du nombre de jours de travaux légers est non significatif dans le coût direct ($p=0,962$). Enfin, la linéarité entre le montant des coûts directs et celui des coûts indirects ne semble pas évidente: le montant des coûts directs n'est responsable que de 12,8 % de la variance du montant des coûts indirects. Ces résultats rejoignent ceux d'études antérieures: pour les accidents avec arrêt de travail, les coûts directs augmentent plus vite que les coûts indirects. Au contraire, pour les blessures moins graves (premiers soins, visite médicale), les coûts indirects sont plus importants, et nos résultats montrent que c'est également le cas pour les événements avec des travaux légers. Enfin, cette analyse met une nouvelle fois à mal l'existence d'un ratio entre les coûts directs et indirects, ce qui suggère l'abolition de l'utilisation d'un ratio coût direct, coûts indirects (Laufer, 1987a, b). Les coûts indirects représentent une proportion importante du coût d'un accident, proportion qui varie d'un accident à un autre. Ils méritent donc d'être évalués et intégrés dans le coût total d'un accident et ne pas les évaluer pourrait conduire à un calcul de rentabilité erroné et à de mauvaises décisions d'investissement en prévention.

De plus, à la demande de l'entreprise d'assemblage d'appareils électroménagers, une étude a été menée afin d'identifier s'il est plus rentable pour elle de garder un travailleur en travaux légers même s'il est non productif plutôt qu'il soit indemnisé par la CSST. En effet, au Québec, le mode de tarification rétrospectif destiné aux grandes entreprises répercute sur leur cotisation les montants versés par la CSST majorés d'un facteur de chargement; l'entreprise suppose que, compte tenu de ce facteur de chargement, elle est moins pénalisée en gardant son travailleur en assignation temporaire sur son lieu de travail, même s'il est très peu productif. Douze événements de type TMS survenus en 2009 ont été sélectionnés et les coûts directs et indirects de ces événements ont été évalués selon deux scénarios (scénario réel et un scénario où le travailleur est assigné à des travaux légers au lieu d'être en arrêt de travail), en utilisant le calculateur de coûts indirects (section 3.3.1) et le projecteur d'impact financier de chaque événement sur la cotisation mis au point par la CSST. Les résultats montrent que le scénario où l'employé est en assignation temporaire non productive coûte 10 % moins cher à l'entreprise que si le travailleur était en arrêt de travail. Il semblerait donc que les organismes responsables de

l'indemnisation des travailleurs blessés comme la CSST gagneraient à mettre en place des incitatifs financiers plus importants afin de favoriser le retour du travailleur blessé en travaux légers à son poste pour un maintien efficace du lien au travail.

Aussi, dans le cadre de cette étude, les chercheurs se sont livrés à d'autres analyses en mettant en relation plusieurs variables, telles que la nature et le siège de la lésion avec les coûts directs et indirects des lésions professionnelles. Les résultats inédits montrent une grande disparité dans le montant des coûts indirects selon le siège ou la nature de la lésion. Les différences entre les divers sièges ou natures de lésion sont d'ailleurs nettement plus marquées qu'entre les coûts indirects d'événements touchant des travailleurs d'âges différents. Un effort de généralisation de ces résultats (élaborées qu'à partir des données du secteur manufacturier) dans d'autres entreprises et secteurs d'activité devra être réalisé afin de regrouper en catégorie/secteur d'activités les coûts indirects par siège ou nature de lésion. Néanmoins, la mise en évidence de différences significatives de coûts directs et indirects entre les différents sièges et natures de lésion ouvre une nouvelle piste de recherche: étudier et calculer les coûts selon le siège et/ou la nature de lésion. Cet axe de recherche permettrait de diriger une partie des efforts de prévention vers les postes sollicitant le plus les parties du corps associées à des sièges de lésions coûteux afin de réduire l'incidence de certaines blessures spécifiques.

4. DISCUSSION GÉNÉRALE

Cette étude est la première à comparer un aussi grand nombre de MÉEFR de TMS à partir d'un échantillon de situations de travail aussi large, provenant d'entreprises de différentes tailles, de secteurs manufacturiers aussi variés et avec autant de travailleurs. Cette étude est aussi la première, à notre connaissance, à aller aussi loin dans l'étude des coûts en relation avec l'évaluation des facteurs de risque de TMS. Elle est originale d'une part, parce qu'elle fournit des connaissances pratiques sur plusieurs MÉEFR de TMS récentes en les mettant à l'essai dans des contextes réels et, d'autre part, parce qu'elle propose une approche novatrice pour évaluer les coûts indirects des accidents, en plus de fournir des connaissances nouvelles sur l'application de cette approche dans les usines participantes.

Les travaux portant sur le premier objectif de cette étude font ressortir deux résultats intéressants, notamment le fait qu'une cartographie des processus de production combinée à une évaluation des facteurs de risque (ex., TMS) apparaît comme une approche prometteuse pour intégrer la SST et la productivité lors de projets visant des transformations. Également, nos observations documentent la contribution de notre équipe de recherche comme facteur de l'évolution de la réflexion chez les acteurs clés du secteur des pépinières forestières tout au long de l'étude.

Les travaux portant sur le deuxième objectif, comparant 21 indices de 11 MÉEFR, montrent que les différentes MÉEFR de TMS publiées dans la littérature récente produisent des résultats contradictoires. L'identification des postes prioritaires en termes d'intervention dépend du choix de la méthode que l'on prévoit utiliser. Des analyses additionnelles plus fines en fonction de la nature de l'activité de travail permettraient probablement de préciser davantage le cadre d'utilisation de chacune des méthodes et leurs limites (David, 2005). Ainsi, une analyse selon le type de travail réalisé au poste ou selon des sous-groupes de caractéristiques de l'activité (i.e., assis, debout, avec ou sans manutention, variations importantes dans la posture), tel que proposée

par Kee et Karwowski (2007), permettrait de déterminer jusqu'à quel point les résultats des méthodes sont comparables (est-ce que les mêmes priorités d'interventions ont été identifiées?). Li et Buckle (1999a) indiquent que certaines méthodes ont souvent été développées dans un contexte de recherche, ce qui est susceptible de les rendre peu fiables lorsqu'appliquées dans un contexte réel (ex., RULA qui serait mal adaptée aux situations de travail hautement variées). Des analyses plus fines permettraient en outre de déterminer le poids ou l'impact de chacune des variables prises en compte dans le calcul de l'indice de plusieurs MÉEFR. Cette information pourrait éclairer le développement de nouvelles méthodes d'évaluation du risque de TMS.

Les travaux portant sur le deuxième objectif montrent que les transformations faites aux postes de travail en vue de réduire les risques de TMS ont eu un effet positif sur l'indice brut des MÉEFR dans 61 % des cas. Toutefois, la catégorie décrivant le niveau de risque a changé dans seulement 28 % des cas. Ainsi, même si le changement de l'indice d'une MÉEFR est statistiquement significatif, il n'est souvent pas assez élevé pour se traduire par un changement de catégorie de niveau de risque. Par ailleurs, les résultats montrent que l'expert en ergonomie est en mesure de détecter un changement dans l'exposition aux facteurs de risque dans 54 % des cas. En d'autres termes, les catégories de risques apparaissent trop larges pour montrer une amélioration dans certains cas alors que l'expert, lui, juge qu'elle est bel et bien présente. D'autre part, l'indice brut des méthodes lorsqu'utilisé seul serait trop fin, car il peut montrer une amélioration là où l'expert estime qu'il n'y en a pas vraiment. Ce résultat s'explique probablement par le fait que les auteurs des méthodes n'ont pas défini les plages d'indices décrivant des catégories de risque à partir de données de terrain avec des échantillons significatifs. Il y aurait donc lieu de redéfinir les valeurs de ces plages afin qu'elles reflètent plus fidèlement l'évaluation du risque faite par un expert. L'utilisation d'un groupe d'experts permettrait certes d'en arriver à des plages plus robustes et valides.

Les résultats de cette étude fournissent une information utile pour débiter la construction d'un arbre de décision, tel que proposé par Dempsey (2005) et David et al. (2005). Une partie de cette information est déjà présentée par Chiasson et al. (2012a). Un tel outil devrait guider le choix d'une ou de plusieurs méthodes selon le type d'intervention et selon la nature du travail effectué au poste, mais aussi de conseiller l'utilisateur sur la séquence dans laquelle les méthodes devraient être utilisées s'il en utilise plusieurs. L'outil devrait aussi fournir à l'utilisateur des recommandations quant à l'interprétation des résultats obtenus avec une méthode. Nos résultats montrent que certaines méthodes donnent des résultats comparables quant à l'identification des priorités d'intervention tout en exigeant moins de ressources. Même si quelques études (David, 2005; Malchaire et al., 2001; Takala et al., 2010) ont déjà procédé à des analyses qualitatives sur les méthodes d'observation et que certaines ont aussi produit des résultats quantitatifs, aucun document ou outil regroupant tous ces résultats n'est encore disponible pour les organismes responsables de la prévention, les entreprises et les praticiens. Un tel document ou outil faciliterait grandement le choix d'une méthode d'observation pour les non-chercheurs qui n'ont pas toujours accès à l'ensemble de la littérature scientifique traitant de ce sujet. L'intérêt d'un tel outil demeure évident.

La base de données qu'aura permis de constituer cette recherche contient une information détaillée sur plus de 200 postes de travail. Elle peut permettre de tester d'autres MÉEFR basées sur l'observation. Ainsi, certaines entreprises et associations sectorielles paritaires qui font le

choix d'adopter des méthodes d'observation différentes de celles comparées dans le cadre de ce projet pourraient les tester avec notre échantillon afin d'être en mesure de mieux comprendre les résultats qu'elles produisent par rapport aux autres méthodes.

Les travaux portant sur le troisième objectif de cette étude montrent qu'il est impossible d'obtenir une estimation fiable de coûts (directs ou indirects) à partir d'un score de QEC ou de FIOH ni même d'affirmer que les coûts augmentent lorsque le niveau de risque, tel que mesuré par ces MÉEFR, augmente; dans cette étude, les coûts directs et indirects des accidents de travail varient selon l'importance de l'événement. Dastous et al. (2008) décrivent les causes fondamentales des accidents comme étant l'erreur humaine, les défaillances technologiques et les défaillances organisationnelles. L'hypothétique relation entre le niveau de risque mesuré par le QEC et le FIOH et les coûts est donc sans doute affaiblie par le fait que les causes des accidents de travail sont multiples (Gardner et al., 1999; Katsakiori et al., 2010) et que ces MÉEFR sont incapables de mesurer toutes les causes pouvant conduire à un accident de travail. Si elles évaluent bien les risques liés à l'environnement de travail proche, elles sont moins efficaces pour appréhender les problèmes inhérents à la formation, à la philosophie de gestion, au contrôle du travail, à l'erreur humaine, à la capacité physique du travailleur, même si certains de ces aspects sont partiellement pris en compte dans l'évaluation effectuée par le travailleur. Un autre facteur contribuant à affaiblir la relation entre les coûts et le résultat fourni par une MÉEFR est sans aucun doute relié à la mobilité des travailleurs: un travailleur qui œuvre à un poste de travail physiquement contraignant peut demander une réaffectation à un poste de travail moins difficile et se blesser en occupant ce poste. La blessure associée à une exposition peut donc se produire ailleurs que là où le risque est présent. Lors de futures recherches, une attention particulière à la relation niveau de risque/coûts devra être portée au regard de l'événement et du travailleur plutôt qu'à celui du poste de travail. Le niveau de risque devrait donc être évalué pour le travailleur blessé sur l'ensemble des postes de travail où il a œuvré sur une période de temps préétablie, pour prendre en compte l'historique de son exposition. Un niveau d'exposition global pourrait alors être compilé à partir des durées d'exposition et des niveaux de risque évalués pour chacun des postes de travail où le travailleur blessé a travaillé sur la période définie. Pour rendre possible une telle collecte de données, il faudra assurer: 1) un suivi serré des travailleurs et de leur ancienneté aux différents postes de travail, et 2) une évaluation des facteurs de risque au moyen de MÉEFR à chaque poste et à chaque fois qu'un événement survient. Il s'agit d'un travail colossal.

L'identification de la méthode permettant le mieux d'estimer le risque réel à un poste de travail reste difficile, puisqu'il n'existe pas de mesure étalon (Takala et al., 2010) ou de données épidémiologiques suffisantes associées à chacune des méthodes. L'utilisation d'une mesure de référence du risque réel associé à un poste aurait pu permettre d'évaluer la justesse de l'évaluation du risque par les différentes méthodes, mais aucune MÉEFR ne fait consensus à l'heure actuelle en ce qui a trait à l'évaluation du risque à un poste de travail. Aussi, l'estimation du risque réel en termes de taux d'incidence des blessures musculo-squelettiques à chacun des postes étudiés nécessite un effort colossal qui dépassait largement le cadre de cette étude. Bien que cela puisse paraître comme une limite de cette étude, il n'en est rien puisque l'objectif était ici de comparer différentes méthodes pour un ensemble de postes jugés préoccupants en ce qui a trait aux TMS.

Étant donné la somme de méthodes publiées au cours des dernières années, d'autres études devraient être réalisées de préférence avec de grands échantillons de postes dans des milieux de

travail variés. Il serait fort intéressant de pouvoir appliquer ces méthodes à des situations de travail comportant un éventail plus large de niveaux de risques pour les TMS (pas uniquement des postes jugés préoccupants).

En révélant une relation associant les coûts et les niveaux de risque, cette étude aurait rendu possible l'utilisation d'un indicateur économique qui aurait constitué un bon incitatif à l'investissement en prévention, au moment de l'analyse du poste de travail par une MÉEFR. L'échec de cette mise en relation ne fait qu'augmenter la nécessité de développer des méthodes de calcul des coûts le plus prospectives possible. La prédiction du coût des accidents de travail est un axe de recherche pertinent dans la mesure où la justification des coûts associés aux interventions ergonomiques avant l'implantation peut aider à sécuriser la direction dans les changements proposés (Goggins, et al., 2008).

Un système informatique de collecte de données d'accidents de travail rigoureux devrait également être implanté dans les entreprises afin de disposer de données uniformes et complètes pour la prévention des situations de travail à risque. En effet, les collectes de données réalisées dans les entreprises lors de cette étude montrent que les déclarations d'évènement (souvent en format papier) sont généralement mal remplies, complétées deux fois ou tout simplement absentes. Les entreprises gagneraient également à indiquer le poste de travail sur lequel le travailleur s'est blessé. L'absence de cette information n'a pas permis d'inclure toutes les entreprises dans cette partie de l'étude. Il s'agit de l'une de ses limites. Un système informatique simple devrait permettre de maintenir des statistiques d'accidents exploitables et de les actualiser. Ainsi, l'entreprise pourrait les utiliser afin de réaliser un meilleur suivi de ses évènements et faire ressortir les postes pour lesquels le coût des accidents est le plus élevé, afin d'y orienter en priorité les efforts de prévention et les investissements. Même si l'utilisation des statistiques d'accident n'est pas un bon indicateur du niveau de risque à un poste de travail à cause de l'aspect probabiliste de tout accident (Stricoff, 2000), cette stratégie peut toutefois constituer un bon point de départ pour la prévention dans les milieux de travail.

5. CONCLUSION

Cette étude a comparé plusieurs MÉEFR de TMS à partir d'un échantillon très large de postes de travail jugés préoccupants en ce qui a trait aux TMS, provenant d'entreprises de tailles différentes dans des secteurs manufacturiers variés. Un grand nombre de travailleurs y ont participé. La taille de cet échantillon et la diversité des secteurs d'activité donnent à l'étude un caractère particulièrement général. Cette étude comportait trois grands objectifs. Les travaux portant sur le premier de ces objectifs suggèrent une nouvelle combinaison de méthodes existantes pour intégrer SST et productivité dans les projets de transformation. Ils montrent aussi la contribution des chercheurs à l'évolution de la réflexion d'acteurs industriels. Le deuxième objectif portait sur la comparaison de plusieurs MÉEFR de TMS tant du point de vue de leur évaluation du niveau de risque à un poste que de leur utilisabilité pour le praticien. Ces comparaisons ont permis de dégager un ensemble de résultats inédits et à portée pratique pour les praticiens. En particulier, cette étude permet au praticien d'avoir une bien meilleure idée de ce à quoi il peut s'attendre lorsqu'il fait le choix d'utiliser l'une des MÉEFR testée plutôt qu'une autre pour effectuer l'évaluation d'un poste de travail. Le troisième objectif portait sur l'aspect des coûts des accidents du travail. Un modèle novateur de calcul des coûts indirects a été développé, puis mis à

l'essai dans différentes entreprises. Les résultats de cette mise à l'essai apportent un nouvel éclairage sur le calcul de ces coûts et leur lien avec les coûts directs. Enfin, cette étude n'a pas réussi à montrer une relation associant les coûts et le niveau de risque à un poste de travail tel qu'évalué par deux MÉEFR de TMS. Cette étude ne permet donc pas de rendre possible l'utilisation du résultat d'une MÉEFR comme un indicateur économique, bon incitatif à l'investissement en prévention, au moment de l'analyse du poste de travail.

BIBLIOGRAPHIE

- ACGIH (2002a). Hand Activity Level (HAL) (2002). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Cincinnati, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 112-114. <http://www.acgih.org>
- ACGIH (2002b). Lifting (Notice of intent to establish) (2002). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Cincinnati, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 113-119. <http://www.acgih.org>
- Ahonen, M., Launis, M., Kuorinka, T. (1989). Ergonomics Workplace Analysis. Ergonomic Section, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki.
- Anonyme (2003). Assessing musculoskeletal disorders at work: which tools to use when (17th July 2003). Robens Centre for Health Ergonomics, University of Surrey. (cf. David et al., 2005).
- Aubry, K. (2006). Mise à l'essai en situation réelle de différentes méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques. M.Sc.A. École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada.
- Biddle, E., Owusu-Edusi, T.R.K., Camm, T. (2005). Synthesis and recommendations of the economic evaluation of OHS interventions at the company level conference, Journal of Safety Research, 36, 261-267.
- Brody, B., Létourneau, Y., Poirier, A. (1990a). Le coût des accidents de travail: État des connaissances. Relations Industrielles, 45(1), 94-116.
- Brody, B., Létourneau, Y., Poirier, A. (1990b). Les coûts Indirects des accidents du travail. Rapport de recherche R-044, IRSST, Montréal, QC.
- Brown, R., Li, G. (2003). The development of action levels for the 'Quick Exposure Check' (QEC) system. In: Contemporary Ergonomics 2003, (ed. P.T. McCabe), London: Taylor & Francis, 41-46.
- Burgess-Limerick, R. (2003). Issues associated with force and weight limits and associated threshold limit values in the physical handling work environment – Issues Paper 2. NOHSC, Australie. <http://www.google.com/search?q=%22manual+tasks+risk+assessment+tool%22&ie=UTF-8&oe=UTF-8>
- Champoux, D., Brun, J.-P. (1999). Prise en charge de la sécurité dans les petites entreprises des secteurs de l'habillement et de la fabrication de produits en métal, Rapport R-226, Série Études et Recherches, IRSST, Montréal, 103 p.
- Chiasson, M.-È. (2011). Évaluation des facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques: comparaison de méthodes d'observation et perception des travailleurs. Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, Qc., Canada (202 pages).
- Chiasson, M-E., Imbeau, D., Aubry, A., Delisle, A. (2012a). Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, 42, 478-488.
- Chiasson, M-E., Imbeau, D., Aubry, K., Delisle, A. (2012b). Comparing the results of six methods used to determine low back risk. International Journal of Industrial Ergonomics (en révision).
- Chiasson, M-E., Imbeau, D., Major, J., Aubry, K., St-Vincent, M., Delisle, A. (2012c). Influence of musculoskeletal pain on workers' assessment of exposure to MSD risk-factors. Applied Ergonomics (en révision).

- Colombini, D. (1998). An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1261-1289.
- Comité européen de normalisation (CEN) (2002). Sécurité des machines – Performance physique humaine – partie 3: Limites des forces recommandées pour l'utilisation de machines. Norme Européenne EN 1005-3. Bruxelles, Belgique.
- Dastous, P. A., Nikiema, J., Maréchal, D., Racine, L., Lacoursière, J. P. (2008). Risk management: All stakeholders must do their part. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21(4), 367-373.
- David, G., Woods, V., Buckle, P. (2005). Further development of the usability and validity of the Quick Exposure Check (QEC). Research Report 211, HSE, UK.
- Dempsey, P. G., McGorry, R.W., Maynard, W.S. (2005). A survey of tools and methods used by certified professional ergonomists, *Applied Ergonomics*, 36, 489-503.
- Denis, D., St-Vincent, M., Jetté, C., Nastasia, I., Imbeau, D. (2005). Les pratiques d'intervention portant sur la prévention des troubles musculo-squelettiques: un bilan critique de la littérature. (81 pages). Rapport – Bilan de connaissances, B-066, IRSST, Montréal, Qc.
- Donders, N.C., Roskes, K., van der Gulden, J.W. (2007). Fatigue, emotional exhaustion and perceived health complaints associated with work-related characteristics in employees with and without chronic diseases. *International Archives of Occupational Environment and Health* 80(7), 577-587.
- Dorman, P. (2000). If Safety Pays, why Don't Employers Invest in it? In Frick, K., Jensen, P. L., Quinlan, M., Wilthagen, T. eds., *Systematic Occupational Health and Safety Management, Perspectives on an International Development*, Amsterdam, Pergamon, pp. 351-365.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research, *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- Eklund, J. (1995). Relationships between Ergonomics and Quality in Assembly Work. *Applied Ergonomics*, 26, 15-20.
- Farbos, B., Imbeau, D., Chiasson, M.-È. (2005). Évaluation des facteurs de risque de TMS: Application aux activités des pépinières de Berthierville, Saint-Étienne des Grès et de St-Modeste. Présentation faite au Forum 2005 des pépinières du Québec, Normandin, Qc.
- Gardner, D., Cross, J. A., Fonteyn, P. N., Carlopio, J., & Shikdar, A. (1999). Mechanical equipment injuries in small manufacturing businesses. *Safety Science*, 33, 1-12.
- Goggins, R. W., Spielholz, P., Nothstein, G. L. (2008). Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: Implications for predictive cost-benefit analysis. *Journal of Safety research*, 39(3), 339-344.
- Hall, S. W. (1998). Achieving Competitive Excellence, ASQ's 52nd Annual Quality Congress Proceedings, Philadelphia, PA, Vol. 52, May 1998, pp. 637-645.
- Hignett, S., McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA) – Technical Note. *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.
- Imbeau, D. et Aubry, K. (2012). Intégrer la SST à un programme structuré d'amélioration continue. Colloque annuel du CPSST, La SST: au cœur de vos processus opérationnels, Quartier Dix30, Brossard, Qc (9 mai).
- Imbeau, D., Aubry, K., Chiasson, M.-È. (2012a). Suivi du déploiement d'un programme d'amélioration continue augmenté d'un volet SST/ergonomie dans une entreprise manufacturière au Québec – Recherche action 2003-2010. (115 pages). Rapport technique EPM-RT-2012-04, Polytechnique Montréal, Canada. http://vsmart.biblio.polymtl.ca/epmvw/FullBB.csp?WebAction=ShowFullBB&EncodedRequest=k*5B*08*3Aux*B1*89*98*7D*AC*D6*C1*3CM*CB&Profile=Default&OpacLanguage=fre&NumberToRetrieve=50&StartValue=1&WebPag

- [eNr=1&SearchTerm=2012.1.240678&SearchT1=&Index=1*Authorbib&SearchMethod=Find_2&ItemNr=1](#)
- Imbeau, D., Aubry, K., Farbos, B. (2012b). Application des outils de la Méthode Toyota. *Objectif Prévention (ASSTSAS)*, 35(3), 18-20.
- Imbeau, D. et Fradet, C. (2004). Outils d'évaluation des facteurs de risque de TMS. Présentation aux ergonomes de la Direction de la prévention-inspection, CSST, Bureau central, Montréal, Qc (23 avril 2004) (41 diapos).
- Imbeau, D., Nastasia, I, Farbos, B. (2004). Troubles musculo-squelettiques: évaluation et conception du travail (Chapitre 18). Dans *Manuel d'hygiène du travail: du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*, Modulo-Griffon, Ville Mont-Royal, Montréal, Qc. (42 pages).
- Institut national de santé publique du Québec (2010). *Portrait national des troubles musculo-squelettiques (TMS) 1998-2007 - TMS sous surveillance*. Montréal, Qc: Gouvernement du Québec.
- Jallon, R. (2011). Développement et utilisation d'un outil de calcul des coûts indirects basé sur une cartographie de processus. Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, Qc., Canada (297 pages).
- Jallon, R., Imbeau, D., de Marcellis-Warin, N. (2011a). Development of an indirect-cost calculation model suitable for workplace use. *Journal of Safety Research*, 42(3), 149-164.
- Jallon, R., Imbeau, D., de Marcellis-Warin, N. (2011b). A process mapping model for calculating indirect costs of workplace accidents, *Journal of Safety Research*, 42, 333-344.
- Jallon, R., Imbeau, D., de Marcellis-Warin, N. (2012a). Application of a process mapping based model for the assessment of indirect costs of work-related accidents. *Accident analysis and prevention*. (révisé et resoumis).
- Jallon, R., Imbeau, D., de Marcellis-Warin, N. (2012b). Relationship between risk levels and costs of workplace accidents. *International Journal of Industrial Ergonomics* (soumis).
- Katsakiori, P., Kavvathas, A., Athanassiou, G., Goutsos, S., Manatakis, E. (2010). Workplace and organizational accident causation factors in the manufacturing industry. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(1), 2-9.
- Kee, D., Karwowski, W. (2007). A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry. *Internat. Journ. of Occupational Safety and Ergonomics* 13(1), 3-14.
- Kuorinka, I., Forcier, L. (1995). *Les lésions attribuables au travail répétitif – Ouvrage de référence sur les lésions musculo-squelettiques liées au travail*. Ste-Foy: Québec, Multi-mondes/IRSST/Maloine.
- Laufer, A. (1987a). Construction accident cost and management safety motivation. *Journal of Occupational Accidents*, 8(4), 295-315.
- Laufer, A. (1987b). Construction safety: economics, information and management involvement. *Construction Management and Economics*, 5, 73-90
- Lavender, S.A., Oleske, D.M., Nicholson, L., Andersson, G.B., Hahn, J. (1999). Comparison of five methods used to determine low back disorder risk in a manufacturing environment. *Spine* 24(14), 1441-1448.
- Li, G., Buckle, P. (1999a). Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*, 42(5), 674-695.
- Li, G., Buckle, P. (1999b). The development of a practical method for the exposure assessment of risks to work-related musculoskeletal disorders. General report to the HSE, Robens Centre for Health Ergonomics, European Institute of Health and Medical Sciences, University of Surrey.

- Liberty Mutual (2012). 2012 Liberty Mutual Workplace Safety Index. Liberty Mutual.
<http://www.libertymutualgroup.com/omapps/ContentServer?pagename=LGroup/Views/LMG&ft=2&fid=1138356633468&ln=en>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Malchaire, J., Piette, A., Cock, N. (2001). Stratégie de prévention collective des risques musculosquelettiques (TMS). *Médecine du travail et ergonomie*, 38(4), 147-156.
- Marras, W. S. (2003). The case for cumulative trauma in low back disorders. *The Spine Journal*, 3, 177-179.
- McAtamney, L. et Corlett, E.N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- Mital, A., Founooni-Fard, H., Brown, M. (1993). Fatigue in high and very-high frequency manual lifting, lowering and carrying and turning. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting*.
- Mital, A., Nicholson, A.S. et Ayoub, M.M. (1997). *A guide to manual materials handling – 2nd edition*. London: Taylor and Francis.
- Moore, J.S. et Garg, A. (1995). The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders, *American Industrial Hygienists Assoc. Journal*, 56, 443-458.
- National Research Council/Institute of medicine (2001). *Musculoskeletal Disorders and the Workplace – Low Back and Upper Extremities*, Panel on musculoskeletal disorders and the workplace. National Academy Press, Washington, D.C.
- Occhipinti, E. (1998). OCRA - A concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290-1311.
- Phillips, C. J. (2006). Economic burden of chronic pain. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 6(5), 591-601.
- Putz-Anderson, V. (1988). *Cumulative trauma disorders – A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. London: Taylor et Francis.
- Régie des rentes du Québec (2013). Les PME: un marché à cibler. Gouvernement du Québec. http://www.rrq.gouv.qc.ca/fr/professionnels/rrs/offre_rrs/pme_marche_cibler/Pages/pme_marche_cibler.aspx
- Riel, P.F., Imbeau, D. (1996). Justifying investments in industrial ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18, 349-361.
- Robson, L., Schannon, H., Goldenhaar, L., Hale, A. (2001). *Guide to evaluating the effectiveness of strategies for preventing work injuries*. Washington, CDC: NIOSH.
- Rother, M. et Shook, J. (1999). *Bien voir pour mieux gérer – Comment reconfigurer la chaîne de valeur de votre entreprise pour ajouter de la valeur et éliminer le "muda"*. The Lean Enterprise Institute, Brookline, Massachusetts, États-Unis (www.lean.org).
- Stock, S., Funes, A., Delisle, A., St-Vincent, M., Turcot, A. et Messing, K. (2011). Troubles musculosquelettiques. Dans M. Vézina, E. Cloutier, S. Stock, K. Lippel, E. Fortin, A. Delisle, M. St-Vincent, A. Funes, P. Duguay, S. Vézina & P. Prud'homme (Eds.), *Enquête québécoise sur les conditions de travail, d'emploi, de santé et de sécurité du travail 2007-2008 (EQCOTESST)* (pp. 445-530). Québec, Canada: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail - Institut national de santé publique du Québec et Institut de la statistique du Québec.
- Stricoff, R. S. (2000). Safety performance measurement: identifying prospective indicators with high validity. *Professional Safety*, 45(1), 36-39.

- St-Vincent, M., Imbeau, D., Denis, D. et Cole, D. (2005). Suivi d'implantation du plan d'intervention TMS de la CSST. Protocole de recherche soumis pour financement à l'IRSST (#099-280), IRSST, Montréal, Qc. (88 pages).
- St-Vincent, M., Imbeau, D., Denys, D., Gonella, M., Aubry, K. (2009). Suivi de huit interventions de prévention des TMS initiées par des inspecteurs de la CSST, Rapport R-610 (125 pages), IRSST, Montréal, Qc.
- St-Vincent, M., Imbeau, D., Gonella, M., Chiasson, M.-È., Lorange, M.-A., Lassy, G. (2011). Intégration d'une culture de prévention durable des TMS: Étape 1 – Portrait systémique d'une grande entreprise manufacturière. Études et recherches, Rapport R-688 (98 pages), IRSST, Montréal, Qc.
- Takala, E.P., Pehkonen, I., Forsman, M., Hansson, G.A., Mathiassen, S.E., Neumann, W.P., Sjøgaard, G., Veiersted, K.B., Westgaard, R.H., Winkel, J. (2010). Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 36(1), 3-24.
- Toulouse, G., Nastasia, I, Imbeau, D. (2005). Étude de faisabilité en vue d'intégrer la SST et l'ergonomie à l'approche PVA-kaizen. Rapport de recherche, R-428, IRSST, Montréal, Qc.
- Vézina, M., E. Cloutier, S. Stock, K. Lippel, É. Fortin et autres (2011). Enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi, et de santé et de sécurité du travail (EQCOTESST), Québec, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail - Institut national de santé publique du Québec et Institut de la statistique du Québec.
- Westgaard, R.H., Winkel, J. (1997). Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: A critical review, *Internat. Jour. of Industrial Ergonomics*, 20, 463-500.
- Westgaard, R.H., Winkel, J. (2011). Occupational musculoskeletal and mental health: Significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – A systematic review, *Applied Ergonomics*, 42, 261-296.
- WHO Scientific Group (2003). The burden of MS conditions at the start of the new millennium. Geneva: World Health Organization.
- Yelin, E. (2003). Cost of musculoskeletal diseases: impact of work disability and functional decline. *J.Rheumatol.*, 68: 8-11.
- Zwerling, C., Daltroy, L.H., Fine, L.J., Johnson, J.J., Melius, J., Silverstein, B.A. (1997). Design and conduct of occupational injury intervention studies: a review of evaluation strategies, *Am. J. Ind. Med.* 32 (2), 164-179.

ANNEXE A: DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DE L'ÉTUDE

Objectif	Sous-objectif	Terrains/ échantillon	Données recueillies/ analyses	Diffusion des résultats
1) Faire le suivi d'interventions visant l'amélioration de la productivité, de la qualité ou de la SST	a) Décrire les établissements et les postes de travail de même que l'organisation des activités en SST	Sous-objectifs a, b, c, e: 6 pépinières forestières publiques et une privée	Cartographie des opérations de production (5 pépinières publiques) et mise en place de groupes kaizen (2 publiques et 1 privée) pour le développement et l'implantation des transformations (utilisation de l'information recueillie au sous-objectif a) de l'objectif 2 pour les kaizen) <i>Étude complémentaire (voir section 1.2.1)</i>	Farbos et al. (2005) Farbos et Imbeau (2012) en préparation <i>Imbeau et al. (2012a)</i>
	b) Répertoire les principaux indicateurs de performance (de productivité, de qualité et de SST) retenus par chacun des établissements et pour chacun des postes de travail	<i>Sous-objectifs a à e dans l'entreprise manufacturière comptant 6 usines</i>		
	c) Dresser un bilan des stratégies de diagnostic et des problèmes à l'origine des transformations implantées et préciser leur domaine d'action (productivité, qualité, SST)	Sous-objectif d: 21 postes de travail, pour un total de 60 travailleurs dans 3 pépinières		
	d) Inventorier les transformations réalisées dans chaque poste de travail et préciser les effets en ce qui concerne la productivité, la qualité et la SST			
	e) Caractériser les impacts indirects de l'intervention			
2) Mesurer, à l'aide de MEEFR publiés dans la littérature récente, les effets des interventions sur les facteurs de risque de TMS	a) Évaluer l'exposition aux facteurs de risque à chaque poste de travail étudié	18 établissements dont 12 usines appartenant à 9 entreprises manufacturières et 6 pépinières forestières publiques / 567 tâches à 224 postes de travail réalisées par 516 travailleurs interrogés	Utilisation de 11 MEEFR de TMS, enregistrements vidéo, évaluations par l'expert et par le travailleur, et questionnaire de douleurs musculo-squelettiques Étude du lien entre déclaration de douleur musculo-squelettique et évaluation du poste de travail au moyen de la méthode EWA du FIOH dans les pépinières	Chiasson (2011) – Thèse Chiasson et al. (2012c)
	b) Comparer l'exposition aux facteurs de risque avant transformations vs après transformations pour évaluer le changement d'exposition consécutif à l'intervention	10 usines appartenant à 6 entreprises manufacturières / 65 tâches à 24 postes de travail		Aubry et al. (2012) (en préparation)
	c) Évaluer la durabilité des effets produits par l'intervention sur les facteurs de risque	10 usines appartenant à 6 entreprises manufacturières / 65 tâches à 24 postes de travail	Échantillon insuffisant	
	d) Comparer les MEEFR entre elles afin d'en identifier respectivement les avantages et les inconvénients	18 établissements dont 12 usines appartenant à 9 entreprises manufacturières et 6 pépinières forestières publiques / 567 activités de travail à 224 postes de travail réalisées par 516 travailleurs interrogés	Comparaisons des 11 MEEFR de TMS: Pour les membres supérieurs: Pour le dos:	Chiasson (2011) – Thèse Chiasson et al. (2012a) Chiasson et al. (2012b)

Annexe A (suite):

Objectif	Sous-objectif	Terrains / échantillon	Données recueillies / analyses	Diffusion des résultats
3) Associer l'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque aux coûts directs et indirects découlant les lésions professionnelles	a) Déterminer les coûts directs et les coûts indirects des lésions professionnelles	10 établissements dont 5 usines appartenant à 3 entreprises manufacturières et 5 pépinières forestières	Développement d'un outil de calcul des coûts indirects	Jallon et al. (2011) - Thèse Jallon et al. (2011a) Jallon et al. (2011b)
	b) Mettre en relation l'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS avec les coûts directs et indirects	2 usines manufacturières 2 pépinières forestières 38 postes de travail, 593 événements	Utilisation du QEC et du FIOH utilisés à l'objectif II. Utilisation de SPSS pour identifier des corrélations entre le niveau de risque et les coûts directs et indirects	Jallon et al. (2011) - Thèse Jallon et al. (2012b)
	c) Réaliser, pour chaque transformation implantée à un poste de travail, une analyse coût/bénéfice afin de décrire la rentabilité de l'action préventive	2 usines manufacturières 3 postes de travail modifiés	Nombre de transformations exploitable pour l'étude très inférieur à ce qui avait été prévu	Jallon et al. (2011) - Thèse Jallon et al. (2012b) Jallon et al. (2011b)
	d) Formuler des recommandations visant à aider les gestionnaires dans leurs décisions d'investissement en prévention	10 établissements dont 5 usines appartenant à 3 entreprises manufacturières et 5 pépinières forestières	Coûts indirects de différents scénarios d'accidents de travail Comparaison arrêt de travail vs travaux légers en termes de coûts totaux Analyses statistiques	Jallon et al. (2011) - Thèse Jallon et al. (2012a) Jallon et al. (2012b)

ANNEXE B: VARIABLES RELIÉES À L'OBJECTIF 1

Les trois tableaux suivants décrivent les variables documentées pour l'objectif 1.

Tableau B1: Variables reliées à la description des établissements

Caractéristiques structurelles de l'établissement	Secteur d'activité économique (types de produits; production annuelle) Nombre d'années d'existence Taille de l'établissement
Données sur la population des travailleurs	Importance du roulement de personnel Proportion d'employés des deux sexes Proportion d'employés appartenant à une minorité ethnique Importance des temps partiels Proportion d'employés syndiqués Moyenne d'âge de la population
Culture de l'établissement	Qualité du climat de travail Représentations sur les causes des TMS Niveau de prise en charge pour la prévention en général et des TMS en particulier Propension à collaborer à l'intervention
Organisation de la SST dans l'établissement	Existence d'un CSS (nombre de représentants de la direction et nombre d'employés y siégeant) Années d'ancienneté du CSS Fréquence des réunions Existence de comptes-rendus Présence d'une formation des membres du CSS Libération possible des membres du CSS Existence d'un représentant à la prévention Existence d'une politique SST Existence d'un registre de plainte, d'un système d'inspection préventive, d'un registre d'incident, d'enquêtes d'analyse d'accident Existence d'un profil des postes de travail Existence d'un programme de prévention pour les TMS Existence d'une politique d'assignation temporaire, de programmes d'amélioration continue Données sur les lésions professionnelles et organisation de ces données
Organisation de l'amélioration de la productivité et de la qualité	Activités d'amélioration continue ou l'équivalent Structures en places (ex., comité d'AC, responsables, etc.) Modes d'évaluation de la productivité et de la qualité (indicateurs et méthodes utilisées) Données sur la productivité et sur la qualité (par poste de travail idéalement)

Tableau B2: Variables reliées à la description des interventions (principalement en lien avec les TMS)

Caractéristiques des intervenants	Formation de base, formation en ergonomie, expérience en intervention TMS, connaissance de l'entreprise, contraintes liées à sa propre organisation et support reçu par son organisation pour réaliser l'intervention.
Méthodes utilisées pour le diagnostic	Y-a-t-il eu analyse du travail à savoir: une étape d'identification des facteurs de risque, des entretiens auprès des travailleurs, des observations du travail (si oui de quelle nature)? Quels ont été les outils utilisés? Quelle a été l'implication des travailleurs (y a-t-il eu par exemple, un groupe kaizen ou 5S ou a-t-on procédé selon un mode expert) et des acteurs de l'entreprise?
Méthodes utilisées pour la recherche de solutions	Y-a-t-il eu une étape d'analyse des déterminants (recherche des causes des facteurs de risque) et une étape de priorisation? Quelle a été l'implication des travailleurs et des spécialistes de l'entreprise?
Transformations	Description des différents aspects du travail ayant fait l'objet d'une transformation – envergure de ces changements. Y-a-t-il d'autres transformations à venir – degré de satisfaction vs les transformations? Y-a-t-il eu un suivi effectué auprès des travailleurs – si oui sont-ils satisfaits?
Difficultés rencontrées dans l'intervention	Complexité du travail, support de la direction ou du syndicat, climat de travail, collaboration des travailleurs, possibilité de libérer les travailleurs, collaboration des superviseurs ou autres acteurs de l'entreprise, divers délais (notamment pour l'implantation des transformations), limite dans les propres disponibilités de l'intervenant, limites budgétaires, etc.
Facteurs de succès	Volonté de la direction, appui de divers services de l'entreprise, collaboration des travailleurs, qualité du climat de travail, stratégie particulière mise de l'avant par les intervenants, contribution de l'équipe de recherche, etc.
Impacts indirects de l'intervention	Modifications à d'autres postes, actions prises en SST et en prévention des TMS, amélioration du climat de travail ou des communications, changement dans les représentations du travail et des TMS (chez les travailleurs, les gestionnaires, les superviseurs, les concepteurs du travail), etc.
Co-interventions	Changements survenus au sein de l'entreprise, autres que ceux attribuables à l'intervention, qui auraient pu avoir un impact sur les TMS, sur la productivité ou sur la qualité.

Tableau B3: Suivi général auprès de chaque établissement, des cellules choisies/postes de travail et des interventions

Moment	Modalité	Source	Grande catégorie de variable
Début du projet et à chaque début de saison pour certaines informations	Entretiens	Chef de pépinière, coordonnateur SST Membres du CSS et Représentants syndicaux Et Données d'entreprise Travailleurs	Contexte de l'entreprise Population des travailleurs Données structurelles, dont les caractéristiques de la population Organisation de la SST Actions de prévention TMS Culture de l'entreprise Données sur les lésions, sur la productivité et la qualité Questionnaire (profil et données sur les symptômes)
Au début d'une intervention (avant transformations)	Entretiens Observations	Travailleurs Responsable de l'intervention	Difficultés rencontrées au poste – caractéristiques du poste, symptômes/douleurs Ses caractéristiques Méthode d'intervention choisie et pourquoi
Immédiatement après l'implantation de transformations	Entretien Observations	Contremaître, Responsable SST, Responsable de l'intervention, Représentant syndical Travailleurs du poste	Implication dans l'intervention Description de la méthode utilisée, des transformations résultantes et des facteurs de difficulté/succès Satisfaction vs l'intervention Impacts sur les pratiques Satisfaction vs transformations Impacts sur les difficultés Caractérisation des transformations
À la mi-saison, en fin de saison (à chaque année)	Entretien	Contremaître, chef de pépinière, Responsable SST, Représentant syndical	Impacts indirects de l'intervention sur: les actions de prévention des TMS- les pratiques SST- le climat de travail, les représentations sur les causes de TMS, la productivité, la qualité Co-interventions: changements survenus autres que ceux dus à l'intervention qui auraient pu avoir un impact sur les TMS, la productivité ou la qualité

ANNEXE C: SYNTHÈSE DU JOURNAL DE BORD: PÉPINIÈRES PUBLIQUES

<i>Évènement</i>	<i>Descriptions des travaux (École Polytechnique)</i>	<i>Détails en relation avec le MRN et les pépinières</i>	<i>Précisions des travaux entre l'École Polytechnique et le MRN et DGSP</i>
Discussions à propos d'un projet de recherche basé sur l'analyse des facteurs de risque aux TMS (fin de 2003).	Demande formulée par le coordonnateur SST du MRN pour évaluer les postes de travail des pépinières du Québec.	Cette évaluation devait être réalisée pour des postes de travail appartenant aux opérations de production de plants en récipients et en racines nues.	Les travaux souhaités par le MRN furent envisagés suite à la présentation de Marie-Eve Chiasson (Carrefour Forestier, novembre 2003) sur ses travaux menés auprès de débroussailliers.
Analyses de postes de travail dans 3 pépinières (juin 2004 à novembre 2004).	Analyses de postes de travail multiples effectuées à partir de méthodes d'analyses des facteurs de risque de TMS.	L'accès aux postes de travail et aux opérateurs était offert à notre équipe. Les évaluations ont été réalisées dans deux pépinières publiques et une privée.	De multiples voyages étaient effectués par notre équipe afin de voir toutes les opérations: 17 voyages au total. Courriels et téléphones étaient nécessaires pour la planification des visites. Ces actions permettaient ainsi de connaître plus rapidement les situations de travail en pépinières et de discuter avec les travailleurs.
Rédaction et présentation d'un rapport sur l'évaluation de postes de travail de ces 3 pépinières (septembre 2004).	Présentation des analyses des postes de travail. Distinction des postes de travail les plus à risques et proposition de recommandations pour chacun de ces postes.	Diffusion du rapport à l'ensemble des pépinières. Accord du MRN pour la mise en place de solutions pour les postes le plus à risques.	21 postes de travail associés à 10 activités de production étudiés sur une période de 7 mois ont impliqué la participation active de 60 travailleurs. Le rapport a permis de mettre en lumière les facteurs de risque pour chaque poste de travail évalué.

<i>Évènement</i>	<i>Descriptions des travaux (École Polytechnique)</i>	<i>Détails en relation avec le MRN et les pépinières</i>	<i>Précisions des travaux entre l'École Polytechnique et le MRN et DGPS</i>
Proposition d'un plan d'intervention sur les postes considérés le plus à risques en termes de TMS (octobre 2004 à décembre 2004).	Utilisation de la méthode des groupes kaizen pour la réalisation de ces interventions. Réalisation de groupes kaizen d'une durée de 3 jours.	Première intervention pour la pépinière privée en février 2005, deuxième et troisième en mars 2005. Support des directions pour la participation des opérateurs et des contremaîtres à ces groupes kaizen.	La proposition d'utiliser la méthode du groupe kaizen fut validée avec les cadres des pépinières. De part et d'autre, la nécessité de faire participer les travailleurs était très importante. L'équipe de recherche avait la responsabilité d'organiser et de mener les groupes kaizen.
Suivi des interventions découlant des groupes kaizen (juin 2005 à octobre 2005).	Déplacements et observations des transformations suggérées lors des groupes kaizen. Aide pour l'implantation des transformations.	L'implantation des transformations s'effectuait selon les calendriers de production des pépinières c'est-à-dire de mai à novembre.	Plusieurs déplacements ont été nécessaires par notre équipe, pour aider les pépinières dans l'implantation des transformations. Ces déplacements servaient à observer la solution mise en place et à suggérer aux pépinières des modifications dans le but de respecter la bonne pratique en matière de conception ergonomique.
Présentation des groupes kaizen et des interventions qui ont suivi au forum bisannuel des pépinières (octobre 2005).	Présentation décrivant le processus et les résultats: analyses de postes de travail; groupes kaizen; solutions envisagées; transformations implantées.	Invitation de l'équipe de recherche à présenter la première partie de notre travail.	Tous les 2 ans, les pépinières publiques tiennent leur forum dans une pépinière publique ou à Québec. Suite à notre présentation, plusieurs demandes ont été formulées par d'autres pépinières pour que nous allions y réaliser des groupes kaizen. Cette présentation a aussi été à l'origine d'une nouvelle réflexion qui mènera à la mécanisation des pépinières.

<i>Évènement</i>	<i>Descriptions des travaux (École Polytechnique)</i>	<i>Détails en relation avec le MRN et les pépinières</i>	<i>Précisions des travaux entre l'École Polytechnique et le MRN et DGSP</i>
Proposition de nouvelles interventions de type kaizen (janvier 2006 à février 2006).	Réunions et/ou conférences téléphoniques pour la mise en œuvre de nouvelles interventions kaizen.	Accord pour la réalisation de nouveaux groupes kaizen sur de nouveaux postes de travail.	Le forum des pépinières a permis de suggérer de nouveau kaizen. Toutefois, la mécanisation des pépinières prit le pas sur cette volonté de refaire des groupes kaizen.
Proposition à notre équipe d'un projet de mécanisation des opérations de production de plants en récipients (mars 2006).	Rencontre organisée par la pépinière de Berthierville pour la mise en œuvre d'un projet de mécanisation des pépinières publiques du Québec.	Choix stratégique entamé par le MRN en raison du vieillissement de la population des travailleurs, d'un recrutement de plus en plus difficile, et de la volonté d'éliminer les opérations répétitives et à risques en terme de TMS documentées par notre équipe.	Cette rencontre fut organisée par le directeur de la pépinière de Berthierville en accord avec les instances du MRN.
Réalisation d'une cartographie des processus de production de plants en récipients (mai 2006 à novembre 2006).	Visite des 6 pépinières publiques et observations (vidéos, mesures, entretiens avec les travailleurs) des opérations de production: études de temps des opérations de production, détermination des moyens de transport, du personnel nécessaire pour chaque opération. Production d'une cartographie des processus globaux de production.		Au total, deux personnes ont réalisé ce projet. Une personne à Québec de façon à coordonner les rendez-vous avec les pépinières, puis pour se déplacer vers les pépinières situées à l'est ou nord de Québec. La seconde personne, basée à Montréal, réalisait les mêmes activités et se déplaçait aux pépinières situées autour ou au nord de Montréal.

<i>Évènement</i>	<i>Descriptions des travaux (École Polytechnique)</i>	<i>Détails en relation avec le MRN et les pépinières</i>	<i>Précisions des travaux entre l'École Polytechnique et le MRN et DGSP</i>
Présentation des résultats de la cartographie aux directeurs des pépinières et centres de semences du Québec (décembre 2006).	Présentation intégrant pour chaque pépinière toutes les données se rattachant aux activités de production de plants (temps, moyens, logistiques...), les activités à non-valeur ajoutée, proposition d'un plan permettant le passage de trois à un an pour la production des plants en récipients.	Suite à la proposition d'un plan d'un an pour la production des plants en récipients, mise en place par le MRN d'un comité de mécanisation.	La logique des résultats montrait la possibilité réelle de produire des plants en un an au lieu de trois. Ce scénario offrait la possibilité d'éliminer complètement de nombreuses manipulations. L'utilisation de plateaux de culture permettait de réduire significativement les manipulations qui restaient nécessaires dans le processus.
Mise en place d'un comité de mécanisation, dont les activités ont débuté en janvier 2007.	Deux solutions pour la production de plants en récipients: 1) faisabilité d'une production d'un an pour des plants (coûts financiers, recherche de fournisseurs de serres, type d'énergie à choisir, planification d'implantation...); 2) Étude d'une mécanisation des pépinières publiques du Québec à partir de supports et plateaux de culture.	MRN demande à notre équipe de participer à ce comité afin de suivre l'évolution de ces projets et de leurs retombées éventuelles sur les activités de travail en pépinière, pour les pépinières publiques du Québec.	Les résultats de notre cartographie des processus permettent pour la première fois de voir que la production des plants pourrait théoriquement être complétée en un an plutôt que trois. La production en serre, laquelle suppose l'utilisation de plateaux de culture, est nécessaire pour y arriver. Cette idée a mené à la création du comité de mécanisation.

<i>Évènement</i>	<i>Descriptions des travaux (École Polytechnique)</i>	<i>Détails en relation avec le MRN et les pépinières</i>	<i>Précisions des travaux entre l'École Polytechnique et le MRN et DGSP</i>
Constitution d'un cahier des charges pour un appel d'offres (novembre 2007 à mars 2008).	Notre équipe est mandatée pour créer un cahier des charges spécifiant des plateaux de culture. Le besoin pour ces plateaux fut validé par le comité de mécanisation. Ils devraient permettre de réduire significativement les manipulations répétitives associées aux activités de production de plants.	Le choix des plateaux de culture et de leur support fut proposé comme moyen de transition à court terme, ce en attendant l'implantation de serres pour les pépinières publiques; des recherches biologiques étant nécessaires et en cours afin de rendre faisable la production en serre.	Notre équipe devait intégrer au cahier des charges, une série de mesures visant à construire un plateau de culture conforme à la bonne pratique en ergonomie et adapté aux opérations de production dont notre équipe avait acquis une bonne expérience. Ce cahier devait ensuite être diffusé à des fournisseurs capables de construire ce type de plateau préalablement identifiés par notre équipe.
Réalisation et gestion de l'appel d'offres (mars 2008 à avril 2008).	Notre équipe fut chargée de l'envoi des appels d'offres au Québec, au Canada et à l'international. Trois compagnies furent retenues par le MRN.	Le mandat demandé par le MRN à notre équipe fut de l'assister dans la production et la gestion de l'appel d'offres (production des documents, envoi, et présentation auprès des 3 fournisseurs retenus).	
Choix d'un fournisseur pour le plateau et le support de culture et premier test (mai 2008 à octobre 2008).	Après sélection d'un fournisseur, des tests ont été proposés pour ses prototypes. Ces tests révélant des lacunes au point de vue du design, notre équipe suggéra une firme pour mieux le définir.	Les tests des plateaux de culture révèlent des lacunes suite à quoi le MRN désire mieux préciser et améliorer la conception des plateaux.	Nos travaux avec les pépinières à cette étape ont consisté essentiellement à évaluer du point de vue des risques de TMS chaque prototype de plateau devant être construit par le fournisseur. Le MRN s'intéresse au design du point de vue des activités de production.

<i>Évènement</i>	<i>Descriptions des travaux (École Polytechnique)</i>	<i>Détails en relation avec le MRN et les pépinières</i>	<i>Précisions des travaux entre l'École Polytechnique et le MRN et DGSP</i>
Création de dessins de nouveaux plateaux (novembre 2008 à juin 2009).	Propositions à la firme de design industriel retenue dans le but de s'assurer que le nouveau design du plateau et du support de culture respecte les critères d'ergonomie spécifiés aux étapes précédentes.	Mandat fut donné par le MRN à la firme de design pour le design de plateaux comblant les lacunes observées durant les tests de l'été 2008.	
Appels d'offres pour la réalisation de 878 plateaux (décembre 2009), puis planification d'une mise à l'essai de ces nouveaux plateaux (mars 2010).	Suivi de la part de notre équipe pour la conception des plateaux de culture.	Choix d'un fournisseur pour la production des plateaux conçus par la firme de design et planification de leur mise à l'essai pour la saison 2010.	
Mise à l'essai des plateaux et de leur fonctionnement (juin 2010 à novembre 2010).	Suivi de la mise à l'essai de ces 878 plateaux et de leur support de culture dans deux pépinières publiques.	Mises à l'essai une fois encore pour optimiser le design des plateaux et ainsi faciliter leur implantation dans toutes les pépinières publiques.	Un recueil de données vidéo et d'informations se poursuit jusqu'en 2011, malgré la fin de l'étude financée par l'IRSST.
Appel d'offres pour la réalisation de 900 plateaux (décembre 2010).	Le projet de recherche étant terminé, notre équipe a arrêté de s'impliquer activement dans ce dossier.		