

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

**MISE À L'ESSAI EN SITUATION RÉELLE DE DIFFÉRENTES MÉTHODES
D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AUX FACTEURS DE RISQUE DE
TROUBLES MUSCULO-SQUELETTIQUES**

KARINE AUBRY

**DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)
NOVEMBRE 2006**

© Karine Aubry, 2006



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-25527-8

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-25527-8

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.


Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

**MISE À L'ESSAI EN SITUATION RÉELLE DE DIFFÉRENTES MÉTHODES
D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AUX FACTEURS DE RISQUE DE
TROUBLES MUSCULO-SQUELETTIQUES**

présenté par : AUBRY, Karine

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. TRÉPANIÉ, Martin, ing., Ph.D., président

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

M. FARBOS, Bruno, Doctorat, membre

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements vont à mon directeur de recherche, Daniel Imbeau. Je le remercie d'abord chaleureusement de m'avoir offert un projet de recherche non seulement pratique, mais également très stimulant. Ses conseils avisés et sa motivation ont été des atouts très précieux pendant toutes les étapes de ce projet, soit du développement de la méthodologie jusqu'à la rédaction de ce rapport. Par ailleurs, son support financier fut très apprécié.

Je tiens également à remercier les opérateurs et les membres de la direction de l'entreprise manufacturière qui a permis la réalisation de ce projet de recherche. La collaboration et la disponibilité de chacun d'eux ont fait de ce lieu de travail un milieu de recherche idéal.

J'aimerais exprimer ma reconnaissance à Bruno Farbos, associé de recherche à l'École Polytechnique, pour m'avoir offert un support technique et moral au cours de ces deux années de maîtrise.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers mes collègues de la *Chaire de recherche du Canada en ergonomie* qui m'ont aidée à un moment ou à un autre et avec qui j'ai eu des discussions fort intéressantes. Je remercie particulièrement Romain Jallon, étudiant au doctorat, qui m'a grandement aidée lors de la collecte de données sur le terrain et qui a su alimenter ma réflexion.

En terminant, je ne peux passer sous silence le soutien inconditionnel de ma famille, de mes amis et bien sûr d'Hugo. Un grand merci pour votre écoute, pour votre aide et pour vos encouragements.

RÉSUMÉ

Plusieurs méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques (TMS) ont été développées par des chercheurs au cours des dernières années. Compte tenu du grand nombre de ces méthodes et de leur importance potentielle dans une démarche systématique de prévention des TMS, une étude visant à les mettre à l'essai en situation réelle est devenue nécessaire. Une telle étude a été élaborée à la Chaire de recherche du Canada en ergonomie (CRCE) afin de guider les praticiens vers les méthodes d'évaluation les plus appropriées. Le projet de la CRCE concerne le suivi d'une centaine de postes de travail sur une période de quatre ans et ce, à l'aide de différentes méthodes d'évaluation. L'étude présentée dans ce mémoire constitue la première phase de ce projet d'envergure développé à la CRCE. Ainsi, l'objectif général de ce rapport est de présenter la mise à l'essai de dix méthodes d'évaluation réalisées à six postes de travail dans une entreprise manufacturière québécoise.

De façon plus spécifique, l'étude vise d'abord à évaluer l'exposition aux facteurs de risque à chaque poste de travail étudié et à vérifier « l'utilisabilité » des méthodes. Pour ce faire, les méthodes suivantes ont été utilisées : « Finnish Institute of Occupational Health » (FIOH), « Quick Exposure Check » (QEC), « Rapid Entire Body Assessment » (REBA), « Rapid Upper Limb Assessment » (RULA), « Occupational Repetitive Action » (OCRA), « Hand Activity Level » (HAL), « Job Strain Index » (JSI), « A Guide to Manual Materials Handling », le logiciel 3DSSPP et le logiciel 4DWatbak. En second lieu, l'étude vise à proposer des analyses permettant, d'une part, la comparaison des résultats de ces dix méthodes et d'autre part, la comparaison des résultats à un poste de travail avant et après une intervention. Par ailleurs, l'étude vise à proposer des analyses permettant de trouver des liens entre les résultats des méthodes, les douleurs ressenties par les travailleurs ainsi que la perception des intervenants face à un poste de

travail spécifique. Finalement, il est proposé d'établir les liens entre la productivité et la santé et sécurité au travail (SST) qui ressortent des évaluations ergonomiques.

En somme, la première retombée de cette recherche est de fournir une méthodologie systématique qui pourra être déployée à grande échelle. Cette étude apporte également des informations qui pourront être utilisées ultérieurement pour construire un arbre de décision. Ce dernier aurait pour but de guider divers intervenants vers la méthode d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS répondant le mieux à leurs besoins.

ABSTRACT

A number of methods for assessing exposure to risk factors of musculoskeletal disorders (MSD) have been developed by researchers during the past years. Taking into consideration the great number of these methods and their possible importance in a systematic MSD prevention process, a study aimed at testing them in real work settings is necessary. Such a study was developed by the “Chaire de recherche du Canada en ergonomie” (CRCE) in order to guide ergonomics experts and practitioners towards the most suitable assessment methods. In this study, it is anticipated that nearly one hundred working stations will be followed up over a four years period using a number of the assessment tools and methods available in the recent scientific literature. The report presented here constitutes the first phase of the CRCE study. The general objective of this paper is to present the field trial of ten assessment methods carried out at six working stations in a manufacturing company located in the province of Quebec.

More specifically, this study initially aims to assess exposure to musculoskeletal disorders risk factors at each workplace studied and also to evaluate the usability of the assessment methods. Considering these goals, the following methods were used: “Finnish Institute of Occupational Health” (FIOH), “Quick Exposure Check” (QEC), “Rapid Entire Body Assessment” (REBA), “Rapid Upper Limb Assessment” (RULA), “Occupational Repetitive Action” (OCRA), “Hand Activity Level” (HAL), “Job Strain Index” (JSI), “A Guide to Manual Materials Handling”, 3DSSPP Software and 4DWatbak Software. Furthermore, the present study proposes data analyses to compare 1) the results of the ten assessment methods, and 2) the exposure to MSD risk exposure before and after correctives actions are implemented. The study also aims to propose data analyses that could reveal links between the results of the methods, the pain felt by the workers and the perception of the actors for each workstation studied. Finally, it is

proposed to reveal possible links between the productivity and the health and safety arising from the ergonomic evaluations performed.

All things considered, the first outcome of this research is to provide a systematic methodology which could be deployed on a larger scale in the CRCE study. It also brings information which could be used later on to build a decision tree. The purpose of this decision tree would be to guide various practitioners towards the assessment method that best meet their needs.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iv
RÉSUMÉ.....	v
ABSTRACT	vii
TABLE DES MATIÈRES.....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
LISTE DES FIGURES	xvi
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xvii
LISTE DES ANNEXES	xix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 - OBJECTIFS DES TRAVAUX.....	8
1.1. Objectif général.....	8
1.2. Sous-objectifs.....	8
CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE	10
2.1. Définition des principaux termes utilisés.....	10
2.2. Méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS	11
2.3. Collecte de données.....	16
2.3.1. Développement de la méthode de collecte de données	16
2.3.2. Déroulement de la collecte de données	17
2.4. Préparation des données et étude de temps.....	18
2.5. Description des postes de travail.....	18
2.5.1. Poste A	19
2.5.2. Poste B.....	20
2.5.3. Poste C.....	21
2.5.4. Poste D	22
2.5.5. Poste E.....	22
2.5.6. Poste F.....	23

2.6.	Caractéristiques des sujets.....	24
2.7.	Méthodologie spécifique aux sous-objectifs.....	25
2.7.1.	Évaluer l'exposition aux facteurs de risque de TMS à six postes de travail et vérifier « l'utilisabilité » des méthodes d'évaluation.....	25
2.7.2.	Proposition d'analyses comparatives	27
CHAPITRE 3 - RÉSULTATS.....		31
3.1.	Résultats de l'étude de temps.....	31
3.2.	Résultats et « utilisabilité » des méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque	32
3.2.1.	FIOH.....	32
3.2.2.	QEC	35
3.2.3.	REBA	38
3.2.4.	RULA	40
3.2.5.	OCRA.....	42
3.2.6.	HAL.....	45
3.2.7.	JSI.....	47
3.2.8.	« A Guide to Manual Materials Handling ».....	49
3.2.9.	Logiciel 3DSSPP et norme EN 1005-3	51
3.2.10.	Logiciel 4DWatbak.....	54
3.3.	Perceptions des différents intervenants.....	56
3.4.	Douleurs ressenties.....	57
3.5.	Synthèse des résultats.....	59
3.6.	Synthèse des résultats après l'intervention	61
CHAPITRE 4 - DISCUSSION		63
4.1.	Sous-objectif 1 : Évaluer l'exposition aux facteurs de risque à six postes de travail et vérifier « l'utilisabilité » des méthodes d'évaluation	63
4.1.1.	Mesures d'efficacité	63
4.1.1.1.	Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	63
4.1.1.2.	Facteurs de risque présents mais non considérés	64

4.1.2. Mesures d'efficience	65
4.1.2.1. Étendue de la collecte de données et temps d'analyse	65
4.1.2.2. Temps d'apprentissage	67
4.1.3. Mesures de satisfaction	68
4.1.3.1. Difficultés rencontrées	68
4.1.3.2. Principaux points forts des méthodes	69
4.1.3.3. Principaux points faibles des méthodes	70
4.1.4. Comparaison des méthodes : arbre de décision	71
4.2. Sous-objectif 2 : Proposition d'analyses comparatives	71
4.2.1. Comparaison globale des méthodes	72
4.2.2. Comparaison des méthodes en groupes homogènes	72
4.2.3. Détection des changements	73
4.2.4. Lien entre la perception des intervenants et les résultats des méthodes	76
4.2.5. Lien entre les douleurs ressenties et les résultats des méthodes	77
4.2.6. Lien entre les douleurs ressenties et la perception des intervenants	80
4.2.7. Liens entre la productivité et la santé et la sécurité au travail	81
4.3. Recommandations	82
4.4. Limites de l'étude	85
CONCLUSION	87
RÉFÉRENCES	89
ANNEXES	95

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Évaluation des postes de travail	19
Tableau 2.2 : Description des caractéristiques des travailleurs.....	25
Tableau 2.3 : Mesures « d'utilisabilité ».....	26
Tableau 3.1 : Résultats de l'étude de temps.....	31
Tableau 3.2 : Résultats de l'étude de temps après l'intervention.....	31
Tableau 3.3 : Résultats obtenus avec la méthode FIOH	32
Tableau 3.4 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode FIOH	33
Tableau 3.4 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode FIOH (suite).....	34
Tableau 3.5 : Résultats de l'analyse QEC pour l'élément « laminage ».....	35
Tableau 3.6 : Résultats de l'analyse QEC pour l'élément « manutention »	35
Tableau 3.7 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode QEC	36
Tableau 3.7 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode QEC (suite)	37
Tableau 3.8 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode REBA.....	39
Tableau 3.8 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode REBA (suite)	40
Tableau 3.9 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode RULA	41
Tableau 3.9 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode RULA (suite)	42
Tableau 3.10 : Interprétation des résultats obtenus avec la méthode OCRA.....	44
Tableau 3.11 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode OCRA	44
Tableau 3.11 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode OCRA (suite)	45
Tableau 3.12 : Niveau d'activité des mains (HAL)	46
Tableau 3.13 : Résultats de l'analyse HAL.....	46
Tableau 3.14 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode HAL	46
Tableau 3.14 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode HAL (suite)	47
Tableau 3.15 : Résultats de l'analyse JSI.....	48
Tableau 3.16 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode JSI	48
Tableau 3.16 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode JSI (suite)	49

Tableau 3.17 : Effort initial maximum lors de l'action « tirer à deux mains ».....	49
Tableau 3.18 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode « A Guide to Manual Materials Handling »	50
Tableau 3.19 : Résultats obtenus avec le logiciel 3DSSPP.....	51
Tableau 3.20 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 3DSSPP.....	52
Tableau 3.20 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 3DSSPP (suite)	53
Tableau 3.21 : Compression au niveau L4/L5 et cisaillement.....	54
Tableau 3.22 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 4DWatbak	55
Tableau 3.22 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 4DWatbak (suite).....	56
Tableau 3.23 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA.....	56
Tableau 3.24 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties « assez souvent ou tout le temps » ayant dérangées dans les activités au cours d'une période de 12 mois	57
Tableau 3.25 : Partie du corps où la douleur la plus dérangeante a été ressentie au cours des 12 derniers mois	58
Tableau 3.26 : Douleurs ressenties au cours des sept derniers jours perçues comme étant reliées entièrement ou en partie au travail.....	58
Tableau 3.27 : Douleur la plus dérangeante ressentie pendant le travail au cours des sept derniers jours	58
Tableau 3.28 : Synthèse des résultats au poste A avant les modifications	59
Tableau 3.29 : Synthèse des résultats au poste A après l'intervention	62
Tableau 4.1 : Inadéquation de la méthode par rapport au type de tâche.....	63
Tableau 4.1 : Inadéquation de la méthode par rapport au type de tâche (suite).....	64
Tableau 4.2 : Facteurs de risque présents mais non considérés par les méthodes	65
Tableau 4.3 : Classement des méthodes selon leur temps d'utilisation	66
Tableau 4.4 : Tableau récapitulatif du temps d'apprentissage requis pour chaque méthode	67
Tableau 4.5 : Groupes proposés pour la comparaison des résultats des méthodes.....	72
Tableau 4.6 : Comparaison des résultats avant et après l'intervention au poste A.....	74

Tableau 4.7 : Comparaison des résultats du QEC.....	75
Tableau 4.8 : Perceptions des intervenants sur des échelles ÉVA au poste A avant l'intervention	76
Tableau 4.9 : Perceptions des intervenants sur des échelles ÉVA au poste A après l'intervention	76
Tableau 4.10 : Changement de perception des intervenants au poste A (avant vs après intervention)	77
Tableau 4.11 : Régions corporelles évaluées par les méthodes et critères décrivant un risque modéré à élevé	78
Tableau 4.12 : Douleurs rapportées par les opérateurs	79
Tableau 4.13 : Commentaires des travailleurs reliés à la productivité	82
Tableau 4.14 : Suggestions d'amélioration pour chaque méthode	83
Tableau 4.14 : Suggestions d'amélioration pour chaque méthode (suite)	84
Tableau I.1: Description de la méthode FIOH	96
Tableau I.1: Description de la méthode FIOH (suite).....	97
Tableau I.2 : Description de la méthode QEC	101
Tableau I.2 : Description de la méthode QEC (suite).....	102
Tableau I.3 : Description de la méthode REBA.....	103
Tableau I.4 : Description de la méthode RULA	104
Tableau I.5 : Description de la méthode OCRA	105
Tableau I.6 : Description de la méthode HAL	106
Tableau I.7 : Description de la méthode JSI	107
Tableau I.8 : Description de la méthode « A Guide to Manual Materials Handling » .	108
Tableau I.9 : Description de la méthode 3DSSPP	109
Tableau I.10 : Description de la méthode 4DWatbak	110
Tableau II.1 : Résultats de l'étude de temps au poste B	112
Tableau II.2 : Résultats de l'étude de temps au poste C	112
Tableau II.3 : Résultats de l'étude de temps au poste D	113
Tableau II.4 : Résultats de l'étude de temps au poste E.....	113

Tableau II.5 : Résultats de l'étude de temps au poste E (après intervention)	114
Tableau II.6 : Résultats de l'étude de temps au poste F	114
Tableau III.1 : Synthèse des résultats au poste B	116
Tableau III.2 : Synthèse des résultats au poste C	117
Tableau III.3 : Synthèse des résultats au poste D	118
Tableau III.4 : Synthèse des résultats au poste E	119
Tableau III.5 : Synthèse des résultats au poste E (après intervention)	120
Tableau III.6 : Synthèse des résultats au poste F	121
Tableau IV.1 : Application de la norme EN 1005-3	123
Tableau V.1 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste A (après intervention)	125
Tableau V.2 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste B	125
Tableau V.3 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste C	125
Tableau V.4 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste D	126
Tableau V.5 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste E	126
Tableau V.6 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste E (après intervention)	126
Tableau V.7 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste F	127
Tableau VI. 1 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des 12 derniers mois	129
Tableau VI. 2 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des 12 derniers mois (après les interventions)	130
Tableau VI. 3 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des sept derniers jours	131
Tableau VI. 4 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des sept derniers jours (après les interventions)	132

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Déroulement dans le temps d'une collecte de données typique	18
Figure 2.2 : Poste A : (a) laminage et (b) manutention.....	20
Figure 2.3 : Laminage au poste A après transformation	20
Figure 2.4 : Laminage au poste B	21
Figure 2.5 : Poste C : (a) laminage et (b) manutention	22
Figure 2.6 : Soudure au poste D.....	22
Figure 2.7 : Poste E : (a) Sablage et (b) polissage	23
Figure 2.8 : Poste E après transformation : (a) Sablage et (b) application de mastic	23
Figure 2.9 : Poste F : (a) sablage et (b) manutention	24
Figure 2.10 : EVA concernant la qualité ergonomique.....	28
Figure 2.11 : EVA concernant la nécessité des changements à apporter.....	29
Figure 2.12 : EVA concernant le niveau d'exposition aux facteurs de risque de TMS...	29
Figure 2.13 : EVA concernant la satisfaction vis-à-vis les changements apportés.....	29
Figure 3.1 : Résultats de l'analyse REBA pour l'élément « laminage ».....	38
Figure 3.2 : Résultats de l'analyse RULA pour la tâche de « laminage »	40
Figure 3.3 : Résultats de l'analyse OCRA	43
Figure 3.4 : Écran de saisie du logiciel 3DSSPP pour la tâche de manutention	51
Figure 3.5 : IDDD obtenu avec 4DWatbak.....	54
Figure 4.1 : Durée moyenne d'utilisation des méthodes.....	66
Figure I.1 : Fiche décrivant l'intensité de travail	98
Figure I.2 : Valeurs d'éclairement recommandées par le IESNA	99
Figure I.3 : Valeurs de bruit recommandées selon l'article 131 du RSST.....	100

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

- 3DSSPP:** « 3D Static Strength Prediction Program » (Version 5.0.0)
- ACE^{MC}:** Amélioration continue pour l'excellence (une traduction de « Achieving Competitive Excellence »)
- ACGIH:** « American Conference of Industrial Hygienists »
- ACP:** Amélioration continue de la productivité
- AL:** « Action Limit »
- ASP:** Association sectorielle paritaire
- BIT:** Bureau international du travail
- CRCE:** Chaire de recherche du Canada en ergonomie
- CSST:** Commission de la santé et de la sécurité du travail
- EVA:** Échelle visuelle analogue
- FIOH:** « Finnish Institute of Occupational Health »
- HAL:** « Hand Activity Level »
- IDDD:** Indice de déclaration de douleur au dos
- INSPQ:** Institut national de la santé publique du Québec
- ISO:** Organisation internationale de normalisation
- JSI:** « Job Strain Index »
- NRC/IM:** « National Research Council / Institute of Medicine »
- MVTA:** « Multimedia Video Task Analysis »
- OCRA:** « Occupational Repetitive Action »
- OMS:** Organisation mondiale de la santé
- PME:** Petite et moyenne entreprise
- P&WC:** Pratt & Whitney Canada
- QEC:** « Quick Exposure Check »
- REBA:** « Rapid Entire Body Assessment »
- RSST:** Règlement sur la santé et la sécurité au travail
- RULA:** « Rapid Upper Limb Assessment »

SST: Santé et sécurité au travail
TLV: « Threshold limit value »
TMS: Trouble musculo-squelettique

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : DESCRIPTION DES MÉTHODES D'ÉVALUATION.....	95
ANNEXE II : ÉTUDES DE TEMPS AUX POSTES B-C-D-E-F	111
ANNEXE III : TABLEAUX SYNTHÈSES DES RÉSULTATS DES POSTES B-C- D-E-F	115
ANNEXE IV : DÉTAILS DE L'ANALYSE 3DSSPP EN COMBINAISON AVEC LA NORME EN 1005-3	122
ANNEXE V : PERCEPTIONS DES INTERVENANTS SUR DES ÉCHELES EVA : RÉSULTATS AUX POSTES B-C-D-E-F	124
ANNEXE VI : DOULEURS RESENTIES PAR LES TRAVAILLEURS DES POSTES B-C-D-E-F	128

INTRODUCTION

Les troubles musculo-squelettiques : l'importance du problème

L'expression trouble musculo-squelettique (TMS) correspond à des atteintes de l'appareil locomoteur, c'est-à-dire les muscles, les tendons, le squelette, les cartilages, les ligaments et les nerfs (Organisation mondiale de la Santé [OMS] 2004). Les troubles musculo-squelettiques sont la principale cause d'incapacité dans la population québécoise et représentent un des plus importants fardeaux économiques associés à une maladie. Une importante proportion de ces incapacités serait imputable aux troubles musculo-squelettiques reliés au travail (Institut national de la santé publique du Québec [INSPQ] 2003).

En effet, plusieurs études épidémiologiques établissent des relations entre les TMS et les facteurs de risque physiques reliés au travail et ce, même si ces études posent des difficultés méthodologiques considérables. Par exemple, à la suite de l'analyse de plusieurs études épidémiologiques concernant certains troubles du cou et des membres supérieurs, Kuorinka et al. (1995) mentionnent : « Globalement, il y a une convergence de preuves à l'appui de l'existence d'une relation entre le travail et beaucoup de troubles musculo-squelettiques ». Les ouvrages de Bernard (1997), Colombini, Occhipinti et Grieco (2002), Freivalds (2004) et Violante, Armstrong et Kilbom (2000) présentent également de nombreux résultats qui proviennent de diverses études et qui mettent en évidence une relation entre les TMS et différents facteurs de risque reliés au travail.

Au delà des preuves scientifiques quant au lien entre le travail et les TMS, il y a aussi les faits. Selon la Commission de la santé et de la sécurité du travail ([CSST] 2003a), les TMS touchent chaque année plus de 45 000 Québécois. Par ailleurs, la CSST (2003b) a consacré pas moins de 500 millions de dollars à l'indemnisation des travailleurs souffrant de TMS aux membres supérieurs, aux membres inférieurs et au dos pour l'année 2000. Ce montant représente près de 40 % des coûts d'indemnisation des lésions

professionnelles. La perte de productivité résultant d'une détérioration de la santé des travailleurs et/ou de l'incapacité au travail liée 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.

Stratégies d'intervention en milieux de travail

Selon Kuorinka et al. (1995) et Marras (2003), les TMS découlent d'une rupture de l'équilibre entre les capacités du travailleur et les exigences de son travail. Pour rétablir cet équilibre, il faut intervenir en modifiant les exigences du travail, c'est-à-dire en réduisant l'exposition du travailleur aux facteurs de risque. Cela suppose une intervention « ergonomique » en milieu de travail (Putz-Anderson 1988, National Research Council / Institute of Medicine [NRC/IM] 2001). Depuis quelques années, la communauté scientifique se questionne sur les impacts de ces interventions. Par exemple, en 1995, un programme d'intervention pour la réduction des TMS a été mené par la CSST (2002) dans 73 établissements répartis entre les 16 régions du Québec et les dix secteurs d'activité. Les résultats de cette étude soulignent de façon claire que le nombre de dossiers de lésions professionnelles liées aux TMS baisse lorsque l'entreprise prend en charge les interventions visant à réduire l'exposition des travailleurs aux facteurs de risque de TMS. En effet, les entreprises participantes ont observé une baisse de 57 % des coûts d'indemnisation liés au TMS, alors qu'à l'inverse, une hausse de 0,6 % des coûts était observée pour l'ensemble des entreprises du Québec.

Bien que les chercheurs s'intéressent à l'évaluation des impacts d'une intervention visant la prévention des TMS (Westgaard et Winkel 1997, Robson, Schannon, Goldenhaar et Hale 2001), la littérature scientifique n'offre aucun support quant au processus d'intervention lui-même, soit la façon d'intervenir selon le contexte (Westgaard et Winkel 1997, Denis, St-Vincent, Jetté, Nastasia, Imbeau 2005). Pourtant, de nombreuses questions associées à ce sujet sont posées par les milieux de travail ainsi que par les intervenants et organismes chargés de la prévention des TMS (ex.: CSST, association

sectorielle paritaire [ASP]). Ces intervenants sont intéressés à savoir comment intervenir efficacement et durablement. Ils se demandent aussi comment le faire au meilleur coût et en perturbant le moins possible leurs activités de production.

Méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque

Puisque le processus d'intervention vise à réduire le niveau de risque de TMS, il semble tout à fait logique d'avoir recours à des méthodes dont l'objectif est justement d'évaluer l'exposition des travailleurs aux facteurs de risque. Plusieurs ouvrages récents sur les TMS indiquent qu'il y a consensus dans la communauté scientifique quant à l'importance de mesurer le niveau de risque dans les milieux de travail à la suite d'une intervention (NRC/IM 2001). L'incapacité à évaluer l'exposition aux facteurs de risque de façon systématique constituerait un frein important tant à l'avancement des connaissances dans le domaine des TMS qu'à l'implantation plus étendue de mesures préventives dans et par les milieux de travail eux-mêmes.

Ainsi, plusieurs outils ou méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque physiques de TMS ont été publiés dans la littérature scientifique ces dernières années à l'intention des chercheurs et praticiens (Imbeau, Nastasia et Farbos 2004). Plusieurs de ces outils ont été développés dans le but de supporter la prise en charge de la prévention par les milieux de travail en permettant une évaluation du niveau de risque associé à une situation de travail donnée, soit un indicateur précoce de lésions professionnelles (Cole et al. 2003).

Par contre, aucune recommandation quant aux outils ou méthodes les plus appropriés n'est formulée, particulièrement en ce qui concerne les praticiens. La personne intéressée doit choisir, parmi les nombreuses méthodes publiées, celle qui convient le mieux. Cet extrait paru dans les procès-verbaux de la conférence du 17 juillet 2003 au « Robens Centre for Health Ergonomics » propose une avenue de recherche originale :

« 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)

En somme, plusieurs méthodes sont disponibles pour le praticien désireux d'évaluer les facteurs de risque de TMS présents à un poste de travail avant et après une intervention, mais laquelle choisir ? À ce sujet, il est intéressant de noter que la communauté scientifique demande maintenant de façon plus insistante à ses membres d'aller en milieu de travail pour suivre et documenter des interventions tout en testant les méthodes existantes afin qu'on en sache plus sur ce qui fonctionne ou ne fonctionne pas selon les conditions de l'intervention (Biddle, Owusu-Edusi et Camm 2005, David, Woods et Buckle 2005).

La constitution d'une base de données regroupant des interventions variées ayant fait l'objet d'évaluation du niveau de risque de TMS au moyen de méthodes publiées récemment représenterait une richesse d'information inexistante à l'heure actuelle. En effet, une telle base de données permettrait de réaliser des analyses utiles et robustes en vue d'évaluer « l'utilisabilité » des méthodes. La notion « d'utilisabilité » est définie par la norme de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) 9241-11 (1998) comme étant « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». Les résultats des analyses « d'utilisabilité » permettraient donc de mieux éclairer les milieux de travail quant aux méthodes appropriées à leur contexte spécifique.

Un terrain de recherche de choix pour ce projet

Depuis près de deux ans, la Chaire de recherche en ergonomie du Canada (CRCE) collabore avec une entreprise manufacturière québécoise qui afin d'intégrer deux méthodes d'analyse ergonomique à son programme d'amélioration continue appelé « Amélioration continue pour l'excellence » une traduction de « Achieving Competitive Excellence » (ACE^{MC}). Pratt & Whitney du Canada (P&WC) a développé et

abondamment testé dans ses propres usines durant les années 1990 ce programme qui intègre une douzaine d'outils classiques du « Lean Manufacturing » et de l'approche « Six Sigmas » (Hall 1998). Un élément intéressant de ce programme est son protocole strict de déploiement dans le temps, basé sur l'amélioration de la performance d'unités de production appelées cellules d'implantation. La performance des cellules est mesurée à intervalles réguliers par un tableau de bord comportant 19 indicateurs. Les améliorations de la performance des différentes cellules d'implantation proviennent de la conduite d'interventions régulières afin d'atteindre les objectifs fixés par le programme ACE^{MC} pour chaque cellule spécifique. Le système est donc conçu de façon à assurer une pérennité du programme sur une période assez longue (généralement quelques années) pour qu'une culture de l'amélioration continue de la productivité (ACP) puisse se développer et prendre racine au sein de l'entreprise.

Par ailleurs, une lacune importante du programme ACE^{MC} est qu'il fait peu de place aux aspects de santé et de sécurité au travail (SST) et d'ergonomie. En 2003, P&WC a donc demandé à la Chaire de recherche du Canada en ergonomie de l'École Polytechnique de l'aider à intégrer ces aspects dans son programme ACE^{MC}. Pour ce faire, la CRCE était invitée à travailler étroitement avec l'un des clients de P&WC, soit une entreprise manufacturière qui a acheté le programme ACE^{MC} pour l'implanter dans ses usines et points de services. Une entente de collaboration a donc été signée au printemps 2004 avec cette entreprise, puis renouvelée en 2005 et en 2006. Deux méthodes d'évaluation ont été choisies par l'entreprise pour être intégrées au programme ACE^{MC}. La première méthode est celle proposée par le « Finnish Institute of Occupational Health » (FIOH), soit la méthode développée par Ahonen, Launis et Kuorinka (1989). L'autre outil est le « Quick Exposure Check » (QEC). Cette méthode a été développée par Li et Buckle (1999), puis elle a évolué avec le travail de David, Woods et Buckle (2005) avant d'être adaptée par la CSST (2005a et 2005b).

L'intérêt de ce terrain de recherche tient au fait qu'il est possible de documenter de façon

prospective des interventions multiples visant l'amélioration de la productivité et la prévention des TMS. L'accès à ce terrain est maintenant acquis des chercheurs et ce, pour les quatre à cinq années qui viennent, ce qui s'avère être des conditions extrêmement rares et idéales pour documenter et suivre dans le temps de multiples interventions. Un tel contexte de recherche dans le secteur privé est tout à fait exceptionnel.

Cadre de l'étude

La CRCE a élaboré un projet visant à suivre une centaine de postes de travail sur une période de quatre ans dans l'entreprise manufacturière québécoise décrite précédemment. En vertu du programme d'amélioration auquel l'entreprise a adhéré, il est estimé que les deux tiers de ces postes seront l'objet d'interventions visant à améliorer l'ergonomie. C'est donc dans le cadre de cette étude que s'inscrit la recherche présentée dans ce rapport. En raison de l'envergure du projet de la CRCE, notamment en terme de temps et de quantité de données, le projet de recherche présenté ici propose une mise à l'essai des méthodes d'évaluation à six postes de travail afin de tester et d'adapter la méthodologie devant par la suite être déployée pour la centaine d'interventions.

Originalité de l'étude

L'étude présentée dans ce mémoire est originale à plusieurs points de vue :

- En premier lieu, l'étude consiste à documenter l'utilisation des méthodes dans un contexte réel de travail. Il arrive souvent qu'on cherche à évaluer des approches développées par des chercheurs dans des conditions contrôlées qui s'avèrent plus ou moins réalistes pour des gens de terrain. Cette fois, les méthodes seront utilisées dans des milieux de travail concrets et pour des problèmes réels et variés, ce qui n'est pas commun dans la littérature.
- Cette recherche se démarque aussi par le fait que son succès dépend étroitement de la bonne collaboration de l'entreprise au sein de laquelle se déroulent les

observations. À ce sujet, la CRCE a développé depuis deux ans une excellente relation de confiance et de collaboration avec ce milieu de travail, sans laquelle la mise en œuvre et la réalisation d'une telle étude ne seraient pas possibles.

- Finalement, le projet proposé ici présente un très grand potentiel de généralisation de la méthodologie à d'autres entreprises. Cette étude pourrait donc servir de base non seulement pour le projet décrit dans la section « Cadre de l'étude », mais également pour des recherches menées dans d'autres milieux de travail.

Retombées de l'étude

La première retombée de cette recherche est de fournir une méthodologie systématique et faisable qui pourra être déployée à grande échelle. De plus, cette étude amorce l'accumulation d'informations qui pourront être utilisées ultérieurement pour construire un arbre de décision. Ce dernier aurait pour but de guider divers intervenants (CSST, ASP, petites et moyennes entreprises [PME], praticiens) vers la méthode d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS répondant le mieux à leurs besoins.

Cette étude permet aussi à l'entreprise participante d'appuyer et de valider le choix des méthodes FIOH et QEC dans leur programme d'amélioration continue. De plus, les diverses informations obtenues par le biais de cette étude concernant les méthodes d'évaluation permettent à l'entreprise, d'une part, d'adapter les méthodes déjà en place selon ses besoins et, d'autre part, de cibler d'autres méthodes qui pourraient éventuellement s'intégrer au protocole ACE^{MC}.

Plan du mémoire

Ce mémoire comporte quatre chapitres. Le premier chapitre concerne les objectifs des travaux. Le chapitre 2 décrit la méthodologie employée pour ce projet. Les résultats sont présentés au chapitre 3 alors que le chapitre 4 correspond à la discussion. Finalement, une brève conclusion complète ce document.

CHAPITRE 1 - OBJECTIFS DES TRAVAUX

1.1. Objectif général

À la lumière des informations antérieures, et compte tenu du nombre élevé de méthodes d'évaluation dans la littérature actuelle et de leur importance potentielle dans une démarche de prévention des TMS, il apparaît qu'une étude comparant différentes méthodes soit devenue nécessaire afin de guider les praticiens dans le choix de la méthode la plus appropriée. Pour réaliser une telle étude, une méthodologie systématique et réalisable en milieu industriel doit d'abord être élaborée. Le développement de cette méthodologie ainsi que sa mise à l'essai en situation réelle constitue donc l'objectif général de ce mémoire. Pour atteindre cet objectif, dix méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS seront utilisées.

La mise à l'essai porte sur six évaluations de poste de travail au sein d'une entreprise manufacturière québécoise. Parmi ces six postes, deux ont fait l'objet d'une intervention, permettant ainsi une analyse avant et après les transformations. Rappelons que cette étude constitue la première phase d'un projet dont l'objectif final est d'évaluer 100 postes de travail et de faire le suivi de 70 interventions. Il est prévu que cet objectif soit réalisé dans une période de quatre années, et ce, au sein de la même entreprise manufacturière.

1.2. Sous-objectifs

Deux sous-objectifs découlent de l'objectif général :

1. Évaluer l'exposition aux facteurs de risque à chaque poste de travail étudié et vérifier « l'utilisabilité » des méthodes.
2. Proposer des analyses permettant de :
 - comparer les résultats de l'exposition aux facteurs de risque avant et après les transformations ;

- comparer les résultats de l'exposition aux facteurs de risque obtenus avec les différentes méthodes ;
- établir les liens entre la productivité et la SST qui ressortent des évaluations ergonomiques.

CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE

La méthodologie retenue dans cette étude a été approuvée par le Comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique¹.

2.1. Définition des principaux termes utilisés

Voici la définition des principaux termes utilisés pour réaliser les analyses ergonomiques à l'aide des différentes méthodes d'évaluation.

- **Organisation du travail :** L'organisation du travail représente une série d'activités de travail effectuées pendant un quart de travail et consiste en une ou plusieurs tâches (traduit et adapté de Colombini, Occhipinti et Grieco 2002).
- **Tâche :** Une tâche consiste en un travail effectué dans le but d'obtenir un résultat spécifique. Une tâche peut être *répétitive*, soit caractérisée par la présence de cycle, ou *non répétitive*, soit caractérisée par l'absence de cycle (traduit et adapté de Colombini, Occhipinti et Grieco 2002). Par ailleurs, une tâche peut être *simple* ou *variée*. Une tâche *simple* est caractérisée par la présence d'éléments semblables en terme d'actions, de postures et d'efforts, alors qu'une tâche *variée* comporte plusieurs éléments de différente nature à l'intérieur d'un même cycle. Aucune mesure quantitative ne permet toutefois de différencier une tâche *simple* d'une tâche *variée*. Il faut également savoir qu'une tâche peut être *unique* ou *multiple*. Une tâche est *unique* lorsqu'un travailleur est dédié à une même tâche pendant son quart de travail alors qu'une tâche *multiple* implique que le travailleur effectue une rotation entre plusieurs tâches (*simples* ou *variées*, *répétitives* ou *non répétitives*) au cours de son quart de travail (American Conference of Industrial Hygienists [ACGIH] 2002).

¹ En conformité avec la Politique d'éthique de la recherche avec des sujets humains (École Polytechnique de Montréal, 2002). Le numéro de référence du dossier est : CÉR-05/06-17.

- **Cycle de travail :** Un cycle de travail est défini comme étant la série des éléments nécessaires à l'obtention d'une unité de production (Bureau international du travail [BIT] 2001).
- **Élément :** On entend par élément toute partie distincte d'une tâche ou d'un travail donné, choisie parce qu'elle se prête à l'observation, à la mesure et à l'analyse (BIT 2001). Un élément est composé de plusieurs actions techniques.
- **Action technique :** Une action technique correspond à un ensemble de mouvements impliquant une ou plusieurs parties du corps et qui a pour finalité de réaliser une tâche (traduit et adapté de Colombini, Occhipinti et Grieco 2002).

2.2. Méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS

Dans le cadre de cette étude, dix méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS ont été choisies. Ces méthodes récentes sont susceptibles d'être utilisées par des non-chercheurs d'expertise variable en ergonomie. D'abord, le FIOH et le QEC ont été retenus parce que l'entreprise manufacturière a choisi de les intégrer à son programme d'amélioration continue (ACE^{MC}). Le FIOH évalue des éléments très variés et il paraît simple d'utilisation. Le QEC est quant à lui très intéressant puisque la CSST l'utilise désormais par le biais de ses inspecteurs (CSST 2005a et 2005b). Toutefois, puisque la CSST a modifié la version du QEC de David, Woods et Buckle (2005), les deux versions seront utilisées dans ce projet. Par ailleurs, l'outil « Rapid Entire Body Assessment » (REBA) a également été retenu parce qu'il fournit un portrait de la contrainte globale du corps (Hignett et McAtamney 2000).

Parmi les méthodes qui évaluent les contraintes aux membres supérieurs, les méthodes suivantes ont été retenues :

- « Rapid Upper Limb Assessment » (RULA) développé par McAtamney et Corlett (1993);

- « Occupational Repetitive Action » (OCRA) proposé par Occhipinti (1998). Une autre excellente référence pour cette méthode est la suivante le livre de Colombini, Occhipinti et Grieco (2002).
- « Job Strain Index » (JSI) de Moore et Garg (1995);
- « Hand Activity Level » (HAL) proposé par « l'American Conference of Industrial Hygienists » (ACGIH 2002).

Dans les situations où une contrainte au dos est présente, une analyse avec « A Guide to Manual Materials Handling » (Mital, Nicholson et Ayoub 1997) s'avère tout à fait appropriée, ainsi qu'avec le logiciel 4DWatbak, version 2.0.37 (University of Waterloo 1999). Enfin, lorsqu'il y a application de force sur des objets, le logiciel « 3D Static Strength Prediction ProgramTM » (3DSSPP), version 5.0.0 (University of Michigan 1986) a été choisi en combinaison avec les facteurs de pondération proposés dans la norme EN-1005-3 (2003). Ces pondérations permettent de se prononcer quant à l'acceptabilité de l'application de force en regard des TMS. Dans le cas de l'utilisation du logiciel 3DSSPP, la valeur la plus élevée de la force appliquée sera considérée, soit le moment de force où la contrainte est jugée la plus importante.

Une brève description de chacune de ces dix méthodes est présentée dans cette section, alors qu'une description plus détaillée de chaque méthode est présentée à l'annexe I.

1. **FIOH** : Cette méthode propose une analyse ergonomique permettant à l'évaluateur d'avoir une vue d'ensemble sur les différents facteurs de risque présents à un poste de travail (ou profil de poste). Ces facteurs de risque peuvent être reliés aux TMS, aux accidents, à l'environnement de travail, à la charge mentale, etc. C'est le seul des dix outils qui fournit ce genre d'information, tous les autres étant spécifiques aux facteurs de risque de TMS. Le contenu et la structure du FIOH font que cet outil est adapté pour l'évaluation de la plupart des tâches industrielles. Pour les besoins de cette étude, des références concernant l'intensité de travail, l'éclairage et le bruit ont été ajoutées au protocole original

de l'auteur. De plus, un pointage (sur un total de dix) est calculé pour chaque facteur de risque dans le but de faciliter l'interprétation des résultats. Finalement, la moyenne « TMS » indique la moyenne des facteurs de risque qui sont les plus susceptibles d'avoir un impact direct sur les TMS, soit les facteurs correspondant aux numéros 1, 3, 4 et 10 (poste de travail, levées de charges, postures et mouvements, et répétitivité).

2. **QEC** : Cette méthode sert à évaluer de façon distincte les risques musculo-squelettiques au dos, aux épaules et aux bras, aux mains et aux poignets ainsi qu'au cou. Il s'agit d'un questionnaire qui met à contribution l'évaluateur et le travailleur. Deux versions de cette méthode sont utilisées dans ce rapport : la version de David, Wodds et Buckle (2005) qui a été adaptée de la version originale publiée par Li et Buckle (1999) et celle de la CSST (2005a et 2005b).
3. **REBA** : REBA évalue les risques pour toutes les régions corporelles. Il prend en considération des paramètres tels la répétition, la force, les postures contraignantes, les efforts statiques ainsi que la qualité de la prise pendant l'exécution d'une tâche. D'un point de vue méthodologique, les auteurs ne donnent pas d'indication quant à la sélection des postures à analyser. Ainsi, les postures choisies pour les analyses sont les pires, soit en terme de durée d'exposition, soit en terme de force à exercer.
4. **RULA** : Cet outil évalue les risques musculo-squelettiques inhérents à l'exécution de la tâche étudiée et ce, pour les membres supérieurs, le cou ainsi que pour le tronc. Il tient compte de la répétition, de la force, de la posture et des efforts statiques. La sélection des tâches à analyser se fait en suivant la même logique que la méthode REBA.
5. **OCRA** : Au terme d'une analyse exhaustive, l'indice OCRA permet d'évaluer les risques musculo-squelettiques pour les membres supérieurs lors de l'exécution de tâches variées. Pour ce faire, les facteurs suivants sont considérés: fréquence et répétitivité des mouvements, utilisation de la force, type de posture, distribution des périodes de récupération et présence de facteurs additionnels. Il convient

également d'effectuer une étude de temps détaillée afin de déterminer le temps de cycle, le temps de maintien des postures et le nombre d'actions techniques effectuées au cours d'un cycle de travail. Au niveau méthodologique, une décision a été prise quant au nombre d'opérateurs interrogés dans la partie « Évaluation subjective de l'effort perçu selon l'échelle de Borg (1998) ». En effet, le contexte de l'étude a fait en sorte que deux opérateurs ont été interrogés alors que les auteurs suggèrent idéalement un nombre de cinq travailleurs. Ce compromis a dû être fait pour ne pas nuire à la production et ainsi s'assurer de la bonne collaboration de l'entreprise.

Au terme d'une analyse, deux indices sont obtenus pour chaque côté du corps. Le premier indice considère le niveau de risque associé à la région du coude, du poignet et de la main. Il sera appelé « indice global ». Le deuxième indice indique quant à lui le niveau de risque associé à l'épaule. Selon la procédure OCRA, les indices prédisent le pourcentage attendu de TMS dans une population de travailleurs sur une période de dix ans.

6. **HAL** : Cette méthode s'applique à la région « avant-bras, poignet, main ». Elle évalue seulement les tâches uniques qui sont répétées de façon cyclique et qui sont effectuées pendant plus de quatre heures par quart de travail. Toutefois, les tâches variées, dont l'occurrence est forte en milieu industriel, ont également été analysées avec cette méthode.

L'indice obtenu avec cette méthode définit le niveau d'activité moyen acceptable pour les mains. Pour ce faire, il faut d'abord calculer le nombre d'efforts par seconde et le pourcentage du cycle de travail relié aux efforts. Ces données sont trouvées grâce à l'étude de temps. Ensuite, la force normalisée est calculée en utilisant les données concernant la perception de l'effort maximal des travailleurs ainsi que leur force de préhension. Pour les besoins de cette étude, il a été décidé de normaliser la force pour la femme du 15^e centile afin de respecter le consensus européen inscrit dans la norme EN-1005-3 (2003).

7. **JSI** : Cette méthode fournit une évaluation spécifique au poignet. Elle tient compte de six différents composants, soit la posture d'exécution, la vitesse de travail, la durée quotidienne du travail, de même que l'intensité, la durée ainsi que la fréquence de l'effort. Cette méthode a été développée pour évaluer une tâche répétitive, simple et unique. Toutefois, comme pour la méthode HAL, les tâches variées ont également été analysées.
8. **« A Guide to Manual Materials Handling »** : Ce guide fournit des tableaux de valeurs de poids maximum acceptable dont le format et l'utilisation sont très semblables à ceux de Snook et Ciriello (1991). Le grand intérêt de ce guide est d'être plus complet et facile d'utilisation.
9. **Logiciel 3DSSPP (Version 5.0.0)** : Ce logiciel détermine, selon la modélisation en trois dimensions d'une posture recueillie à l'aide d'une photo sur le terrain, les contraintes statiques à diverses articulations pouvant s'exercer sur l'opérateur au moment de la levée ou du transport de charges, ou lors d'application de force sur des objets. Les articulations ici considérées dans les analyses sont celles des membres supérieurs, du dos et des hanches. Le mannequin utilisé pour faire les analyses est la femme du 50^e centile. Les résultats de cette analyse sont ensuite mis en relation avec la norme EN-1005-3 (2003). Cet exercice vise à déterminer si la tâche est acceptable ou non.
10. **Logiciel 4DWatbak (Version 2.0.37)** : Ce logiciel sert à évaluer les charges maximales et cumulatives d'un emploi et ce, tout au long d'un quart de travail. Ces valeurs sont ensuite utilisées par le logiciel pour déterminer un indice de déclaration de douleur au dos (IDDD) spécifique à cet emploi. D'un point de vue méthodologique, le mannequin utilisé pour faire les analyses est la femme du 50^e centile. Par ailleurs, la méthode choisie pour déterminer le nombre de postures à évaluer est celle correspondant à évaluer une posture par élément (Callaghan, Salewytch et Andrews 2001). Ainsi, pour une tâche comportant trois éléments différents (ex. : manutention, perçage et polissage), trois postures différentes sont représentées dans le logiciel 4DWatbak, soit une posture par élément.

2.3. Collecte de données

2.3.1. Développement de la méthode de collecte de données

Afin de déterminer les données à collecter, une revue détaillée de l'utilisation de chacune des méthodes présentées précédemment a été faite. Ce travail, qui s'est déroulé au cours de plusieurs semaines, a mené à la création de questionnaires inédits. Par ailleurs, des fichiers de type « Excel » ont également été développés à la suite de ce travail afin de compiler les données recueillies lors des évaluations. La méthode de recueil de données a pu être perfectionnée lors de sa mise à l'essai en situation réelle. Les grandes étapes de cette méthode de collecte de données sont présentées ici :

- Entrevue semi-dirigée avec le superviseur et/ou l'agent ACE^{MC} pour obtenir les informations générales du poste de travail (ex. : description du travail, formation requise pour les travailleurs, horaire de travail, nombre de pièces produites par quart de travail, etc.).
- Enregistrement vidéo des tâches accomplies au poste de travail étudié à l'aide d'une caméra vidéo numérique miniDV (SONY, Digital Handycam DRC-TRV17). Une durée moyenne de $30,3 \pm 16,9$ minutes a été observée. Cette durée procure une moyenne de $3,1 \pm 2,0$ cycles de travail.
- Prise de différentes mesures :
 - Force à appliquer ou poids à manutentionner mesuré à l'aide d'un dynamomètre (Chatillon DFIS 200) et/ou d'une balance (Mettler PE 16).
 - Niveau de bruit mesuré à l'aide d'un sonomètre (REED ST-8850).
 - Niveau d'éclairage mesuré à l'aide d'un luxmètre (AEMC[®] Instruments, Lightmeter Model CA811).
 - Température et vitesse de l'air (mesurés à l'aide d'un psychromètre (Mannix Model SAM990DW) et d'un anémomètre à hélice (Kestrel 1000)).
 - Dimensions du poste de travail (hauteur de travail, position des mains, atteinte maximale, dégagement pour les jambes) à l'aide d'un ruban à mesurer (Duramax 3 mètres).
- Entrevue semi-dirigée avec deux travailleurs (à tour de rôle) :

- Profil du travailleur : âge, taille, poids corporel, années d'expérience au sein de l'entreprise et au poste de travail, etc.
- Évaluation faite par le travailleur (requis pour les méthodes FIOH et QEC).
- Perception du travailleur quant aux efforts à fournir au niveau des membres supérieurs. Ces données sont obtenues grâce à l'échelle de l'effort perçu de Borg (1998) et elles sont requises pour les méthodes OCRA, HAL et JSI.
- Perception du travailleur concernant la « qualité ergonomique » du poste de travail, la nécessité d'apporter des changements et la satisfaction par rapport aux modifications effectuées. Ces valeurs sont mesurées sur une échelle visuelle analogue (EVA).
- Douleurs ressenties par le travailleur (questions basées sur l'enquête sociale et de santé 1998 (Arcand, Labrèche, Stock, Messing et Tissot 2001) portant, entre autres, sur le siège des douleurs ressenties au cours des 12 derniers et au cours des sept derniers jours).
- Force de préhension du travailleur mesurée à l'aide d'un dynamomètre (Jamar Hand Dynamometer 5030J1).
- Remplir une fiche de visite afin de documenter chronologiquement les types d'informations recueillies.

2.3.2. Déroulement de la collecte de données

Lors d'une évaluation de poste de travail, une période d'un peu plus de trois heures est requise pour recueillir toutes les données. Un praticien averti devrait toutefois prévoir plus de temps afin d'éviter les désagréments occasionnés par les moments d'attente (pause des travailleurs, temps d'arrêt non planifié, recherche d'un substitut pour remplacer les travailleurs interrogés, etc.). Ces moments d'attente s'avèrent souvent inévitables. Ils sont dus aux aléas de la production et peuvent représenter quelques heures. Le déroulement typique d'une collecte de donnée dans le temps est présenté à la figure 2.1.

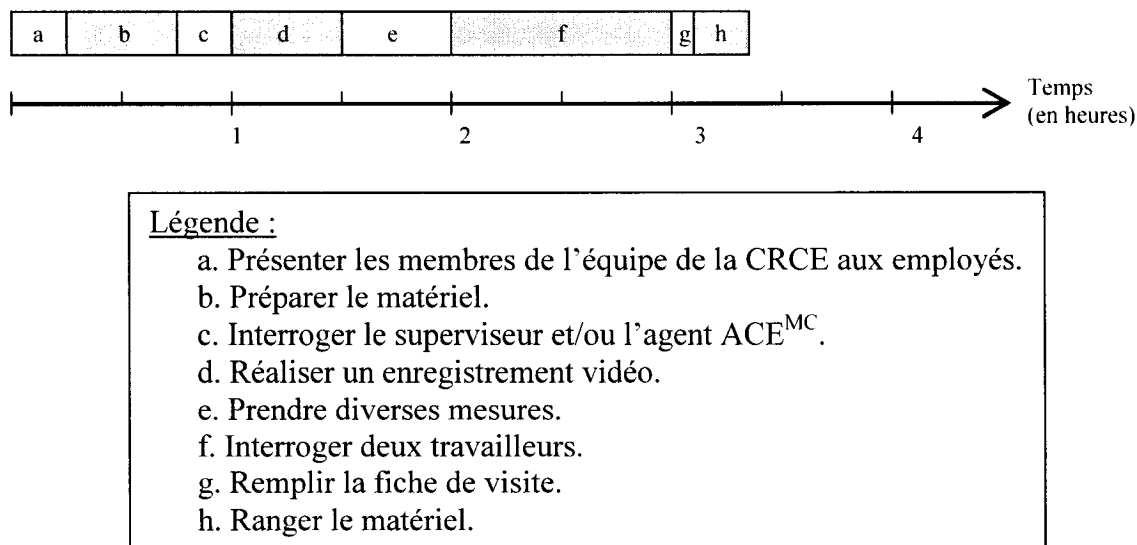


Figure 2.1 : Déroulement dans le temps d'une collecte de données typique

2.4. Préparation des données et étude de temps

Au retour de chaque visite en usine, les données sont préparées pour les analyses et la procédure est la même à la suite de chaque visite. Ainsi, les enregistrements vidéo sont numérisés, et les informations recueillies sont informatisées et classées dans les différents fichiers prévus à cet effet. Ce travail prend quelques heures.

Lorsque les données sont compilées, il convient de réaliser les études de temps. Celles-ci sont réalisées à l'aide de la version 2.90 du logiciel « Multimedia Video Task Analysis » (MVTA). Cette étude de temps est essentielle pour les méthodes OCRA, HAL, JSI, et 4DWatbak.

2.5. Description des postes de travail

Les postes de travail qui ont fait l'objet d'analyses dans le cadre de cette étude font partie de l'une des usines québécoises de l'entreprise manufacturière. Le choix des postes de travail a été fait en tenant compte de plusieurs aspects tels que les statistiques sur les lésions des travailleurs, les commentaires des employés et la perception des différents intervenants (conseiller/ère en santé et en sécurité, gestionnaires, superviseur de production, agent ACE^{MC}). Au total, ce sont six postes de travail qui ont été ciblés.

Parmi ces six postes de travail, deux d'entre eux ont été retenus par l'entreprise pour subir des modifications.

Tableau 2.1 : Évaluation des postes de travail

Postes de travail	Première évaluation	Deuxième évaluation (après transformation)
Poste A	23 novembre 2005	4 mai 2006
Poste B	2 décembre 2005	
Poste C	2 décembre 2005	
Poste D	19 décembre 2005	
Poste E	26 janvier 2006	21 avril 2006
Poste F	3 février 2006	

À tous les postes de travail mentionnés ci-dessus, la préparation et le nettoyage font partie de la description des tâches. Par contre, ces tâches ne sont pas considérées par les méthodes d'évaluation dans le cadre de ce projet de recherche puisqu'elles ne sont pas répétitives et qu'elles sont de courte durée (20 minutes par jour au total).

Une description des postes de travail est présentée à la section 2.5.1.

2.5.1. Poste A

Évaluation initiale

À ce poste, le travail est principalement constitué d'une tâche répétitive, variée et unique. Le premier élément de la tâche consiste à laminier, à l'aide d'un petit rouleau, une couche de fibre de verre sur une pièce volumineuse (figure 2.2a). Pour ce faire, la force à appliquer sur le rouleau est de 1,8 kg. Les travailleurs doivent aussi manutentionner les pièces deux fois par cycle de travail (figure 2.2b). La force initiale requise pour tirer ou pousser une pièce est de 55 kg. Des éléments de nature légère, tels que le nettoyage des rouleaux, la pose d'un gabarit, etc., sont également effectués pendant un cycle de travail. Finalement, les travailleurs doivent se déplacer fréquemment pour réaliser leur tâche mais ils peuvent également profiter de moments d'attente.

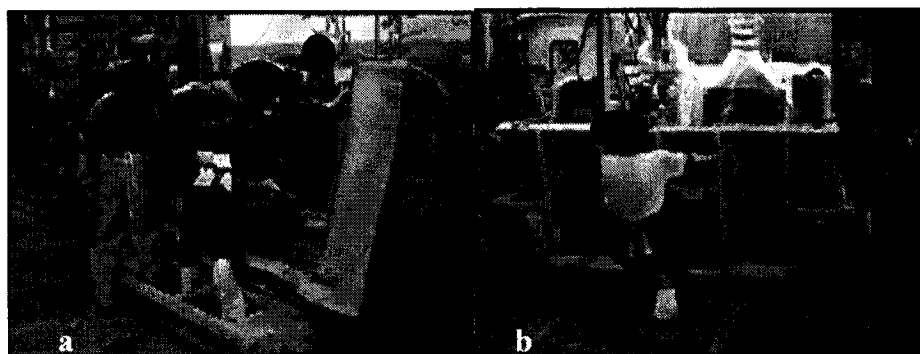


Figure 2.2 : Poste A : (a) laminage et (b) manutention

Évaluation après l'intervention

L'intervention au poste A consiste à automatiser la manutention des pièces à l'aide d'un convoyeur. Par ailleurs, le nombre de travailleurs pour effectuer la tâche diminue et passe de quatre (avant l'intervention) à trois (après l'intervention). Les autres éléments de la tâche n'ont subi aucune modification.

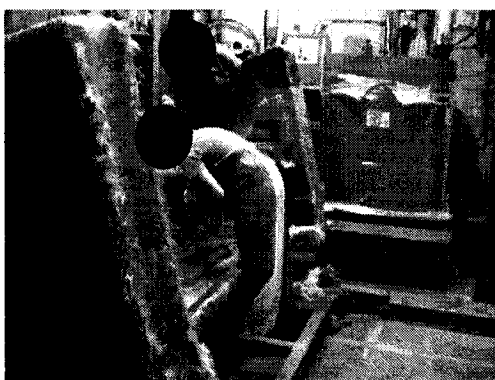


Figure 2.3 : Laminage au poste A après transformation

2.5.2. Poste B

Le poste B ressemble beaucoup au poste A. En effet, les mêmes éléments de la tâche (laminage, manutention, déplacements, attente et autres) sont effectués sur les mêmes pièces. Toutefois, la fréquence de répétition des éléments n'est pas la même. Par

exemple, la manutention n'est effectuée que quatre ou cinq fois par quart de travail au lieu d'être effectuée à chaque cycle. Par ailleurs, l'aménagement du poste de travail est différent, c'est-à-dire que les équipements sont disposés différemment.



Figure 2.4 : Laminage au poste B

2.5.3. Poste C

Au poste C, les éléments de la tâche sont similaires à ceux des postes A et B (laminage, manutention, déplacements, attente et autres). Toutefois, trois différents types de pièce sont laminées à ce poste de travail, et les quatre employés assignés au poste de travail effectuent une rotation aux alentours de la pièce. De plus, les travailleurs utilisent parfois un rouleau avec un long manche (figure 2.5a). La force à appliquer pour laminier au poste C est de 3 kg, ce qui est supérieur à la force requise aux postes A et B. Par contre, la force à déployer pour manutentionner les pièces du poste C est de 20 kg (figure 2.5b) comparativement à 55 kg aux postes A et B. Finalement, l'aménagement du poste de travail est différent des postes A et B.



Figure 2.5 : Poste C : (a) laminage et (b) manutention

2.5.4. Poste D

Le poste D fait partie de l'atelier de maintenance de l'usine. Le travail est donc composé de tâches multiples qui sont variées et non répétitives. Toutefois, la tâche qui a été analysée se déroule exclusivement à la table de soudure présentée à la figure 2.6 puisque les activités réalisées à cette table sont similaires. Par ailleurs, les principaux éléments de la tâche sont : la soudure, l'assemblage, la vérification et l'attente.



Figure 2.6 : Soudure au poste D

2.5.5. Poste E

Évaluation initiale

Le poste E est constitué d'une tâche répétitive, variée et unique. L'objectif de l'employé à ce poste de travail est d'effectuer les réparations sur une pièce. Ainsi, plusieurs

éléments constituent cette tâche : sablage, polissage, application de mastic, projection d'air, déplacements fréquents, attente et autres éléments légers (figure 2.7).



Figure 2.7 : Poste E : (a) Sablage et (b) polissage

Évaluation après l'intervention

La principale transformation à ce poste de travail est l'implantation d'un dispositif de levage qui permet à l'employé de travailler avec une posture plus droite (figure 2.8).



Figure 2.8 : Poste E après transformation : (a) Sablage et (b) application de mastic

2.5.6. Poste F

À ce poste de travail, l'employé est appelé à effectuer des actions visant à réparer la pièce. Pour ce faire, il doit sabler, peindre, etc. (figure 2.9a). De plus, le travailleur

doit demander de l'aide à un autre employé afin d'effectuer la manutention des pièces (figure 2.9b).

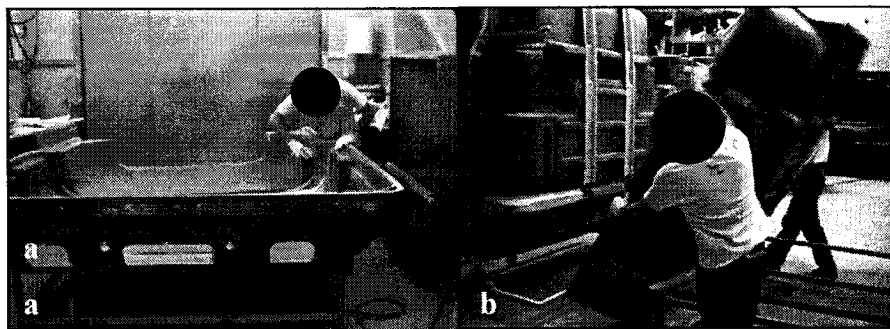


Figure 2.9 : Poste F : (a) sablage et (b) manutention

2.6. Caractéristiques des sujets

Caractéristiques des travailleurs

À l'exception du poste E où un seul travailleur est assigné à cet emploi, deux opérateurs par poste de travail ont été questionnés. Ce nombre est le meilleur compromis pour avoir une certaine variabilité dans les résultats et ne pas trop affecter les activités de production. Ce dernier aspect est très important afin de s'assurer de la bonne collaboration de l'entreprise. C'est donc un élément crucial non seulement pour le succès de la présente étude, mais également pour les recherches à venir au sein de cette entreprise. C'est un facteur limitant, mais il faut le respecter.

Un numéro d'identification unique a été attribué à chacun des travailleurs interrogés afin de respecter la confidentialité des données fournies par les travailleurs. De plus, ce numéro facilite le repérage des données. Lorsque c'était possible, les travailleurs interrogés à la première évaluation d'un poste de travail ont été questionnés à nouveau lors de la deuxième évaluation. Toutefois, en raison du roulement de personnel à l'intérieur de l'usine, cette condition n'a pas toujours pu être respectée. Le nombre total de travailleurs questionnés pour cette étude est de 12. De ce nombre, il y a six femmes et six hommes travaillant tous sur le quart de travail de jour. Les caractéristiques

générales des travailleurs interrogés au cours de la recherche sont présentées au tableau 2.2.

Tableau 2.2 : Description des caractéristiques des travailleurs

Sexe	Âge en année	Taille en cm	Poids corporel en kg	Années d'expérience dans l'entreprise	Années d'expérience au poste de travail
F	39,8 ± 9,9	159,6 ± 7,1	57,2 ± 3,0	4,0 ± 1,9	2,0 ± 2,3
H	33,8 ± 10,7	178,2 ± 9,0	81,5 ± 18,8	6,1 ± 4,5	1,5 ± 2,0
Moyenne	36,8 ± 10,7	168,9 ± 12,3	69,4 ± 18,1	5,0 ± 3,6	1,8 ± 2,2

Caractéristiques de la praticienne

L'auteur de ce document a agi à titre de praticienne pour cette étude. Ainsi, seules les données collectées par l'auteur ont été utilisées. Cette procédure a été respectée afin de maintenir une qualité élevée et uniforme des données collectées et des analyses réalisées. Détentrice d'un diplôme de premier cycle en génie industriel, l'auteur a eu l'occasion de développer un esprit critique grâce aux cours suivis pendant sa formation de deuxième cycle, spécialisée en ergonomie occupationnelle. De plus, elle a été impliquée dans un projet similaire dans les pépinières forestières du Québec en 2004-2005. C'est donc sur ces acquis que se base l'auteur pour procéder à la mise à l'essai des méthodes d'évaluation et pour se prononcer quant à « l'utilisabilité » de chacune de d'elles.

2.7. Méthodologie spécifique aux sous-objectifs

2.7.1. Évaluer l'exposition aux facteurs de risque de TMS à six postes de travail et vérifier « l'utilisabilité » des méthodes d'évaluation

L'atteinte de cet objectif implique d'abord de faire la collecte de données, puis d'analyser les postes de travail à l'aide de chaque méthode d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS applicables. Les analyses doivent être réalisées conformément à la méthodologie décrite par le ou les auteurs de chaque méthode. L'analyse des résultats doit permettre, d'une part, d'identifier les postes de travail et les régions corporelles les plus à risque pour les travailleurs et, d'autre part, d'objectiver la

situation à des moments différents. Les résultats obtenus sont compilés dans des fichiers prévus à cet effet.

Ensuite, il est intéressant de vérifier « l'utilisabilité » de chaque méthode. Pour y arriver, une fiche doit être remplie lors des analyses afin d'évaluer les méthodes en situation réelle. Cette fiche décrit les mesures « d'utilisabilité » et elle est présentée au tableau 2.3. Ces mesures servent à préciser les trois critères de la notion « d'utilisabilité », soit l'efficacité, l'efficience et la satisfaction (ISO 9241-11 1998). L'efficacité désigne le fait que le produit permet à ses utilisateurs d'atteindre le résultat prévu. L'efficience ajoute la notion de moindre effort ou de temps minimal requis pour atteindre ce résultat. Finalement, la satisfaction a trait au confort et à l'évaluation subjective de l'interaction pour l'utilisateur.

Tableau 2.3 : Mesures « d'utilisabilité »

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	Description qualitative de ce en quoi la méthode est appropriée ou non.
Facteurs de risque présents mais non considérés	Il s'agit ici de nommer et de faire le décompte des facteurs de risque présents aux tâches observées, mais non pris en compte par la méthode. Par exemple, si le facteur « vibration » est présent pour quatre tâches observées, mais qu'il n'est pas pris en compte par la méthode d'évaluation, ce sera indiqué de la façon suivante : vibration (n = 4).
Efficience	
Étendue de la collecte de données	Temps requis pour collecter les données.
Temps d'analyse	Temps moyen pour analyser une tâche avec la méthode.
Temps d'apprentissage	Temps requis pour apprendre la méthode en question. Ce temps correspond à un apprentissage de type autodidacte.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	Il convient de nommer les difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode en situation réelle.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	Il suffit de nommer les points forts et faibles des méthodes d'évaluation.

Par ailleurs, il est mentionné que les lignes directrices de la norme ISO 9241-11 (1998) peuvent aider à effectuer un choix entre des produits déjà disponibles. Cette dernière affirmation confirme donc le choix de cette norme pour comparer les méthodes d'évaluation du niveau de risque de TMS.

2.7.2. Proposition d'analyses comparatives

Il s'agit d'abord de proposer les analyses visant à *comparer les méthodes entre elles*. Plus spécifiquement, les résultats obtenus doivent d'abord être comparés globalement, c'est-à-dire en se référant au code couleur associé au niveau de risque. Ensuite, différents groupes homogènes doivent être formés pour comparer les méthodes entre elles.

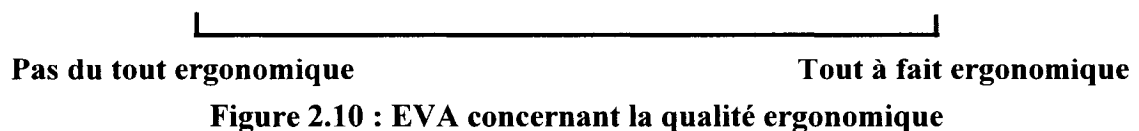
Il est également pertinent de savoir si *les méthodes perçoivent les changements* réalisés au poste de travail. Il s'agit donc de comparer l'évaluation faite avant les transformations à celle faite après l'implantation des transformations et de mesurer l'écart entre les deux évaluations. Ceci doit être répété pour chaque méthode utilisée. L'atteinte de cet objectif permet d'évaluer la réduction des facteurs de risque de TMS découlant des transformations, de même que le déplacement des contraintes d'une région corporelle à une autre si tel est le cas.

Par ailleurs, il est également intéressant de discuter de la sensibilité des méthodes d'évaluation. Par exemple, est-ce que les méthodes détectent le risque de TMS lorsque les travailleurs déclarent des *douleurs* reliées au travail ? Pour ce faire, des questions sur les douleurs ressenties au cours des 12 derniers mois sont posées aux employés. Ces questions servent à déterminer si les douleurs ressenties sont nouvelles ou non. Des questions sur les douleurs ressenties au cours des sept derniers jours sont également posées aux travailleurs. Ces questions permettent entre autres de savoir si les travailleurs perçoivent leurs douleurs comme étant reliées au travail. Si oui, est-ce que ces résultats concordent avec ceux obtenus avec les méthodes d'évaluation ? De plus, des questions

portent sur l'intensité de la pire douleur ressentie afin de permettre aux travailleurs de quantifier leur douleur sur l'échelle de la douleur de Borg (1998). Encore là, des liens peuvent être faits avec les résultats des méthodes d'évaluation du niveau de risque de TMS.

Un autre moyen d'évaluer indirectement la sensibilité des méthodes consiste à recueillir la *perception* des travailleurs, de l'agent ACE^{MC} et de l'expert. Ce dernier rôle a été assumé par l'auteur de ce mémoire, puisqu'elle était responsable de la collecte des données et des analyses. Les perceptions des différents acteurs s'avèrent pertinentes puisqu'elles intègrent 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 (ex. : les méthodes de production, le mode de rémunération, la formation, l'organisation temporelle de l'activité, etc.), et ceux qui sont en lien avec la conception et l'aménagement (ex. : les dimensions 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 capter.

La perception des intervenants est obtenue en utilisant des échelles visuelles analogues (EVA) d'une longueur de dix centimètres sur la feuille-réponse. Ainsi, pour connaître la perception des acteurs sur la qualité "ergonomique" du poste de travail, les intervenants doivent se prononcer sur une EVA :



Une autre mesure intéressante est la perception de chaque acteur quant à la nécessité des changements à apporter au poste de travail, en utilisant l'échelle suivante:


Pas du tout nécessaires **Tout à fait nécessaires**

Figure 2.11 : EVA concernant la nécessité des changements à apporter

Ensuite, pour ce qui est de l'expert, il convient de lui demander sa perception du niveau d'exposition aux facteurs de risque liés aux TMS avant et après chaque intervention et ce, pour les membres supérieurs et pour la région du dos.


Pas du tout risqué **Risque extrêmement élevé**

Figure 2.12 : EVA concernant le niveau d'exposition aux facteurs de risque de TMS

Finalement, à la suite d'une transformation réalisée au poste de travail, les différents acteurs doivent se prononcer quant à leur satisfaction vis-à-vis ces changements.


Pas du tout satisfait **Tout à fait satisfait**

Figure 2.13 : EVA concernant la satisfaction vis-à-vis les changements apportés

Chaque répondant est également prié de motiver ou d'expliquer son évaluation. L'intérêt principal de ces mesures de perception est de les relier (ex. : par corrélation) aux évaluations faites au moyen des différentes méthodes.

Finalement, une dernière analyse devrait permettre d'établir *les liens entre la productivité et la santé et sécurité au travail qui ressortent des évaluations ergonomiques*. Pour ce faire, des études de temps sont effectuées pour déterminer la durée de chaque élément. Ensuite, les éléments de la tâche sont classés en activité à valeur ajoutée ou à non-valeur ajoutée. Une activité à valeur ajoutée est définie par une activité qui ajoute de la valeur au produit aux yeux du client (ex. : extrusion de pièce,

peinture du produit, etc.). Une activité à non-valeur ajoutée est pour sa part caractérisée par une activité qui n'ajoute pas de valeur aux yeux du client (ex. : attente, manutention excessive, etc.). Il faut toutefois noter que certaines activités à valeur non ajoutée sont nécessaires (ex. manutention minimale, etc.). Par ailleurs, le questionnaire à l'intention des travailleurs permet aussi de recueillir des informations directement liées à la productivité puisqu'il permet à l'opérateur de s'exprimer librement sur plusieurs aspects de son travail. Tous ces commentaires concernant la productivité doivent donc être regroupés.

CHAPITRE 3 - RÉSULTATS

Les résultats présentés dans cette section sont ceux du poste A.

3.1. Résultats de l'étude de temps

Les résultats de l'étude de temps du poste A avant l'intervention sont présentées au tableau 3.1. (Les études de temps des postes de travail B-C-D-E et F sont présentées à l'annexe II.) À ce poste, le temps moyen d'un cycle de travail est de 8 minutes et 33 secondes. Le nombre d'actions techniques effectuées par minute est de 6,3 pour le côté gauche et de 54,6 pour le côté droit.

Tableau 3.1 : Résultats de l'étude de temps

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Laminage	41	Valeur ajoutée
Manutention	6	Non-valeur ajoutée nécessaire
Déplacements	10	Non-valeur ajoutée nécessaire
Attente	29	Non-valeur ajoutée
Autres éléments	14	Non-valeur ajoutée nécessaire

Les résultats de l'étude de temps après l'intervention sont semblables à ceux de l'analyse avant l'intervention. En effet, le temps moyen d'un cycle de travail est de 8 minutes et 29 secondes après l'intervention et le nombre d'actions techniques effectuées par minute est de 5,5 pour le côté gauche et de 52,3 pour le côté droit. Le tableau suivant montre le pourcentage du temps de cycle associé à chaque élément de la tâche et leur impact sur la productivité

Tableau 3.2 : Résultats de l'étude de temps après l'intervention

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Laminage	57	Valeur ajoutée
Manutention	n/a	Non-valeur ajoutée nécessaire
Déplacements	6	Non-valeur ajoutée nécessaire
Attente	22	Non-valeur ajoutée
Autres éléments	15	Non-valeur ajoutée nécessaire

Facteurs de risque	Évaluateur					Travailleur (n=2)			Pointage (sur un total de 10)
	1	2	3	4		++	+	-	
1. Poste de travail			x		n/a		x	x	5,8
2. Charge physique globale			x		n/a	x	x		4,2
3. Levées de charges						x	x		5,8
4. Posture de travail et mouvements				x				x	7,9
5. Risque d'accident				x			x		6,3
6. Contenu de la tâche		x				xx			1,3
7. Contraintes dans la tâche			x			x	x		3,3
8. Communication et contact personnel		x				xx			1,3
9. Prise de décision			x			x	x		3,3
10. Répétitivité			x				x	x	5
11. Attention exigée		x			n/a	x	x		2,5
12. Éclairage		x			n/a			xx	5
13. Environnement thermique							x	x	7,5
14. Bruit				x			x	x	6,3
Moyenne globale									4,7
Moyenne « TMS »									6,1

Dans ce tableau et dans tous les tableaux de ce rapport, plus un résultat pour un facteur s'approche de la couleur « rouge », soit une zone de plus en plus foncée, plus le risque associé à ce facteur est élevé. Ainsi, de l'ensemble des résultats du FIOH, il apparaît que les quatre facteurs de risque les plus problématiques concernent les postures de travail et les mouvements, le risque d'accident, l'environnement thermique ainsi que le bruit. Le poste de travail, la charge physique de travail, les levées de charges, la répétitivité et l'éclairage représentent également des éléments qui se démarquent à la suite de l'analyse avec le FIOH. Il faut noter que selon cette méthode, aucun facteur de risque ne se situe dans la zone « rouge » simultanément par l'évaluateur et les opérateurs. De plus, les résultats des deux opérateurs interrogés montrent une certaine variabilité entre eux. Ces deux derniers faits sont dus au caractère subjectif de la méthode. En effet, c'est l'évaluation subjective de chaque travailleur et de l'évaluateur qui fait la différence entre les résultats. Finalement, le niveau de risque global obtenu avec cette méthode est de 4,7 sur une échelle de 10 alors que la moyenne « TMS » correspond à 6,1.

Les mesures « d'utilisabilité » de la méthode FIOH ont été recueillies lors des évaluations aux postes de travail et elles sont présentées dans le tableau 3.4

Tableau 3.4 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode FIOH

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	- Comme le FIOH évalue un poste de travail fixe, tous les types de tâches peuvent être évalués. La méthode est donc entièrement adéquate.
Facteurs de risque présents mais non considérés	- Vibrations. Il en est mention implicitement dans l'élément « Poste de travail », mais il n'y a pas de critère d'évaluation spécifique. Par exemple, il n'est pas question de durée d'exposition ou de fréquence (n = 3). - Force à appliquer sur un objet (n = 7). - Fréquence de manutention (n = 4). - Pousser ou tirer une charge (n = 3). - Pression au niveau des genoux (n=1).

Tableau 3.4 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode FIOH (suite)

Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Vidéo (temps moyen : 30,3 min $\pm$ 16,9). - Dimensions du poste de travail : hauteur de travail, atteintes maximales, espace pour les jambes (5 min). - Poids des objets manutentionnés (5 min). - Environnement du poste: éclairage, bruit, température, vitesse de l'air (5 min). - Questionnaire dédié à deux travailleurs (24 min).
Temps d'analyse requis	58,1 minutes $\pm$ 14,1.
Temps d'apprentissage	Quelques heures.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- La charge de travail est difficile à évaluer en se basant sur le protocole de l'auteur. Les exemples donnés (ex. marche en montagne, vélo à 18 km, etc.) ne sont pas représentatifs des tâches industrielles. Une fiche décrivant l'intensité de travail a donc été ajoutée à la méthode originale. Cette fiche est présentée dans la section portant sur le FIOH à l'annexe I. - Il est très difficile de donner priorité aux différents éléments au terme de l'analyse. Un système de pointage a donc été imaginé dans le but de comparer les facteurs entre eux. Cette partie semble très importante pour les intervenants.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode :</u> - Méthode générale qui donne un portrait global de la situation à un poste de travail. - Facilité d'utilisation. <u>Points faibles de la méthode :</u> - Aucune valeur n'est recommandée pour l'éclairage et pour le bruit. L'évaluateur doit avoir en main ses propres normes. Les valeurs utilisées dans le cadre de cette étude sont présentées à l'annexe I. - Les facteurs présents mais non considérés cités plus haut semblent importants dans une évaluation à caractère ergonomique et plus particulièrement ceux concernant la force à appliquer ou la manutention puisque l'occurrence de ces éléments est élevée en milieu industriel. - L'interprétation des résultats est difficile sans le système de pointage. Par ailleurs, il est difficile d'expliquer le fait que, pour la partie « évaluateur », certains facteurs de risque (poste de travail, charge physique de travail, attention exigée, éclairage) ont seulement quatre niveaux de réponse alors que tous les autres en ont cinq.

3.2.2. QEC

L'analyse avec la méthode QEC a été séparée en deux parties distinctes étant donné la nature très différente des éléments de la tâche. Le premier élément analysé constitue l'activité principale, soit le laminage. Le deuxième élément concerne la manutention des pièces. Le cycle de travail est composé d'autres éléments de nature légère mais il n'a pas été jugé utile de les analyser séparément puisqu'ils paraissent négligeables en terme de durée d'exposition, de posture contraignante et de force à exercer comparativement aux deux éléments choisis. L'analyse QEC a été effectuée avec les deux versions, soit la version de David, Woods et Buckle (2005) et la version de la CSST (2005a et 2005b). Les résultats obtenus sont présentés aux tableaux 3.5 et 3.6.

Tableau 3.5 : Résultats de l'analyse QEC pour l'élément « laminage »

Version	OP	Dos	Bras	Mains	Cou	Conduite	Vibration	Rythme	Stress	GLOBAL
David et al.	1	30	34	40	14	1	1	4	1	
	2	30	34	40	14	1	1	1	1	
CSST	1	34	34	40	14			√		
	2	34	34	40	14					

Tableau 3.6 : Résultats de l'analyse QEC pour l'élément « manutention »

Version	OP	Dos	Bras	Mains	Cou	Conduite	Vibration	Rythme	Stress	GLOBAL
David et al.	1			28	12	1	1	4	1	63 %
	2	38	38	22	12	1	1	1	1	
CSST	1			28	12			√		
	2	38	38	22	12					

Au tableau 3.5, l'analyse effectuée à l'aide de la version du QEC de David, Woods et Buckle (2005) pour l'élément « laminage » démontre que le risque est « élevé » pour les régions des bras, des mains et du cou. L'indice global montre toutefois que le risque global relatif à cet élément est « très élevé ». Les résultats sont sensiblement les mêmes pour la version de la CSST, à l'exception de la région du dos qui est jugée plus sévèrement avec cette version. De plus, puisque la CSST a développé une interprétation des résultats différente de la version de David, Woods et Buckle, l'évaluateur reçoit un

signal différent lorsqu'il observe les résultats des deux versions. L'exemple le plus marquant de cette différence d'interprétation est au niveau du cou. En effet, selon la version de David, Woods et Buckle, un résultat de 14 est interprété comme étant « orange foncé », soit un niveau de risque « élevé », alors que pour la version de la CSST, ce même résultat est interprété comme étant « vert », soit un niveau de risque « faible ». De plus, aucun pointage n'est associé aux facteurs « conduite », « vibration », « rythme » et « stress ». Ils sont considérés comme étant des facteurs aggravants (représentés par «√ » dans le tableau) lorsque le risque qui leur est associé est « moyen » ou « élevé ».

En ce qui concerne la tâche de manutention (tableau 3.6), les deux versions s'accordent au niveau des résultats, mais il existe toujours une différence au niveau de l'interprétation de ceux-ci. Par ailleurs, les résultats associés à l'opérateur 1 diffèrent des résultats associés à l'opérateur 2, ce qui fait ressortir le caractère subjectif de cette méthode. En effet, c'est l'évaluation subjective de chaque travailleur qui fait la différence entre les résultats. Le tableau 3.7 présente les mesures « d'utilisabilité » recueillies lors des évaluations effectuées avec la méthode QEC.

Tableau 3.7 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode QEC

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	La méthode QEC est conçue pour évaluer le pire élément d'une tâche, peu importe son type. La méthode est donc entièrement adéquate.
Facteurs de risque présents mais non considérés	Poids réel des objets à manutentionner ou forces réelles à exercer (n=4).
Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Questionnaire à l'intention du travailleur (10 min). - Vidéo (temps moyen : 30,3 min ± 16,9).
Temps d'analyse requis	35 minutes ± 16,6.
Temps d'apprentissage	Quelques heures.

Tableau 3.7 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode QEC (suite)

Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Il est difficile de déterminer le pire élément de la tâche qui devrait être évalué. - Il est aussi difficile de déterminer si plusieurs analyses devraient être effectuées dans le cas d'une tâche variée constituée de plusieurs éléments de nature différente. Par exemple, faut-il analyser séparément ou non l'élément de manutention. Souvent, la manutention n'est pas l'activité principale, mais il faut tout de même en tenir compte. Une autre méthode qui serait plus spécifique à la tâche de manutention serait peut-être à privilégier.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode :</u> - Facilité d'utilisation. - L'interprétation des résultats est très intéressante. D'une part, les résultats sont séparés selon les régions du corps et l'évaluateur sait s'il y a présence de facteurs aggravants. D'autre part, il est possible de calculer un indice global. De plus, en s'attardant aux résultats bruts, il est facile de connaître les facteurs de risque qui ont le plus d'impact sur le pointage final. Ce dernier aspect est particulièrement intéressant lorsque des interventions ergonomiques sont appelées à être effectuées à la suite des analyses. <u>Points faibles de la méthode :</u> - Le poids réel de la pièce à manutentionner n'est pas considéré. L'analyse est basée sur la perception du travailleur. Il y a donc un risque que le travailleur ne juge pas le poids dangereux alors qu'il l'est ou l'inverse. - La fréquence de manutention n'est pas sensible. Par exemple, toutes les manutentions de moins de trois fois par minute sont considérées également. - Dans la version de David, Wodds et Buckle, dès qu'une tâche dure plus de quatre heures, il y a un risque modéré au niveau des bras et des épaules ainsi qu'au niveau des mains et des poignets, et ce, même si tous les autres facteurs de risque sont évalués favorablement. Pire encore, le niveau de risque est jugé « élevé » au niveau du cou ! Il semble donc que le niveau de risque soit surestimé lors de cette situation particulière.

3.2.3. REBA

Afin de réaliser l'évaluation du poste A avec la méthode REBA, le travail a été séparé en deux parties distinctes (laminage et manutention), tout comme cela a été fait lors de l'analyse avec la méthode QEC. Toutefois, comme REBA ne tient pas compte des aspects « fréquence des mouvements » et « durée » de manière aussi précise que le QEC, le résultat obtenu au terme de l'analyse est associé à une posture spécifique. Voici le détail de l'analyse pour l'élément « laminage » :

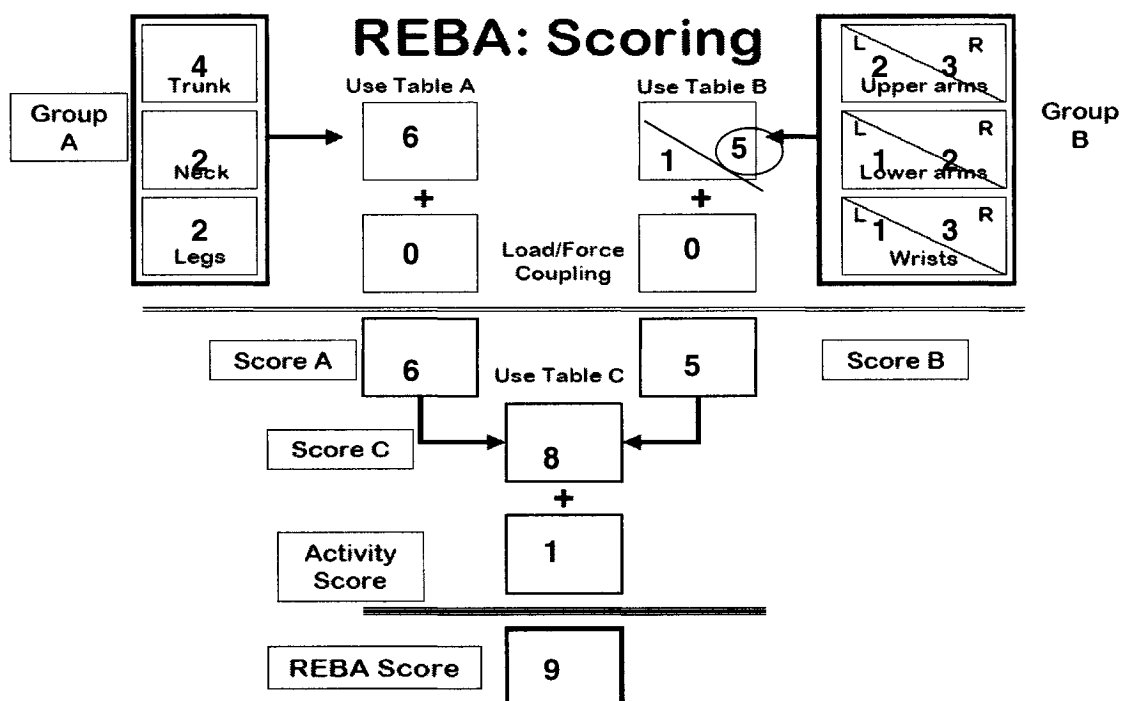


Figure 3.1 : Résultats de l'analyse REBA pour l'élément « laminage »

Le pointage associé à l'élément « laminage » est de 9, ce qui correspond à un risque élevé. La même procédure a été appliquée pour l'élément « manutention » et le résultat est de 9 également. Rappelons toutefois que selon l'interprétation des auteurs, il existe une catégorie de risque « très élevée » pour les pointages se situant entre 11 et 15. La fiche relative à l'utilisation de la méthode REBA est présentée au tableau 3.8.

Tableau 3.8 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode REBA

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	La méthode REBA a été développée pour analyser une posture précise, peu importe le type de tâche. La méthode est donc adéquate pour tous les postes étudiés.
Facteurs de risque présents mais non considérés	- Durée d'exposition (n=8). - Fréquence de manutention (n=4). - Poids de plus de 10 kg (n=4). (Selon REBA, tous les poids de plus de 10 kg sont considérés également). - Pression au niveau des genoux (n=1). - Vibration (n=3).
Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Vidéo (30,3 minutes $\pm$ 16,9). - Poids manipulé ou force appliquée (5 min).
Temps d'analyse requis	38,4 minutes $\pm$ 12,3.
Temps d'apprentissage	Quelques heures.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Le choix de la posture à évaluer est ambigu. Chaque posture devrait idéalement faire l'objet d'une analyse séparée mais cette approche peut prendre beaucoup d'ampleur, notamment pour tâches longues et variées. Par exemple, au poste A, il y a huit éléments différents, et chacun de ces éléments comporte plusieurs postures différentes. Ce nombre de postures est d'ailleurs difficile à évaluer compte tenu de la nature dynamique du travail.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode :</u> - Facilité d'utilisation - Méthode intéressante pour connaître rapidement le niveau de risque associé à une posture - L'indice global est intéressant pour donner priorité aux tâches. <u>Points faibles de la méthode :</u> - Méthode peu sensible par rapport à la manutention des poids. Par exemple, au poste A, il y a une manutention de 55 kg toutes les quatre minutes, et au poste C, il y a une manutention de 20 kg toutes les quatre minutes. Or, ces deux tâches sont considérées également en terme de risque.

Tableau 3.8 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode REBA (suite)

Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode (suite)	<u>Points faibles de la méthode (suite) :</u> - Dans une optique de prévention des TMS, cette méthode n'indique pas les éléments les plus problématiques, c'est-à-dire les éléments qui affectent le plus le pointage final. Cette lacune est d'autant plus importante si l'évaluateur désire effectuer une intervention ergonomique. Dans ce cas, cette méthode devrait être combinée à une méthode plus précise pour orienter l'intervention vers la correction des facteurs de risque les plus contraignants.
---	---

3.2.4. RULA

Puisque la méthode RULA ressemble beaucoup à la méthode REBA, la même logique a été appliquée en ce qui a trait à la séparation des éléments de la tâche. La figure 3.2 présente donc les résultats pour l'élément « laminage ». Seul le côté droit a été évalué puisque l'observation de la tâche a démontré que ce côté est beaucoup plus sollicité que le côté gauche.

RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

A. Arm & Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position

Step 1a: Adjust...

- If shoulder is raised: +1
- If upper arm is abducted: +1
- If arm is suspended or hanging: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 2a: Adjust...

- Arm is working across middle of the body: +1
- Arm is to side of body: -1

Step 3: Locate Wrist Position

Step 3a: Adjust...

- If wrist is bent from the middle: +1

Step 4: Wrist Twist

- If wrist is twisted mainly in mid-range: +1
- If twist is at or near end of twisting range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A

Use values from steps 1, 2, 3 & 4 to locate Posture Score in Table A.

Step 6: Add Muscle Use Score

- If posture mainly static (i.e. held for longer than 1 minute) or if action repeatedly occurs 4 times per minute or more: +1

Step 7: Add Force/load Score

- If load less than 2 kg (approximate): +0
- If 2 kg to 10 kg (approximate): +1
- If 10 kg to 15 kg (approximate): +2
- If more than 15 kg (approximate) or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C

The combined score from the Arm/Wrist analysis is used to find the row on Table C.

SCORES

Table A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Twist
0	0	0	0
0	0	1	0
0	0	2	0
0	1	0	0
0	1	1	0
0	1	2	0
0	2	0	0
0	2	1	0
0	2	2	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	0	2	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	2	0
1	2	0	0
1	2	1	0
1	2	2	0
2	0	0	0
2	0	1	0
2	0	2	0
2	1	0	0
2	1	1	0
2	1	2	0
2	2	0	0
2	2	1	0
2	2	2	0

Table B

Neck	Trunk	Legs
0	0	0
0	0	1
0	0	2
0	1	0
0	1	1
0	1	2
0	2	0
0	2	1
0	2	2
1	0	0
1	0	1
1	0	2
1	1	0
1	1	1
1	1	2
1	2	0
1	2	1
1	2	2
2	0	0
2	0	1
2	0	2
2	1	0
2	1	1
2	1	2
2	2	0
2	2	1
2	2	2

Table C

Posture	Muscle Use	Force/Load
0	0	0
0	0	1
0	0	2
0	0	3
0	1	0
0	1	1
0	1	2
0	1	3
0	2	0
0	2	1
0	2	2
0	2	3
0	3	0
0	3	1
0	3	2
0	3	3
1	0	0
1	0	1
1	0	2
1	0	3
1	1	0
1	1	1
1	1	2
1	1	3
1	2	0
1	2	1
1	2	2
1	2	3
1	3	0
1	3	1
1	3	2
1	3	3
2	0	0
2	0	1
2	0	2
2	0	3
2	1	0
2	1	1
2	1	2
2	1	3
2	2	0
2	2	1
2	2	2
2	2	3
2	3	0
2	3	1
2	3	2
2	3	3
3	0	0
3	0	1
3	0	2
3	0	3
3	1	0
3	1	1
3	1	2
3	1	3
3	2	0
3	2	1
3	2	2
3	2	3
3	3	0
3	3	1
3	3	2
3	3	3

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position

Step 9a: Adjust...

- If neck is tilted: +1
- If neck is side-bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position

Step 10a: Adjust...

- If trunk is tilted: +1
- If trunk is side-bending: +1

Step 11: Legs

Step 11a: Adjust...

- If legs & feet supported and balanced: +1
- If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B

Use values from steps 9, 10 & 11 to locate Posture Score in Table B.

Step 13: Add Muscle Use Score

- If posture mainly static or if action repeatedly occurs: +1

Step 14: Add Force/load Score

- If load less than 2 kg (approximate): +0
- If 2 kg to 10 kg (approximate): +1
- If 10 kg to 15 kg (approximate) or repeated or shocks: +2
- If more than 15 kg (approximate) or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C

The combined score from the Neck/Trunk & Leg analysis is used to find the column on Table C.

Final Score = 7

Subject: _____

Company: _____

Department: _____

Scorer: _____

Date: / /

Figure 3.2 : Résultats de l'analyse RULA pour la tâche de « laminage »

Le pointage final associé à l'élément « laminage » est 7, ce qui correspond au pointage le plus élevé pouvant être obtenu avec RULA. Lors de l'obtention d'un tel pointage, les auteurs suggèrent de pousser l'analyse plus loin et de faire des changements immédiatement. L'élément « manutention » a été évalué suivant le même protocole et le pointage final est également 7.

Les analyses effectuées avec RULA ont permis de remplir la fiche « d'utilisabilité » propre à cette méthode d'évaluation.

Tableau 3.9 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode RULA

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	- La méthode RULA a été développée pour analyser une posture précise, peu importe le type de tâche. La méthode est donc adéquate pour les types de tâche étudiés.
Facteurs de risque présents mais non considérés	- Durée d'exposition (n=8). - Fréquence de manutention (n=4). - Poids de plus de 10 kg (n=4). RULA considère tous les poids de plus de 10 kg également. - Vibration (n=3).
Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Enregistrement vidéo (30,3 minutes $\pm$ 16,9). - Poids manipulé ou force appliquée (5 minutes).
Temps d'analyse	20,6 minutes $\pm$ 8,2.
Temps d'apprentissage	Quelques heures.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Tout comme REBA, le choix de la posture à évaluer est ambigu. - Les auteurs de RULA définissent cette méthode comme une méthode d'évaluation de l'exposition aux risques de TMS pour les membres supérieurs, mais elle tient compte de la position du dos et des jambes, ce qui peut porter à confusion lors de l'interprétation des résultats.

Tableau 3.9 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode RULA (suite)

Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode :</u> - Facilité d'utilisation. - Méthode intéressante pour connaître rapidement le niveau de risque associé à une posture spécifique. - L'indice global est intéressant pour prioriser les postures à risque. <u>Points faibles de la méthode :</u> - Méthode peu sensible pour déterminer la priorité des éléments ou des postures à risque. En effet, le pointage le plus élevé est 7, ce qui correspond à un risque élevé. Toutefois, parmi les tâches cotées 7, certaines semblent beaucoup plus risquées que d'autres mais la méthode n'en tient pas compte. (REBA est plus sensible à ce niveau) - Tout comme REBA, la méthode RULA est peu sensible par rapport à la manutention des poids. - Tout comme REBA, cette méthode n'indique pas les éléments les plus problématiques, ce qui serait très intéressant dans une optique de prévention et de correction des facteurs de risque de TMS.
---	--

3.2.5. OCRA

Les indices obtenus avec la méthode OCRA sont inscrits au bas de la figure 3.3. La grande différence entre les deux côtés du corps réside surtout dans la durée de la sollicitation. En effet, le côté droit est beaucoup plus sollicité que le côté gauche puisque les travailleurs observés sont droitiers.

OCRA INDEX WITH RELATION TO THE ASSIGNED CYCLE TIME									
TASK: Poste A									
Date: 23 nov '05	Poste A		Line	Cell B	Price	Model			

RIGHT LMB					LEFT LMB			
A	B	C	D		A	B	C	D
30	30	30	30		30	30	30	30

action frequency constant (No. actions / min) CF

X

force factor																		
BORG	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	A	B	C	D	A	B	C	D
FACTOR	1	0,83	0,75	0,67	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,37	0,83	1	1	1	1	1	1	1

X

posture factor									
VALUE	0-3	4-7	8-11	12-15	16				
FACTOR	1	0,8	0,7	0,6	0,5				

		SHOULDER							
		A	B	C	D	A	B	C	D
SHOULDER		0,6	1	1	1	1	1	1	1
ELBOW		0,7	1	1	1	1	1	1	1
WRIST		0,7	1	1	1	1	1	1	1
HAND		0,7	1	1	1	1	1	1	1

indicate the lowest value, between elbow, wrist, hand Fp

X

additional factor									
VALUE	0	4	8	12					
FACTOR	1	0,8	0,7	0,6					

		A				B				C				D			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
FACTOR		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

X

		A				B				C				D			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
384						384											

=

		6693				11520			
		α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

6693 11520

$\pi(R) = \alpha + \beta + \gamma + \delta$ $\pi(L) = \alpha + \beta + \gamma + \delta$

lack of recovery time factor (No. of hours without adequate recovery periods)

No. HOURS	0	1	2	3	4	5	6	7	8
FACTOR	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

Fr

overall repetitive task duration factor

MINUTES	< 120	120-239	240-480	> 480
FACTOR	1	0,8	0,6	0,4

Fd

recommended No. of actions per repetitive tasks and total

		6693				11520			
		$A_r(R) = \pi \times Fr \times Fd$				$A_r(L) = \pi \times Fr \times Fd$			

I.E. = $\frac{\text{total No. of repetitive task actions observed}}{\text{recommended No. of actions}} = \frac{A_e}{A_r} =$

		RIGHT		LEFT	
		20970	2430	6693	11520

INDICE GLOBAL

		RIGHT		LEFT	
		3,1	0,2		

ÉPAULE

		RIGHT		LEFT	
			0,4		

Figure 3.3 : Résultats de l'analyse OCRA

Le tableau suivant résume les niveaux de risque ainsi que le pourcentage de TMS attendu sur une période de dix ans pour le travail au poste A.

Tableau 3.10 : Interprétation des résultats obtenus avec la méthode OCRA

	Régions du corps prises en compte par l'indice	Indice OCRA	Risque associé	% de TMS attendu sur une période de dix ans
Côté droit	Main, poignet, coude	3,1	Faible	13 %
	Épaule	7,3	Moyen	10 %
Côté gauche	Main, poignet, coude	0,2	Aucun	0,8 %
	Épaule	0,4	Aucun	1,7 %

Voici les commentaires relatifs à « l'utilisabilité » de la méthode OCRA.

Tableau 3.11 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode OCRA

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	La méthode OCRA a été développée pour analyser des tâches répétitives. Or, la tâche de soudure évaluée au poste D n'est pas répétitive. La méthode OCRA n'est donc pas adéquate pour ce poste de travail.
Facteurs de risque présents mais non considérés	Force réelle à exercer sur un objet (n=7). En effet, la méthode OCRA tient compte de la perception des travailleurs, mais ne considère pas les valeurs réelles.
Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Perception des travailleurs sur l'échelle de Borg (1998) quant aux efforts à exercer au niveau des membres supérieurs, et ce, pour chaque élément de la tâche (6 min). - Questions à l'intention du superviseur : organisation du travail, nombre de produits fabriqués par quart de travail (15 min). - Enregistrement vidéo (30,3 minutes $\pm$ 16,9).
Temps d'analyse	- Étude de temps : 170 minutes $\pm$ 64,4. - Analyse OCRA : 125,6 minutes $\pm$ 83,7.
Temps d'apprentissage	Quelques semaines.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Les difficultés rencontrées lors des analyses OCRA sont reliées à la complexité de la méthode. Durant les analyses, plusieurs questions ont surgit et il fallait constamment se référer aux écrits des auteurs.

Tableau 3.11 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode OCRA (suite)

Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode :</u> - La méthode tient compte de plusieurs facteurs de risque, dont l'organisation du travail dans le temps. Elle est donc probablement très sensible <i>à priori</i>. - Les indices permettent une interprétation facile et rapide des résultats. <u>Points faibles de la méthode :</u> - Lorsqu'un pointage de « 5 » ou plus sur l'échelle de Borg est accordé par les travailleurs pour un élément de la tâche dont la durée est supérieure à 10 % du temps, le facteur force qui doit être appliqué est de 0,01. Cela a donc pour effet d'augmenter considérablement l'indice OCRA. Par exemple, au poste A, un pointage de « 5,5 » a été déterminé par les travailleurs pour un élément représentant 7 % du cycle, ce qui mène aux indices suivants : Indice global : 3,1 (côté droit) et 0,2 (côté gauche) Indice à l'épaule : 7,3 (côté droit) et 0,4 (côté gauche) À conditions égales, si la durée de l'élément avait représenté 10 % du temps de cycle, les indices suivants auraient été trouvés : Indice global : 260,0 (côté droit) et 21,1 (côté droit) Indice à l'épaule : 606,8 (côté droit) et 42,2 (côté gauche) Ce facteur de 0,01 est donc extrêmement pénalisant et l'impact sur l'indice final est immense. - L'indice pour l'épaule est basé sur une constante de fréquence de « 15 ». Toutefois, selon Colombini et al. (2002), cette constante devrait faire l'objet de recherches approfondies. - Il revient à l'évaluateur de déterminer l'impact des facteurs additionnels. Cette tâche peut s'avérer difficile pour un non-expert.
---	--

3.2.6. HAL

À ce poste de travail, la fréquence des efforts pour le côté gauche du corps est de 0,11 effort par seconde. De plus, le pourcentage du cycle de travail relié aux efforts est de 18 %. La valeur du tableau 3.12 associée à ces variables est donc « 1 ». Par ailleurs, la force maximale exercée par le côté gauche des travailleurs a été normalisée et correspond à « 2 » sur l'échelle de perception de l'effort de Borg (1998).

Tableau 3.12 : Niveau d'activité des mains (HAL)

Fréquence (Efforts/ sec)	Période (Sec / effort)	Cycle de travail (%)				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
0,125	8,0	1	1	-	-	-
0,25	4,0	2	2	3	-	-
0,5	2,0	3	4	5	5	6
1,0	1,0	4	5	5	6	7
2,0	0,5	-	5	6	7	8

Ainsi, pour le côté gauche, l'indice obtenu dans le tableau 3.13 se situe sous la limite d'action ($0,23 < 0,56$), mais pour le côté droit, la valeur est légèrement au-dessus de la valeur seuil ($0,81 > 0,78$).

Tableau 3.13 : Résultats de l'analyse HAL

	Côté gauche	Côté droit
Niveau d'activité des mains = A	1	5
Force maximale normalisée = B	2,0	4,1
Ratio = B / (10-A)	0,23	

Le tableau 3.14 présente les mesures relatives à « l'utilisabilité » de la méthode HAL.

Tableau 3.14 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode HAL

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	La méthode HAL a été développée pour analyser des tâches effectuées pendant plus de quatre heures mais cette condition n'a pas été respectée au poste D. La méthode HAL n'est donc pas adéquate pour tous les postes de travail.
Facteurs de risque présents mais non considérés	- Vibration (n=3). Les auteurs suggèrent de considérer les facteurs aggravants (postures non neutres maintenues continuellement, pressions mécaniques, basse température et vibrations) mais aucune indication n'est donnée. Il revient donc à l'utilisateur d'utiliser son jugement et ses connaissances pour tenir compte de ces aspects. - Force réelle à appliquer sur un objet (n=7). En effet, la méthode HAL tient compte de la perception des travailleurs, mais ne considère pas les valeurs réelles.

Tableau 3.14 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode HAL (suite)

Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Enregistrement vidéo (30,3 minutes $\pm$ 16,9). - Perception des travailleurs sur l'échelle de Borg (1982) quant à l'effort maximal à exercer au niveau des mains, des poignets et des coudes (2 min). - Force de préhension des travailleurs (4 min).
Temps d'analyse	- Étude de temps : 170 minutes $\pm$ 64,4. - Analyse HAL : 22,0 minutes $\pm$ 12.
Temps d'apprentissage	Quelques jours.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Les auteurs proposent plusieurs alternatives pour réaliser l'analyse. La décision concernant l'option à choisir revient à l'évaluateur et ce choix peut être difficile à faire pour un non-expert. En effet, aucune indication n'est donnée quant à la fiabilité ou à la facilité d'utilisation des différentes procédures. - Les auteurs suggèrent de tenir compte de facteurs additionnels pour amener le niveau d'exposition sous la limite d'action recommandée. Toutefois, puisque aucune ligne de conduite n'est donnée, il est difficile de savoir quelle importance leur accorder.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode :</u> - La force peut être normalisée pour une population ciblée. - L'indice global permet une interprétation facile et rapide des résultats. <u>Points faibles de la méthode :</u> - La force maximale exercée est demandée au travailleur. Toutefois, si cette force maximale apparaît pendant un bref moment au cours d'un long cycle de travail, l'évaluation ne reflétera pas la réalité.

3.2.7. JSI

La méthode JSI a été développée pour analyser une tâche répétitive, simple et unique, soit une tâche caractérisée par des éléments semblables répétés continuellement. Ainsi, la tâche variée du poste A a été évaluée dans son ensemble. Les résultats obtenus suite à l'analyse avec la méthode JSI sont présentés dans le tableau 3.15. Dans ce tableau, l'intensité de l'effort représente la force requise pour effectuer tous les éléments de la

tâche à une reprise. La durée de l'effort représente le pourcentage du temps de cycle associé à tous les efforts. Le nombre d'efforts par minute est calculé en divisant le nombre total d'actions techniques par la durée d'un cycle de travail.

Tableau 3.15 : Résultats de l'analyse JSI

	Intensité de l'effort	Durée de l'effort	Efforts par minute	Posture main, poignet	Vitesse de travail	Durée par jour	JSI
Côté gauche							
Données d'exposition	Faible (0-2)	10-29 %	4-8	Acceptable	Acceptable	4-8	1,5
Cote associée	1	2	2	3	3	4	
Multiplicateurs	1	1	1	1,5	1	1	
Côté droit							
Données d'exposition	Un peu difficile (3)	50-79 %	≥ 20	Acceptable	Acceptable	4-8	
Cote associée	2	4	5	3	3	4	
Multiplicateurs	3	2	3	1,5	1	1	

Les résultats obtenus avec la méthode JSI indiquent que la tâche est « sécuritaire » pour le côté gauche, mais « dangereuse » pour le côté droit. Par ailleurs, les mesures « d'utilisabilité » de la méthode JSI sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 3.16 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode JSI

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	Cette méthode a été développée pour évaluer une tâche répétitive, simple et unique. Toutefois, les tâches rencontrées étaient toutes de type variées et elles ont été analysées avec cette méthode. Pour ce faire, la méthodologie n'a pas été modifiée. En effet, les auteurs de cette méthode indiquent que la tâche ne peut être décomposée en éléments et cela a dû être respecté. La tâche a donc été évaluée en fonction de l'effort «moyen» à fournir pendant un cycle de travail. Ainsi, la méthode JSI n'est pas adéquate en regard du type de tâche spécifié par l'auteur.
Facteurs de risque présents mais non considérés	- Force réelle à appliquer sur un objet (n=7). En effet, la méthode JSI tient compte de la perception des travailleurs, mais ne considère pas les valeurs réelles. - Vibrations (n=3).

Tableau 3.16 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode JSI (suite)

Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Enregistrement vidéo (30,3 minutes $\pm$ 16,9). - Perception des travailleurs sur l'échelle de Borg (1998) quant à l'effort à exercer au niveau des mains, des poignets et des coudes (2 minutes).
Temps d'analyse	- Étude de temps : 170 minutes $\pm$ 64,4. - Analyse JSI : 26,0 minutes $\pm$ 10,1.
Temps d'apprentissage	Quelques jours.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Le choix de la méthodologie pour déterminer l'intensité de la tâche est ambigu. Les auteurs ne donnent pas d'indication pour faciliter ce choix.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode :</u> - La méthode tient compte de plusieurs facteurs de risque. - L'indice global permet une interprétation facile et rapide des résultats. <u>Points faibles de la méthode :</u> - La limite de cette méthode par rapport au type de tâche étudiée est très contraignante. En effet, puisque les tâches rencontrées jusqu'à maintenant sont toutes variées (n=8), les résultats obtenus avec cette méthode devraient être interprétés avec précaution.

3.2.8. « A Guide to Manual Materials Handling »

Le tableau suivant montre les valeurs maximales recommandées lors de l'effort initial de la tâche « tirer à deux mains ».

Tableau 3.17 : Effort initial maximum lors de l'action « tirer à deux mains »

Sexe à accommoder	Féminin	Féminin	Masculin
Hauteur de la poignée	89 cm	89 cm	89 cm
Pourcentage à accommoder	90 %	50 %	50 %
Fréquence de la poussée	½ min	½ min	½ min
Distance à parcourir	2,1 mètres	2,1 mètres	2,1 mètres
Valeur maximale recommandée	19,5 kg	27 kg	37,5 kg
Valeur actuelle	55 kg	55 kg	55 kg
Indice de risque			

Les valeurs maximales recommandées prennent en considération les facteurs tels que le sexe à accommoder, la hauteur de la poignée, le pourcentage de la population à accommoder et la distance à parcourir. Les résultats indiquent que la valeur actuelle de 55 kg est beaucoup plus élevée que la valeur recommandée. En effet, même pour l'homme du 50^e centile, l'indice de risque est plus grand que « 1 », ce qui est inacceptable.

Le tableau suivant présente « l'utilisabilité » de cette méthode.

Tableau 3.18 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode « A Guide to Manual Materials Handling »

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	La méthode est adéquate pour toutes les tâches de manutention rencontrées.
Facteurs de risque présents mais non considérés	n/a
Efficience	
Étendue de la collecte de données	Mesures au poste de travail et données variables selon la nature de la tâche de manutention (15 minutes).
Temps d'analyse	20,0 minutes $\pm$ 6,1.
Temps d'apprentissage	Quelques heures.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- La force soutenue lors d'une poussée ou d'une tirée à deux mains est difficile à mesurer dans les conditions réelles. Ainsi, seul l'effort initial maximum est considéré.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode</u> - Le guide est très simple d'utilisation. - La population à accommoder peut être déterminée par l'évaluateur.
	<u>Points faibles de la méthode</u> - n/a

3.2.9. Logiciel 3DSSPP et norme EN 1005-3

Afin de réaliser l'analyse du poste A avec le logiciel 3DSSPP, une sélection des postures à analyser a d'abord été effectuée. Deux postures ont été choisies puisqu'elles semblent être les plus problématiques : une posture décrivant une atteinte éloignée pendant la tâche de laminage et une posture exposant une manutention, ou plus précisément l'activité « tirer à deux mains ». Cette dernière posture est représentée à la figure 3.4.

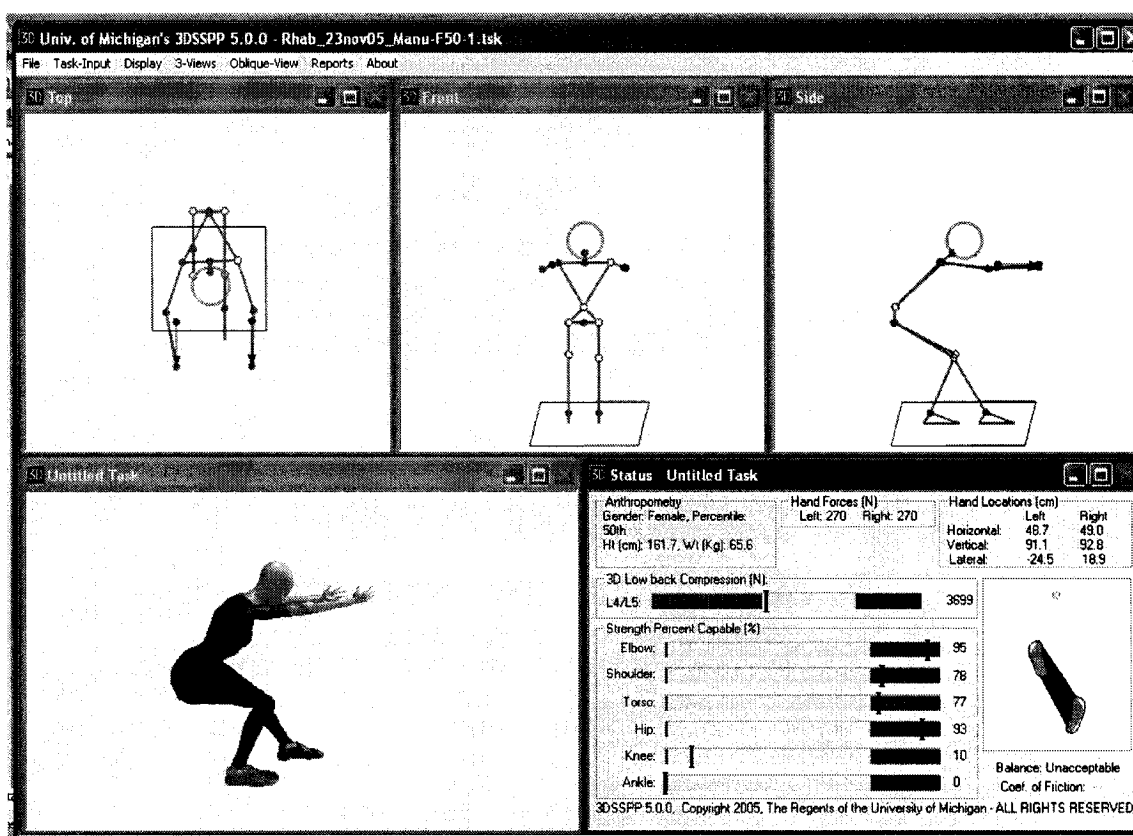


Figure 3.4 : Écran de saisie du logiciel 3DSSPP pour la tâche de manutention

Au terme de l'analyse, voici les principaux résultats obtenus en ce qui concerne le dos.

Tableau 3.19 : Résultats obtenus avec le logiciel 3DSSPP

Postures	Compression L4/L5	Cisaillement
Laminage	1215 N	178 N
Manutention	3699 N	654 N

Ces résultats indiquent que la compression appliquée aux vertèbres L4/L5 est acceptable pour l'élément « laminage », mais qu'elle est à risque pour l'élément « manutention ». L'interprétation des valeurs de cisaillement s'avère quant à elle impossible puisque qu'aucune valeur seuil n'est spécifiée.

Combinaison avec la norme EN 1005-3

Le moment de force le plus problématique obtenu à l'aide du logiciel 3DSSPP pour la posture présentée à la figure 3.4 se situe au niveau du dos (218 N·m). En combinant le résultat du moment obtenu au dos avec la norme EN 1005-3, il est possible de déterminer si la tâche est acceptable ou non. Ainsi, en considérant toujours la posture présentée à la figure 3.4, le moment maximal acceptable pour 85 % de la population est de 75,2 N·m. Sachant que le moment de 218 N·m a été trouvé avec une force exercée de 55 kg, il est aisé de déterminer la force maximale à exercer pour 85 % de la population, soit 19 kg. Cette méthode démontre donc que la force exercée pour tirer la pièce est 2,9 fois trop élevée pour les femmes. Le détail des calculs est montré à l'annexe IV.

Les analyses effectuées avec le logiciel 3DSSPP ont permis de remplir la fiche « d'utilisabilité » propre à cette méthode d'évaluation.

Tableau 3.20 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 3DSSPP

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	Ce logiciel a été développé pour évaluer des postures statiques ou des postures rencontrées lors de tâches exécutées lentement, c'est-à-dire que la vitesse des segments corporels est faible. Toutefois, certaines tâches sont exécutées rapidement. La méthode 3DSSPP n'est donc pas adéquate lorsque pour les tâches exécutées rapidement.
Facteurs de risque présents mais non considérés	- Durée de maintien de la posture (n=8). - Fréquence des mouvements (n=8).

Tableau 3.20 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 3DSSPP (suite)

Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Enregistrement vidéo (30,3 minutes $\pm$ 16,9). - Position des mains : verticale, horizontale et latérale (5 min). - Poids des objets manipulés (5 min). - Force à exercer sur les objets (4 min).
Temps d'analyse	102,5 minutes $\pm$ 59,9.
Temps d'apprentissage	Quelques jours.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Lorsque les postures de travail changent beaucoup au cours d'un cycle, il est difficile de déterminer la posture à analyser. Si la posture choisie est la pire, il faut savoir que le résultat obtenu avec la norme EN 1005-3 sera surévalué par rapport à la situation réelle, puisque cette norme considère une durée très approximative de la posture. Le choix de la posture la plus « normale » produirait l'effet contraire, soit une sous-estimation de la réalité. L'idéal est donc de choisir la posture « moyenne », mais comment choisir cette posture ? Par ailleurs, puisqu'un petit changement de posture occasionne un mouvement de contrainte très important, il devient encore plus important de choisir la bonne posture pour ne pas fausser les résultats. - L'interprétation des résultats des moments de force n'est pas facile pour le non-expert. De plus, il n'y a pas de valeur seuil pour le cisaillement donc il est impossible d'interpréter ces résultats.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode</u> - Le résultat obtenu est objectif. <u>Points faibles de la méthode</u> - Nécessite l'achat du logiciel - Le logiciel est très sensible aux changements de postures. Par exemple, un changement de posture imperceptible à l'œil peut occasionner tout un changement dans les valeurs de compression, de cisaillement et de forces. Les résultats doivent donc être interprétés avec une attention particulière. - Les moments obtenus aux chevilles et aux genoux semblent souvent irréalistes.

3.2.10. Logiciel 4DWatbak

Parmi les différents résultats obtenus avec le logiciel 4DWatbak, ceux concernant la force de compression au niveau de L4/L5 et le cisaillement sont d'abord présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3.21 : Compression au niveau L4/L5 et cisaillement

	Compression L4/L5	Cisaillement
Laminage	1215 N	178 N
Manutention	3514 N	603 N

Une des particularités de 4DWatbak est de calculer un indice combiné. Il s'agit de l'indice de déclaration des douleurs au dos (IDDD), une traduction de « Low Back Pain Index (LBPI) ». Cet indice est exprimé à la figure 3.5.

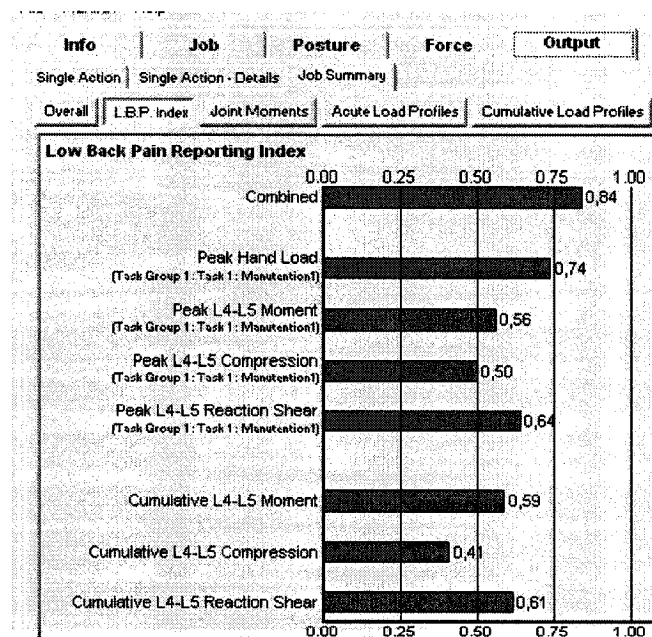


Figure 3.5 : IDDD obtenu avec 4DWatbak

L'IDDD est composé de la charge maximale aux mains, de la force de cisaillement maximale à L4/L5 et du moment de force cumulatif à L4/L5. Ainsi, pour le poste A,

l'analyse 4DWatbak indique un indice cumulé de 0,84. Ce résultat signifie qu'il y a 84 % des chances que l'employé dédié à ce poste de travail déclare une douleur au dos associée à son travail.

Le tableau 3.22 présente les commentaires recueillis lors de l'utilisation du logiciel 4DWatbak.

Tableau 3.22 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 4DWatbak

Efficacité	
Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche	Le logiciel a été développé pour évaluer des tâches en deux dimensions. Selon l'auteur, seuls les éléments de tâche ou de posture répondant aux deux critères suivants devraient être analysés : - Éléments de tâche ou postures comportant des efforts de moins de 30° dans le plan sagittal. - Forces appliquées dans le plan sagittal uniquement. Puisque ces deux critères ne sont pas respectés aux postes A, B et C, la méthode a été jugée inadéquate.
Facteurs de risque présents mais non considérés	- Contrainte associée au cou (n=3).
Efficience	
Étendue de la collecte de données	- Enregistrement vidéo (30,3 minutes $\pm$ 16,9). - Position des mains : verticale, horizontale et latérale (5 min). - Poids des objets manipulés (5 min). - Force à appliquer sur les objets (4 min). - Données relatives à l'organisation du travail (5 min).
Temps d'analyse	- Étude de temps (170 minutes $\pm$ 64,4). - Analyse : 163,8 minutes $\pm$ 87,6.
Temps d'apprentissage	Quelques jours.
Satisfaction	
Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode	- Lorsque la posture change beaucoup et que le cycle est long, il faut choisir une posture particulière, mais ce choix est difficile. - L'interprétation des résultats est très difficile car aucune valeur seuil n'est définie pour le cisaillement

Tableau 3.22 : Mesures « d'utilisabilité » de la méthode 4DWatbak (suite)

Difficultés rencontrées lors de l'utilisation de la méthode (suite)	- L'interprétation de l'IDDD est difficile. Nous savons que cet indice indique que le travailleur dédié à la tâche étudiée a « x » % des chances de déclarer une douleur au dos. Mais comment interpréter ce résultat en terme de niveau de risque? Si ce résultat était interprété selon les niveaux d'exposition développés pour OCRA en ce qui a trait au % attendu de TMS, presque tous les postes de travail seraient dans le niveau rouge. Même la simulation d'une tâche en position debout et sans application de force pendant 7 heures dans 4DWatbak donne un indice IDDD de 11 %, soit selon OCRA, un niveau de risque « orange ». Toutefois, puisque la méthode OCRA évaluent le risque inhérent aux membres supérieurs et que 4DWatbak concerne les douleurs au dos, il est possible que cette interprétation ne soit pas juste.
Commentaires généraux quant à l'utilisation de la méthode	<u>Points forts de la méthode</u> - La méthode considère l'organisation du travail dans le temps - Un indice global (IDDD) est obtenu au terme de l'analyse. <u>Points faibles de la méthode</u> - Méthode très longue d'utilisation. - La précision des résultats dépend directement de la méthode d'approximation des charges cumulatives. Pour un long cycle de travail, une analyse précise demanderait un temps extrêmement long. - Nécessite l'achat du logiciel.

3.3. Perceptions des différents intervenants

Le tableau 3.23 présente les résultats des perceptions des différents intervenants : travailleurs, agent de changement et expert. Ces résultats ont été obtenus à l'aide des échelles ÉVA présentées à la section 2.7.2 (page 29-30). Les résultats des autres postes de travail sont présentés à l'annexe V.

Tableau 3.23 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA

Perceptions relatives au poste A	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 1	# 2		
Qualité ergonomique	0	5,8	2,2	
Nécessité d'apporter des changements				n/a

Tableau 3.25 : Partie du corps où la douleur la plus dérangeante a été ressentie au cours des 12 derniers mois

	Travailleur #1	Travailleur #2
Partie du corps	Coude	Bas du dos
Lien entre la douleur et le travail	Entièrement reliée au travail	Ne sait pas si la douleur est reliée au travail

Les questions 3.26 et 3.27 visent les douleurs ressenties au cours de sept derniers jours.

Tableau 3.26 : Douleurs ressenties au cours des sept derniers jours perçues comme étant reliées entièrement ou en partie au travail

Travailleurs	Colonne vertébrale			Membres supérieurs					Membres inférieurs				
	Cou	Haut du dos	Bas du dos	Épaules	Bras	Coudes	Avant-bras, poignets ou mains	Au moins un site de douleur	Hanches ou cuisses	Genoux	Jambes ou mollets	Chevilles ou pieds	Au moins un site de douleur
1	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓			✓
2			✓										

Tableau 3.27 : Douleur la plus dérangeante ressentie pendant le travail au cours des sept derniers jours

		Travailleur #1	Travailleur #2
Partie du corps		Épaule	Bas du dos
Présence de la douleur		Présente de façon continue	Présente surtout en fin de journée
Intensité de l'effort	Plus faible douleur ressentie	5	3
	Pire douleur ressentie	10	3
	Douleur moyenne	7	3

Les résultats associés aux douleurs ressenties par les travailleurs montrent donc que, selon eux, le poste de travail pourrait être responsable de certains de leurs maux.

3.5. Synthèse des résultats

Le tableau suivant présente la synthèse des résultats des méthodes d'évaluations.

Tableau 3.28 : Synthèse des résultats au poste A avant les modifications

FIOH					Éléments	QEC					REBA
Facteurs de risque	Éval.	Op.1	Op.2	Total		Facteurs de risque	CSST		David et al.		
							Op. 1	Op. 2	Op. 1	Op. 2	
Poste de travail	3	+	-	4,2	Laminage	Dos	34	34	30	30	9
Charge physique globale	3	+	++	4,2		Bras	34	34	34	34	
Levées de charges	4	+	++	4,6		Main			40	40	
Posture de travail et mvts	4		-	7,9		Cou	14	14	14	14	
Risque d'accident	4	+	-	6,3		Conduite			1	1	
Contenu de la tâche	2	++	++	1,3		Vibration			1	1	
Contraintes dans la tâche	3	+	++	2,5		Rythme	√		4	1	
Com. et contact personnel	2	++	++	1,3		Stress			1	1	
Prise de décision	3	+	++	3,3		GLOBAL					
Répétitivité	3	-	+	5		Dos		38		38	
Attention exigée	2	++	+	2,5	Bras		38		38		
Éclairage	2	-	-	5	Main	28	22	28	22		
Environnement thermique		-	+	7,5	Cou	12	12	12	12		
Bruit	4	+	-	6,3	Conduite			1	1		
Moyenne : 4,7					Vibration			1	1		
Moyenne « TMS » : 6,1					Rythme	√		4	1		
					Stress			1	1		
					GLOBAL		63%		63%		

Éléments	RULA	OCRA		HAL		JSI		« A guide to manual ... »	3DSSPP	4DWatbak
		G	D	G	D	G	D			
Laminage		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Compression L4/L5 : 1215 N	Compression L4/L5 : 1223 N
									Cisaillement : 178 N	Cisaillement : 222N
Manutention		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a		Cisaillement : 651 N	Cisaillement : 603 N
Cumulatifs	n/a	Global: 0,2	Global: 3,1					n/a	n/a	IDDD : 84 %
		Épaules : 0,4		0,34		1,5				

Le tableau synthèse présente une « photo » des niveaux de risque associés au poste de travail étudié. En un seul coup d'œil, il est possible de savoir si le poste est considéré comme étant risqué ou non selon les différentes méthodes d'évaluation. Par exemple, plus un résultat est foncé, plus le risque est élevé.

Pour interpréter les résultats correctement, il faut savoir que les méthodes n'évaluent pas les éléments des tâches de la même façon. D'abord, les méthodes HAL et JSI évaluent la tâche comme un tout alors que les méthodes OCRA et 4DWatbak évaluent la contrainte cumulative associée à tous les éléments de la tâche. De plus, le FIOH évalue différents aspects relatifs à un poste de travail, mais aucun élément de la tâche en particulier. Finalement, les résultats des méthodes QEC, RULA, REBA, « A Guide to Manual Materials Handling » et 3DSSPP sont associés à un élément de tâche spécifique, soit généralement le pire élément. Ceci fait en sorte que le résultat obtenu par ces dernières méthodes n'est pas représentatif de la variété des éléments de la tâche. Ainsi, il est possible que des interventions visant les éléments de tâche ciblés par ces méthodes améliorent beaucoup la situation au poste de travail, mais il est également possible que d'autres éléments de la tâche ressortent comme étant à risque lors d'une évaluation subséquente.

Ce phénomène est davantage accentué lorsque le nombre d'éléments de la tâche augmente. Ainsi, plus une tâche est variée, plus les méthodes QEC, RULA, REBA, « A Guide to Manual Materials Handling » et 3DSSPP reflètent une petite partie de la tâche. En d'autres termes, pour obtenir l'heure juste quant au risque associé à une tâche globale un résultat global, il faut faire plusieurs analyses. À titre d'exemple, les travailleurs du poste C produisent trois types de pièces différentes et, de plus, ils effectuent une rotation autour de la pièce pour alterner les postures de travail. Ainsi, on dénombre huit éléments de la tâche différents, et plusieurs postures différentes sont associées à chaque élément. Toutefois, la nature dynamique du travail fait en sorte que le décompte des postures ne peut pas être effectué de façon précise.

3.6. Synthèse des résultats après l'intervention

Pour effectuer les analyses à la suite d'une intervention, le même processus de collecte de données s'applique. Les travailleurs doivent donc répondre au questionnaire complet et toutes les mesures sont reprises.

Rappelons que l'intervention au poste A consiste en l'implantation d'un convoyeur pour manutentionner les pièces mécaniquement. Toutefois, le nombre d'employés affecté à ce poste de travail passe de quatre à trois puisqu'un travailleur a été retiré. Il est intéressant de spécifier que ces modifications ont été planifiées avant d'avoir les résultats des analyses ergonomiques. Ceux-ci n'ont fait que renforcer l'urgence d'agir.

Lorsque les résultats obtenus après l'intervention sont comparés aux résultats obtenus avant l'intervention, on remarque que le temps associé au laminage a augmenté de 16 % et que le temps d'attente a légèrement diminué. Ceci est dû au fait qu'une personne de moins est assignée à ce poste. Par ailleurs, l'élément de la tâche « manutention » a été supprimé.

Le tableau 3.29 présente la synthèse des résultats au poste A après l'intervention.

Tableau 3.29 : Synthèse des résultats au poste A après l'intervention

FIOH					Éléments	QEC					REBA
Facteurs de risque						Facteurs de risque	CSST		David et al.		
	Éval.	Op.1	Op.12	Total	Laminage		Op. 1	Op. 12	Op. 1	Op.1 2	
Poste de travail	3	++	+	4,2		Dos	34	34	30	30	
Charge physique globale	3	-	-	7,5		Bras	34	34	34	34	
Levées de charges	1	++	+	0,8		Main			40	40	
Posture de travail et mvts		+	-	7,5		Cou	14	16	14		
Risque d'accident	4	+	+	5,4		Conduite			1	1	
Contenu de la tâche	2	+	+	2,9		Vibration			1	1	
Contraintes dans la tâche	3	+	+	4,2		Rythme	√	√	4	4	
Com. et contact personnel	2	+	++	2,1		Stress	√		4	4	
Prise de décision	3	+	+	4,2		GLOBAL					
Répétitivité	3	+	-	5							
Attention exigée	2	+	+	3,3							
Éclairage	1	++	+	0,8							
Environnement thermique			-								
Bruit	4		+	6,3							
Moyenne : 4,5											
Moyenne « TMS » : 4,4											

Éléments	RULA	OCRA		HAL		JSI		« A guide to manual ... »	3DSSPP	4DWatbak
		G	D	G	D	G	D			
Laminage		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Compression L4/L5 : 1215 N	Compression 4/L5 : 1223 N
									Cisaillement : 178 N	
										Cisaillement: 222N
Cumulatifs	n/a	Global: 0,2						n/a	n/a	IDDD : 44 %
		Épaules 0,4		0,03	0,32	2,3				

CHAPITRE 4 - DISCUSSION

Cette section vise à discuter des résultats présentés à la section précédente. La discussion est divisée en quatre sections, soit :

- Sous-objectif 1 : Évaluer l'exposition aux facteurs de risque à six postes de travail et vérifier « l'utilisabilité » des méthodes d'évaluation
- Sous-objectif 2 : Proposition d'analyses comparatives
- Recommandations
- Limites

4.1. Sous-objectif 1 : Évaluer l'exposition aux facteurs de risque à six postes de travail et vérifier « l'utilisabilité » des méthodes d'évaluation

La mise en application des dix méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS a permis de compléter les fiches destinées à vérifier « l'utilisabilité » de chacune des méthodes.

4.1.1. Mesures d'efficacité

4.1.1.1. Adéquation de la méthode par rapport au type de tâche

La première mesure d'efficacité permet de faire une description qualitative de ce en quoi la méthode est appropriée ou non. Jusqu'à maintenant, les méthodes FIOH, QEC, REBA et RULA ont été jugées adéquates lors des huit évaluations de postes de travail. Le tableau 4.1 présente les raisons pour lesquelles les autres méthodes d'évaluation n'ont pas été jugées appropriées pour tous les types de tâche.

Tableau 4.1 : Inadéquation de la méthode par rapport au type de tâche

Méthode	Description de ce en quoi la méthode n'est pas appropriée
OCRA	La méthode OCRA a été développée pour analyser des tâches répétitives. Or, la tâche de soudure évaluée au poste D n'est pas répétitive. Selon Colombini, Occhipinti et Grieco (2002), une tâche est répétitive lorsqu'un cycle est répété au cours d'une période donnée. Or, les activités de maintenance sont des événements uniques et ne sont pas répétés.

Tableau 4.1 : Inadéquation de la méthode par rapport au type de tâche (suite)

HAL	La méthode HAL a été développée pour analyser des tâches effectuées pendant plus de quatre heures. Cette condition n'a pas été respectée au poste D.
JSI	Cette méthode a été développée pour évaluer une tâche répétitive, simple et unique. Toutefois, les tâches rencontrées étaient toutes variées. La méthode n'était donc pas appropriée. Puisque la méthodologie de Moore et Garg (1995) déconseille de décomposer une tâche lors d'une analyse, une approximation a dû être faite pour évaluer la tâche « moyenne ».
« A Guide to Manual Materials Handling »	La méthode est seulement adéquate pour évaluer les tâches de manutention. Elle n'a donc pas été utilisée pour les postes A (après intervention), D, E (avant et après intervention). Toutefois, la méthode est adéquate pour tous les types de manutention.
3DSSPP	Ce logiciel a été développé pour évaluer des postures statiques ou des postures rencontrées lors de tâches exécutées lentement, c'est-à-dire que la vitesse des segments corporels est faible. Toutefois, certaines tâches sont exécutées rapidement. La méthode 3DSSPP n'est donc pas adéquate lorsque les tâches sont exécutées rapidement.
4DWatbak	Le logiciel a été développé pour évaluer des tâches en deux dimensions. Selon l'auteur, seuls les éléments de tâche ou de posture répondant aux deux critères suivants devraient être analysés : - Éléments de tâche ou postures comportant des efforts de moins de 30° dans le plan sagittal. - Forces appliquées dans le plan sagittal uniquement. Puisque ces deux critères ne sont pas respectés aux postes A, B et C, la méthode a été jugée inadéquate.

4.1.1.2. Facteurs de risque présents mais non considérés

Le tableau suivant indique le nombre de fois qu'un facteur de risque était présent à un poste de travail, mais non pris en compte par la méthode.

Tableau 4.2 : Facteurs de risque présents mais non considérés par les méthodes

Facteurs de risque présents mais non considérés	REBA	RULA	3DSSPP	FIOH	HAL	JSI	OCRA	4DWatbak	QEC	« A Guide... »	Total
Force réelle à appliquer (ou poids réel)				7	7	7	7		4		32
Durée d'exposition	8	8	8								24
Vibrations	3	3	3	3	3	3		3			21
Fréquence manutention	4	4		4							12
Poids de plus de 10 kg	4	4									8
Fréquence des mouvements			8								8
Pousser ou tirer				3							3
Pression mécanique	1			1							2
Contraintes au cou								3			3
Total	20	19	19	18	10	10	7	6	4	0	113

Selon ce tableau, le facteur de risque « force réelle à appliquer (ou poids réel) » est celui qui est le plus souvent négligé par les méthodes. Par ailleurs, la seule méthode qui semble considérer tous les risques présents au poste de travail est « A Guide to Manual Materials Handling ». À l'opposé, les méthodes REBA, RULA, 3DSSPP et FIOH sont celles qui présentent le plus de lacunes quant à la prise en compte des facteurs de risque. Il convient toutefois d'interpréter ces résultats avec précaution. En effet, il faut se référer au tableau 4.1 qui indique, par exemple, que la méthode « A Guide to Manual Materials Handling » est seulement adéquate pour les tâches de manutention. Il faut donc retenir que même si cette méthode semble tenir compte de tous les facteurs de risque pertinents, son champ d'action est toutefois limité aux tâches de manutention.

4.1.2. Mesures d'efficience

4.1.2.1. Étendue de la collecte de données et temps d'analyse

La figure 4.1 résume la durée moyenne d'utilisation de chaque méthode pour l'évaluation d'un poste de travail, soit la durée relative à la collecte de données, à l'étude de temps (lorsque nécessaire) et à l'analyse.

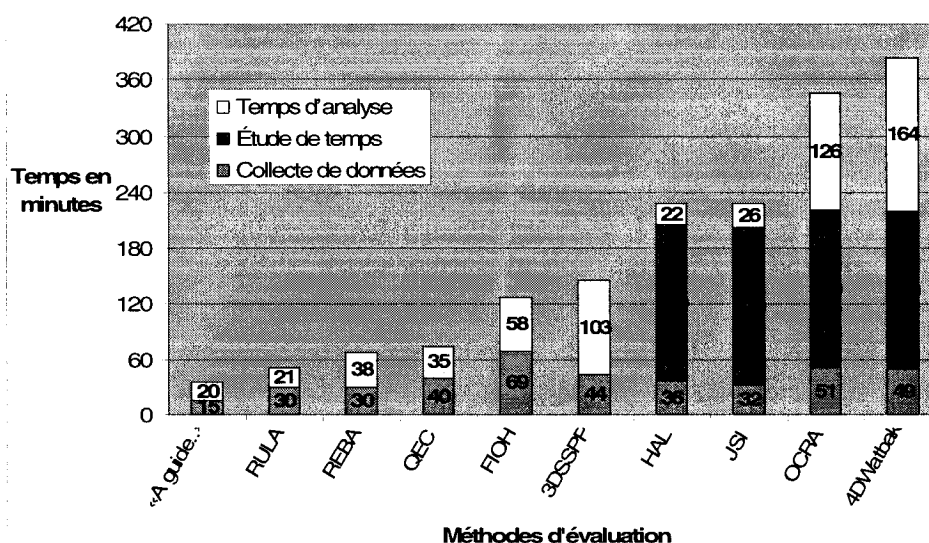


Figure 4.1 : Durée moyenne d'utilisation des méthodes

Ce graphique montre que deux méthodes peuvent être utilisées en moins d'une heure, soit « A Guide to Manual Materials Handling » ainsi que la méthode RULA. Par ailleurs, les deux méthodes les plus longues sont OCRA et 4DWatbak. Une analyse avec l'une ou l'autre de ces deux dernières méthodes prend, en moyenne, plus de cinq heures. Pour plus de détails sur la distribution des temps relatifs à la collecte de données et à l'analyse, le lecteur intéressé peut se référer aux tableaux décrivant les mesures « d'utilisabilité » à la section 3.2.

Par ailleurs, la figure 4.1 laisse présumer que certaines méthodes se prêtent bien à une analyse sommaire, alors que d'autres seraient plus intéressantes dans le cas d'une approche visant à faire une analyse détaillée. Le tableau 4.3 propose une façon simple de catégoriser ces méthodes par rapport au temps d'utilisation.

Tableau 4.3 : Classement des méthodes selon leur temps d'utilisation

Analyse sommaire	Analyse détaillée
« A Guide to Manual Materials Handling », RULA, REBA, QEC.	FIOH, 3DSSPP, HAL, JSI, OCRA, 4DWatbak.

Les méthodes demandant un temps d'utilisation plus court sont classées dans la catégorie « analyse sommaire » alors que les méthodes requérant un temps d'utilisation plus long sont classées dans la catégorie « analyse détaillée ». Ainsi, la méthode « A Guide to Manual Materials Handling » est classée dans la catégorie « analyse sommaire » puisqu'elle permet une évaluation rapide des tâches de manutention qui sont très fréquentes dans le milieu industriel. De plus, les méthodes RULA, REBA et QEC, qui sont classées dans cette même catégorie, évaluent des régions du corps variées, ce qui s'avère être un aspect très intéressant pour une méthode dédiée à une analyse sommaire. Par ailleurs, les autres méthodes semblent appropriées pour effectuer des analyses détaillées puisqu'elles permettent de clarifier certains aspects non couverts par les méthodes classées dans la catégorie « analyse sommaire ».

4.1.2.2. Temps d'apprentissage

Le tableau 4.4 présente les temps approximatifs requis pour apprendre les différentes méthodes d'évaluation. Ces temps correspondent à un apprentissage de type autodidacte, c'est-à-dire que l'apprentissage de chaque méthode s'est effectué à l'aide des références présentées à la section 2.2. Les méthodes ont été catégorisées selon un temps d'apprentissage correspondant à quelques heures, à quelques jours ou à quelques semaines.

Tableau 4.4 : Tableau récapitulatif du temps d'apprentissage requis pour chaque méthode

Temps d'apprentissage	Méthodes d'évaluation
Quelques heures	FIOH, QEC, REBA, RULA et « A Guide to Manual Materials Handling »
Quelques jours	HAL, JSI, 3DSSPP et 4DWatbak
Quelques semaines	OCRA

D'après ce tableau, les méthodes qui s'apprennent le plus rapidement, soit en quelques heures, sont les suivantes : FIOH, QEC, REBA, RULA et « A Guide to Manual Materials Handling ». Par ailleurs, la méthode qui nécessite la plus longue période d'apprentissage, soit quelques semaines, est OCRA. Il est intéressant de noter que les méthodes qui ont été classées dans la catégorie « analyse sommaire » (tableau 4.3) sont également celles qui nécessitent un temps d'apprentissage plus court.

4.1.3. Mesures de satisfaction

4.1.3.1. Difficultés rencontrées

Trois grandes catégories de difficultés ont été rencontrées au cours des analyses. En tête de liste, le manque de précision concernant certains aspects de l'analyse a été mentionné pour six méthodes (FIOH, RULA, OCRA, HAL, « A Guide to Manual Materials Handling » et JSI). Par exemple, les méthodes HAL et JSI laissent l'évaluateur choisir entre plusieurs alternatives méthodologiques et, en l'absence de données quant à la meilleure alternative, ce choix s'avère ambigu. À ce sujet, une étude récente de Bao, Spielholz, Howard et Silverstein (2006) indique que ces approches méthodologiques alternatives ne sont pas équivalentes. En effet, cette recherche montre que les différentes alternatives obligent le praticien à prendre des mesures différentes pour quantifier les efforts répétitifs. Et cela a pour effet de produire des résultats très divergents. Les auteurs précisent que des recherches additionnelles sont nécessaires pour déterminer la méthode à utiliser.

Une autre difficulté concerne le choix des postures ou des éléments de la tâche à analyser. Ce choix s'est avéré problématique pour cinq des dix méthodes (QEC, REBA, RULA, 3DSSPP, 4DWatbak). Ainsi, pour une tâche variée comportant plusieurs éléments, et par le fait même plusieurs postures, les résultats obtenus avec ces méthodes ne sont en fait que la pointe de l'iceberg. En effet, pour connaître le niveau de risque associé à l'ensemble d'une tâche variée, le nombre d'analyses devrait égalier le nombre d'éléments distincts de cette même tâche. Toutefois, cette dernière alternative ferait

augmenter le temps d'analyse proportionnellement au nombre d'éléments ou de postures différentes étudiées. Il est donc avantageux, en terme de temps, de considérer uniquement la ou les pires postures.

Finalement, l'interprétation des résultats semble difficile pour les méthodes FIOH, 3DSSPP et 4DWatbak. Pour le FIOH, cette difficulté est principalement attribuable à l'absence d'indice global. Pour remédier à cette situation, un indice global et un indice « TMS » ont été ajoutés à la méthodologie des auteurs. Pour les méthodes 3DSSPP et 4DWatbak, la difficulté est due au fait que plusieurs résultats sont fournis au terme de l'analyse. Parmi ces résultats, il y a, entre autres, la valeur de la force de cisaillement à L4/L5, pour laquelle aucune valeur seuil n'est définie. Cela rend l'interprétation des résultats difficile, voire impossible. Le même scénario se répète pour l'indice IDDD du 4DWatbak, où l'absence de valeur seuil rend l'interprétation problématique.

4.1.3.2. Principaux points forts des méthodes

D'abord, les méthodes QEC, REBA, RULA, OCRA, HAL, JSI ainsi que « A Guide to Manual Materials Handling » sont particulièrement appréciées puisqu'elles permettent d'interpréter facilement les résultats obtenus. Cinq de ces méthodes (soit REBA, RULA, OCRA, JSI et HAL) sont d'autant plus appréciées puisqu'elles fournissent un indice global, permettant ainsi de cibler facilement les tâches les plus problématiques. Ceci semble particulièrement important pour une entreprise qui désire intervenir à des postes clés.

Ensuite, la facilité d'utilisation est un aspect apprécié pour cinq méthodes (FIOH, QEC, REBA, RULA et « A Guide to Manual Materials Handling »). La facilité d'utilisation est un aspect très subjectif qui englobe, selon l'auteur, plusieurs critères tels que : la documentation disponible, la qualité de celle-ci, l'effort nécessaire pour apprendre à se servir du système, la facilité à obtenir des résultats intéressants, le sentiment général face

à l'utilisation, etc. La facilité d'utilisation traduit donc le sentiment personnel de l'auteur face à l'utilisation des méthodes.

Dans un autre ordre d'idées, il est intéressant de constater que cinq des dix méthodes (RULA, REBA, « A Guide to Manual Materials Handling », 3DSSPP et 4DWatbak) ne considèrent pas la perception des travailleurs. Ces méthodes pourraient donc être très utiles lors d'une situation conflictuelle. En effet, puisque ces méthodes sont perçues comme étant objectives par le syndicat et l'employeur, elles pourraient servir à résoudre un litige si elles étaient utilisées par un praticien neutre. Évidemment, la validité des méthodes joue également un rôle clé dans le cas d'un litige. À ce sujet, seuls les auteurs du QEC ont publié des résultats concernant la fiabilité et la validité de leur méthode (Li et Buckle 1999 et David, Woods et Buckle 2005). Toutefois, puisque le QEC implique la perception des travailleurs, il est possible que les partis considèrent cette méthode non-neutre puisqu'elle pourrait être biaisée par une fausse déclaration d'un travailleur.

4.1.3.3. Principaux points faibles des méthodes

Parmi les points faibles des méthodes, celui cité le plus souvent concerne l'évaluation des tâches de manutention (FIOH, QEC, RULA, REBA). Il pourrait donc être intéressant de joindre une méthode spécifique à la manutention aux méthodes qui ne se spécialisent pas dans ce type d'évaluation.

Parmi les méthodes qui évaluent le niveau de risque au dos (RULA, REBA, QEC, FIOH, 3DSSPP, 4DWatbak et « A Guide to Manual Materials Handling »), seuls « A Guide to Manual Materials Handling » et le logiciel 4DWatbak tiennent compte de la fréquence de manutention. Or, cet aspect est très important pour évaluer le niveau de risque. Ainsi, l'utilisation de l'une de ces deux méthodes pour déterminer le niveau de risque associé au dos lorsqu'il y a de la manutention, semble importante. De plus, « A Guide to Manual Materials Handling » semble être la méthode la plus intéressante pour l'intervenant qui doit poser des actions correctives puisqu'elle fournit des valeurs

maximales. Le logiciel 4DWatbak présente des résultats de contraintes biomécaniques, tels que la force de compression et la force de cisaillement en L4/L5, et l'indice de déclaration de douleur au dos. Ces résultats sont moins intéressants pour un intervenant évoluant dans un environnement où l'implantation d'actions préventives et/ou correctives prime sur la connaissance absolue des niveaux d'exposition aux contraintes biomécaniques. En effet, il est beaucoup plus facile pour un intervenant d'agir sur un poids maximal à respecter que sur une force de compression par exemple, celle-ci étant plus difficilement mesurable par un non-expert. Par ailleurs, une valeur maximale porte moins à discussion que, par exemple, un pourcentage de personnes susceptibles de déclarer des douleurs.

4.1.4. Comparaison des méthodes : arbre de décision

Les fiches décrivant les mesures « d'utilisabilité » des méthodes ont permis d'obtenir des informations inédites quant à l'utilisation des méthodes en situation réelle. L'obtention de ces nouvelles informations constitue la première étape vers la construction d'un arbre de décision qui guiderait divers intervenants vers les méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS les plus appropriées. Par exemple, le fait de classer les méthodes en catégorie « analyse sommaire » ou « analyse détaillée » peut déjà permettre à l'intervenant désireux de faire des analyses de préférer ou d'éliminer certaines méthodes.

4.2. Sous-objectif 2 : Proposition d'analyses comparatives

L'objectif de la discussion relative à ce sous-objectif est de cibler les analyses qui doivent permettre de répondre aux objectifs du projet à long terme. En effet, le nombre limité de postes de travail évalués jusqu'à maintenant ne permet évidemment pas de dégager des tendances ou de corrélérer les variables. Toutefois, il est possible de cibler les analyses pertinentes et d'expliquer comment elles pourront être effectuées lorsque le nombre de postes évalués sera assez élevé.

4.2.1. Comparaison globale des méthodes

Cet aspect vise à déterminer si, globalement, les résultats des méthodes concordent. Chaque méthode possède une interprétation des résultats qui lui est propre mais il est tout de même possible de comparer les résultats selon les couleurs qui leur sont associées. Ainsi, le tableau synthèse des résultats du poste A (tableau 3.28), indique que le risque de développer des TMS est élevé puisque la couleur dominante est le rouge. En effet, huit méthodes sur dix interprètent les résultats obtenus à ce poste comme étant le niveau de risque le plus élevé pouvant être obtenu. Seules les méthodes FIOH et REBA sont un peu moins sévères.

4.2.2. Comparaison des méthodes en groupes homogènes

L'objectif de cette analyse est de savoir si les résultats des méthodes similaires concordent. Bien sûr, puisque les méthodes n'évaluent pas les mêmes aspects, et puisqu'elles sont soit spécifiques à une partie du corps, soit globales, il est entendu que certains groupes doivent être formés pour comparer les résultats. Le tableau 4.5 présente quelques exemples de groupes qu'il serait intéressant de comparer.

Tableau 4.5 : Groupes proposés pour la comparaison des résultats des méthodes

Méthodes globales	FIOH (global), FIOH (posture), FIOH (TMS), QEC global (David et al. et CSST), REBA, RULA
Méthodes qui évaluent les risques au dos	FIOH (levée de charge), QEC David et al. (dos), « A Guide to Manual Materials Handling », 3DSSPP (compression, cisaillement, EN 1005-3), 4DWatbak (compression, cisaillement, IDDD)
Méthodes qui évaluent les risques aux épaules	QEC David et al. et CSST (bras), OCRA (épaules), 3DSSPP et EN 1005-3 s'il y a lieu
Méthodes qui évaluent les risques aux mains et poignets	QEC David et al. et CSST (mains et poignet), OCRA (global), HAL, JSI

Afin de réaliser ces comparaisons, des analyses statistiques à variables multiples telles que les corrélations de type « pairwise » et Spearman's Rhô pourront être effectuées. De plus, des analyses visant à vérifier le taux d'accord entre les résultats seront également

réalisées à l'aide du coefficient kappa. Ces analyses seront effectuées pour chacun des groupes présentés dans le tableau 4.5.

4.2.3. Détection des changements

Une autre analyse comparative intéressante consiste à déterminer si les méthodes détectent les changements. Il s'avère effectivement intéressant de savoir si les résultats de toutes les méthodes diminuent lorsque les résultats d'une méthode précise indiquent un niveau de risque moins élevé. Par ailleurs, on cherche également à déterminer si la diminution se fait dans la même proportion. Les résultats des méthodes obtenus avant et après l'intervention au poste A sont présentés dans le tableau 4.6. De plus, un calcul simple permet de vérifier, en pourcentage, l'amélioration ou la réduction de chaque pointage.

En observant le tableau 4.6, il est possible d'observer que l'impact changements semble mitigé. Ceci est certainement dû, entre autres, à la nature de l'intervention. En effet, rappelons que l'intervention à ce poste de travail consistait à implanter un convoyeur afin d'éviter aux employés de manutentionner les pièces. Il est donc probable que cet aspect de l'intervention fasse diminuer le risque de TMS au dos. Par contre, un des quatre travailleurs de ce poste a été retiré et le travail de laminage se fait maintenant à trois employés. Ces trois employés ont donc vu leur rythme de travail augmenter, ce qui peut expliquer l'augmentation du niveau de risque de TMS aux membres supérieurs obtenue avec les méthodes JSI et OCRA. Ce dernier point de discussion est intéressant. En effet, il faut comprendre qu'il est possible que cette situation se produise à nouveau à un autre poste de travail. Sans ces analyses, il n'aurait pas été surprenant de penser qu'en éliminant la manutention, la situation se serait améliorée. Or, l'intérêt de ces méthodes est justement de savoir si la situation s'est améliorée ou bien si elle s'est aggravée à la suite d'une modification au poste de travail.

Tableau 4.6 : Comparaison des résultats avant et après l'intervention au poste A

Méthode		Avant				Après				Changement			
FIOH	Posture	7,9				7,5				5 %			
	Levée de charge	4,6				0,8				83 %			
	Global	4,7				4,5				4 %			
	TMS	6,1				4,4				28 %			
QEC	Version	CSST		David...		CSST		David...		CSST		David et al.	
	Travailleur	#1	#2	#1	#2	#1	#12	#1	#12	#1	#2-12	#1	#2-12
QEC (laminage)	Dos	34	34	30	30	34	34	30	30	0%	0%	0%	0%
	Bras	34	34	34	34	34	34	34	34	0%	0%	0%	0%
	Main	40	40	40	40			40	40	0%	0%	0%	0%
	Cou	14	14	14	14	14	16	14		0%		0%	
	Conduite			1	1			1	1	0%	0%	0%	0%
	Vibration			1	1			1	1	0%	0%	0%	0%
	Rythme	√		4	1	√	√	4	4	0%		0%	
	Stress			1	1	√		4	4		0%		
	Global									0%		0%	
QEC (manuten- tion)	Dos		38		38	-	-	-	-	-	-	-	-
	Bras		38		38	-	-	-	-	-	-	-	-
	Main	28	22	28	22	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cou	12	12	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conduite			1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vibration			1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rythme	√		4	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Stress			1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Global		63%		63%	-	-	-	-	-	-	-	-
REBA (laminage)		9				9				0 %			
REBA (manutention)		9				-				-			
RULA (laminage)										0 %			
RULA (manutention)						-				-			
OCRA	Global	G = 0,2		D = 3,1		G = 0,2				G = 0 %			
	Épaules	G = 0,4				G = 0,4				G = 0 %			
HAL		G = 0,34				G = 0,03		D = 0,32		G = 91 %		D = 60 %	
JSI		G = 1,5				G = 2,3						D = 66 %	
« A Guide to Manual.. »						-				-			
3DSSPP (Laminage)	Compression	1215 N				1215 N				0 %			
	Cisaillement	178 N				178 N				0 %			
	Norme:coude									0 %			
3DSSPP (Manutention)	Compression					-				-			
	Cisaillement	651 N				-				-			
	Norme : dos					-				-			
4DWatbak (Laminage)	Compression	1223 N				1223 N				0 %			
	Cisaillement	222 N				222 N				0 %			
4DWatbak (Manutention)	Compression					-				-			
	Cisaillement	603				-				-			
4DWatbak	IDDD	84				44				48 %			

L'interprétation de ce tableau doit se faire avec prudence. La difficulté associée à la division des tâches en éléments lors de l'utilisation de certaines méthodes se répercute lors de l'analyse de la détection des changements. Il faut rappeler qu'à ce poste de travail, l'élément « manutention » a été évalué séparément puisque les efforts, postures et actions requis pour effectuer cet élément de la tâche diffèrent des autres éléments. Cela complique l'analyse comparative des résultats avant, versus après l'intervention.

Dans le cas où un praticien voudrait vraiment faire des comparaisons avant versus après une intervention, il pourrait prendre les pires pointages de chaque analyse « avant » et ainsi comparer les résultats de cette analyse avec les résultats de l'analyse « après ». Par exemple, voici un tableau qui illustre ces propos dans le cas de la méthode QEC.

Tableau 4.7 : Comparaison des résultats du QEC

Méthode		Avant (pires pointages)				Après				Amélioration			
QEC	Version	CSST		David et al.		CSST		David et al.		CSST		David et al.	
	Travailleur	#1	#2	#1	#2	#1	#12	#1	#12	#1	#2-12	#1	#2-12
QEC (Tâche entière)	Dos		38		38	34	34	30	30	23%	11%	31%	21%
	Bras		38		38	34	34	34	34	23%	11%	23%	11%
	Main									0%	0%	0%	0%
	Cou	14	14	14	14	14	16	14		0%		0%	
	Conduite			1	1			1	1	0%	0%	0%	0%
	Vibration			1	1			1	1	0%	0%	0%	0%
	Rythme	√		4	1	√	√	4	4	0%		0%	
	Stress			1	1	√		4	4		0%		
	Global									10%		10%	0%

À la lumière de ce tableau, il semble donc que la situation se soit améliorée au niveau du dos et des bras, mais le risque reste toutefois très élevé pour les mains et il y a même une aggravation du risque au niveau du cou.

4.2.4. Lien entre la perception des intervenants et les résultats des méthodes

Dans un premier temps, il serait intéressant de savoir vers quelle méthode la perception des intervenants semble la plus reliée. Pour ce faire, il suffit de comparer les résultats des perceptions avec les résultats des méthodes. L'échelle EVA utilisée pour mesurer la perception des différents acteurs quant à la qualité ergonomique d'un poste de travail a été présentée à la figure 2.10 (page 29). Les perceptions des intervenants avant l'intervention sont indiquées au tableau 4.8 alors que les perceptions des intervenants après l'intervention sont présentées au tableau 4.9.

Tableau 4.8 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste A avant l'intervention

Perceptions relatives au poste A	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 1	# 2		
Qualité ergonomique		5,8	2,2	
Nécessité d'apporter des changements				n/a

Tableau 4.9 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste A après l'intervention

Perceptions relatives au poste A (après intervention)	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 1	# 12		
Qualité ergonomique	5,5	6,5	8,4	4
Nécessité d'apporter des changements	5	5,2	1,5	n/a
Satisfaction concernant l'intervention	7	9,2	5	8,0

Les résultats présentés dans ces tableaux indiquent que les intervenants semblent apprécier davantage le poste de travail après les transformations. À l'aide de ces deux tableaux, il serait intéressant de connaître, dans un premier temps, l'intervenant (agent de changement ACE, expert) dont les perceptions sont les plus corrélées aux résultats obtenus avec les méthodes d'évaluation. En second lieu, il serait pertinent de savoir quelle mesure de perception (qualité ergonomique, nécessité d'apporter des changements ou satisfaction) est la mieux corrélée aux résultats des méthodes.

Par ailleurs, il serait approprié de faire une analyse concernant la détection des changements. Cette analyse permettrait de déterminer si la perception des intervenants selon les différentes échelles présentées à la section 2.7.2 (pages 29-30) change dans la même proportion que les résultats des méthodes d'évaluation lorsque des transformations sont effectuées au poste de travail. Ainsi, le tableau 4.10 présente les changements (positifs ou négatifs) subséquents à l'intervention qui a été menée au poste A.

Tableau 4.10 : Changement de perception des intervenants au poste A (avant vs après intervention)

Perceptions relatives au poste A (après intervention)	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
Qualité ergonomique *	+55%	+17 %	+80%	+30%
Nécessité d'apporter des changements	+50%	+42%	+80%	-
Satisfaction concernant l'intervention	-	-	-	-

* Les résultats de la qualité ergonomique ont été inversés (sur l'échelle de 10), pour être calculés correctement.

Ce tableau indique que tous les intervenants perçoivent le poste A de manière plus positive à la suite de l'intervention.

4.2.5. Lien entre les douleurs ressenties et les résultats des méthodes

Cette section vise à faire des liens entre les douleurs ressenties et les résultats des méthodes. Pour ce faire, plusieurs analyses judicieuses sont proposées. Il est d'abord pertinent de vérifier si les douleurs ressenties dans les sept derniers jours et perçues comme étant entièrement ou en partie reliées au travail sont reliées aux régions corporelles rapportées comme étant « à risque » selon les méthodes d'évaluation. En d'autres termes, on cherche à savoir s'il y a cohérence entre ce que les travailleurs rapportent et ce que les méthodes mesurent.

Afin de réaliser cette analyse, il faut d'abord consulter le tableau 4.11 qui présente les régions corporelles évaluées par chaque méthode ainsi que les critères indiquant qu'un

risque modéré ou élevé est rapporté par la méthode pour cette même région. Ces critères ont été établis en se basant sur l'interprétation des résultats proposée par les auteurs respectifs des différentes méthodes. Par ailleurs, les parties du corps indiquées entre les [crochets] indiquent qu'elles sont indissociables. Par exemple, le résultat obtenu avec la méthode REBA n'est pas spécifique à une région corporelle en particulier, mais il s'applique à l'ensemble des parties du corps suivantes : bras et épaules, avant-bras et coudes, poignets, cou, tronc, jambes et genoux.

Tableau 4.11 : Régions corporelles évaluées par les méthodes et critères décrivant un risque modéré à élevé

Méthode	Régions corporelles évaluées par la méthode	Critères décrivant un risque modéré à élevé
FIOH	[Cou-épaules, coudes-poignets, dos, hanches-jambes].	Pointage TMS ≥ 4
QEC	[Dos].	David et al. : 21-56 / CSST : 30-56
	[Épaules et bras].	David et al. : 21-56 / CSST : 30-56
	[Poignets et mains].	David et al. : 21- 46 / CSST : 26-46
	[Cou].	David et al. : 8-18 / CSST : 16-18
REBA	[Bras et épaules, avant-bras et coudes, poignets, cou, tronc, jambes et genoux].	Résultat ≥ 4
RULA	[Bras et épaules, avant-bras et coudes, poignets, cou, tronc, jambes].	Résultat ≥ 5
OCRA	[Mains, poignets, avant-bras, coudes].	Résultat ≥ 4
	[Épaules].	Résultat ≥ 4
JSI	[Mains, poignets et avant-bras].	Résultat ≥ 5
HAL	[Coude, avant-bras, poignet et main].	Résultat $\geq 0,56$
3DSSPP	[Coudes], [épaules], [dos], [hanches].	Indice combiné avec la norme EN 1005-3 ≥ 1
	[Dos]	Compression L4/L5 > 6362 N
4DWatbak	[Dos]	Compression L4/L5 > 6376 N
« A guide to manual material handling »	[Dos].	Indice ≥ 1

Pour faire suite au tableau 4.11, voici le tableau 4.12, qui associe les douleurs rapportées par les travailleurs aux méthodes d'évaluation. Ainsi, le chiffre inscrit dans une case indique le nombre de fois qu'une douleur rapportée par un travailleur est cohérente avec le risque rapporté par la méthode d'évaluation. Il faut toutefois noter que les cases lignées () indiquent que la région corporelle spécifiée n'est pas prise en compte par la méthode.

Tableau 4.12 : Douleurs rapportées par les opérateurs

	Nombre de postes de travail où un travailleur a rapporté une douleur	REBA	RULA	QEC (David et al.)	QEC (CSST)	OCRA	JSI	FIOH	HAL	3DSSPP	« A Guide... »	4DWatbak
Cou	6	6	6	6	5			6				
Haut du dos	4	4	4	4	3			2		4	1	0
Bas du dos	4	4	4	4	4			3		4	2	1
Épaules	5	5	5	5	5	5		4		5		
Bras	4	4	4	4	4							
Coude	2	2	2			2		2	1	2		
Avant-bras, poignet ou mains	5	5	5	5	5	4	4	3	4			
Hanches ou cuisses	0									0		
Genoux	3	3										
Jambes ou mollet	2	2	2					1				
Chevilles ou pied	2											
Total		35	32	28	26	11	4	21	5	15	3	1
% de cohérence		100%	100%	100%	93%	92%	80%	75%	71%	68%	38%	13%

Ce tableau indique que les méthodes REBA, RULA, 3DSSPP et QEC (la version de David et al. (2005)) sont reliées aux douleurs rapportées par les travailleurs puisqu'elles présentent un pourcentage de cohérence de 100 %. Un tel pourcentage de cohérence

montre que toutes les douleurs rapportées à un postes de travail ont été détectées par les méthodes d'évaluation. Toutefois, il faut préciser que cette analyse ne montre pas si ces méthodes sont trop conservatrices, c'est-à-dire qu'elles décrivent peut-être un risque modéré à élevé alors que les travailleurs ne rapportent pas de douleur. Par ailleurs, le logiciel 4DWatbak semble être la méthode la moins cohérente avec ces mêmes douleurs. Toutefois, il faut préciser que le critère du logiciel 4DWatbak est essentiellement basé sur les résultats relatifs à la force de compression. Si on pouvait interpréter l'indice IDDD, ce résultat serait peut-être différent.

En plus de l'analyse présentée au tableau 4.12, il serait intéressant de déterminer si la douleur la plus dérangeante est toujours détectée par les méthodes. Si elle ne l'est pas, il faudra chercher à savoir à partir de quelle intensité elle l'est (sur l'échelle de la douleur de Borg, 1998). Dans le même ordre d'idée, il serait pertinent de savoir quelle intensité reflète le mieux le niveau de risque, soit l'intensité décrivant la plus faible douleur, la pire douleur ou la douleur moyenne. En d'autres termes, cela revient à déterminer les corrélations les plus fortes entre les méthodes et l'intensité de la douleur.

Finalement, il serait intéressant de vérifier si les douleurs ressenties dans les 12 derniers mois sont les mêmes que les douleurs ressenties au cours des sept derniers jours.

4.2.6. Lien entre les douleurs ressenties et la perception des intervenants

Cette section vise à déterminer si l'intensité de la douleur la plus dérangeante ressentie dans les sept derniers jours change dans la même proportion que la perception des intervenants (travailleurs, agent de changement ACE, expert) quant à la qualité ergonomique du poste ou quant à la nécessité d'apporter des changements. Il serait également intéressant de savoir si celui qui perçoit son poste de travail comme étant plus risqué a plus de douleurs.

4.2.7. Liens entre la productivité et la santé et la sécurité au travail

L'analyse de temps et mouvements effectuée avec le logiciel MVTA permet facilement de déterminer la « valeur » de chaque élément de la tâche analysée. Ainsi, il suffit de classer chaque élément dans une des trois catégories suivantes : valeur ajoutée, valeur non ajoutée mais nécessaire et valeur non ajoutée. Lorsqu'un risque de TMS est identifié pour un élément qui n'apporte pas de valeur au produit, il est recommandé d'essayer de réduire au minimum cet élément. Par exemple, au poste A, la manutention des pièces est considérée comme un élément qui n'apporte pas de valeur ajoutée au produit et qui comporte des risques élevés de développement de TMS selon les résultats des méthodes d'évaluation. Toutefois, il est entendu qu'un minimum de manutention est nécessaire afin de déplacer les pièces entre les différents postes de travail. En automatisant la manutention à ce poste de travail, les employés ont été libérés de cet élément de tâche et les effets positifs se sont faits sentir à deux niveaux. D'une part, les risques de TMS associés à cet élément ont été éliminés et d'autre part, la productivité a été améliorée. En effet, plus de temps est désormais disponible pour les activités à valeur ajoutée (57 % après l'intervention versus 41 % avant).

Les questionnaires à l'intention des travailleurs ont également révélé quelques faits intéressants liés à la productivité. Le tableau 4.13, présenté à la page suivante résume les commentaires recueillis. Dans ce tableau, le commentaire recueilli grâce au questionnaire QEC (concernant la qualité de la résine) montre un lien direct entre la qualité du produit et la SST. Par ailleurs, certains aspects du questionnaire FIOH révèlent aussi des informations pertinentes en terme de productivité. Ainsi, au poste D, le commentaire indique une baisse de productivité et une augmentation de la charge de travail pour le travailleur. Le commentaire obtenu lors de la collecte de données du poste F, indique une perte de temps évidente reliée à l'attente d'un autre employé. De plus, cet aspect est également problématique en terme de SST puisque le travailleur peut être tenté d'exécuter la tâche de manutention seul au lieu d'attendre de l'aide.

Tableau 4.13 : Commentaires des travailleurs reliés à la productivité

Poste de travail	Commentaire	Circonstances dans lesquelles le commentaire a été fait
Poste C	« La qualité de la résine est très variable. Depuis quelques mois, il faut appuyer plus fort pour bien faire le travail et c'est plus difficile. »	Questionnaire QEC destiné au travailleur : question visant à connaître la force à appliquer avec la main.
Poste D	« Puisqu'il n'y a pas de dessin technique, les mesures ne sont pas toujours précises donc il faut souvent recommencer un travail. »	Questionnaire FIOH destiné au travailleur : question concernant la prise de décision.
Poste F	« Demander de l'aide à quelqu'un est contraignant puisqu'il faut attendre que la personne se libère pour venir aider. »	Questionnaire FIOH destiné au travailleur : question concernant les contraintes associées à la tâche.

4.3. Recommandations

Les fiches « d'utilisabilité » présentées dans la section 3.2 décrivent des limites importantes pour chaque méthode. Pour faire suite à ces limites, des voies d'amélioration sont présentées au tableau 4.14. Rappelons toutefois que, pour la méthode FIOH, des améliorations ont déjà été effectuées par le biais de cette recherche. En effet, voici ce qui a été ajouté au protocole initial développé par Ahonen, Launis et Kuorinka (1989) : un pointage pour donner priorité aux facteurs de risque, une fiche d'intensité, un calcul pour obtenir un indice unique, une fiche décrivant l'intensité du travail ainsi que les valeurs de référence pour l'éclairage et pour le bruit. Tous ces ajouts sont présentés à l'annexe I.

Tableau 4.14 : Suggestions d'amélioration pour chaque méthode

Méthode	Suggestions d'amélioration
FIOH	- Spécifier quelques critères pour la vibration (durée d'exposition, fréquence). - Donner des précisions pour l'aspect manutention (ex. : tenir compte des tâches « pousser », « tirer » et « transporter » et tenir compte de la fréquence de manutention) ou utiliser une autre méthode complémentaire (ex. : « A Guide to Manual Materials Handling »). - Considérer la force à appliquer. - Considérer les pressions mécaniques. - Inclure la notion de WBGT. - Uniformiser le nombre de choix de réponses. En effet, tout dépendant de la question, l'évaluateur a parfois le choix entre 4 ou 5 réponses.
QEC	- Pour les tâches de manutention, faire référence à une méthode complémentaire (ex. : « A Guide to Manual Materials Handling »). - Revoir le niveau de risque par rapport à la durée d'exposition au niveau des bras et des épaules, au niveau des mains et des poignets et au niveau du cou. En effet, le risque semble surestimé lorsque la tâche dure plus de quatre heures.
REBA	- Créer un pointage pour les différentes parties du corps pour faciliter l'interprétation des résultats ou proposer une méthode plus spécifique. - Préciser l'aspect « manutention » ou proposer une méthode complémentaire (ex.: « A Guide to Manual Materials Handling »).
RULA	- Créer un pointage pour les différentes parties du corps pour faciliter l'interprétation des résultats ou proposer une méthode plus spécifique. - Préciser l'aspect « manutention » ou proposer une méthode complémentaire (ex.: « A Guide to Manual Materials Handling »). - Préciser le rôle des aspects « dos » et « jambes » dans le résultat global. En effet, les auteurs de RULA définissent cette méthode comme une méthode d'évaluation de l'exposition aux risques de TMS pour les membres supérieurs, mais elle tient compte de la position du dos et des jambes.

Tableau 4.14 : Suggestions d'amélioration pour chaque méthode (suite)

OCRA	- Donner des précisions quant aux facteurs additionnels. En effet, il revient à l'évaluateur de déterminer l'impact des facteurs additionnels mais cette tâche peut s'avérer difficile pour un non-expert. - Revoir l'impact d'un pointage de « 5 » ou plus, obtenu avec l'échelle de perception de l'effort de Borg (1998), sur le résultat final. En effet, lorsqu'un tel pointage est accordé par les travailleurs pour un élément de la tâche dont la durée est supérieure à 10 % du temps, cela a un effet extrêmement pénalisant sur l'indice OCRA. - Approfondir les recherches pour l'indice relatif à l'épaule. Celui-ci est basé sur une constante de fréquence de « 15 », mais Colombini, Occhipinti et Grieco (2002) précisent que des recherches additionnelles devraient être réalisées à ce sujet.
HAL	- Préciser les diverses alternatives offertes à l'évaluateur pour réaliser l'analyse. Par exemple, indiquer l'alternative qui fournit les résultats les plus fiables, préciser l'alternative la plus rapide, etc. - Préciser la prise en compte des facteurs aggravants (postures non neutres maintenues continuellement, pressions mécaniques, basse température et vibrations). Il est effectivement difficile de savoir quelle importance leur accorder puisque aucune ligne de conduite n'est donnée par les auteurs.
JSI	- Préciser la méthodologie permettant d'évaluer l'intensité du travail. - Puisque cette méthode a été développée pour analyser des tâches répétitives, il serait intéressant de préciser la fiabilité de la méthode selon la longueur du temps de cycle, ou du moins de préciser ce qu'ils entendent par une tâche répétitive.
« A guide to manual materials handling »	- Développer un fichier électronique de façon à faciliter la recherche des données.
3DSSPP	- Définir des valeurs seuil pour la force de cisaillement en L4/L5 afin de faciliter l'interprétation de ces données.
4DWatbak	- Développer la même application, mais en trois dimensions. - Définir des valeurs seuil pour la force de cisaillement en L4/L5 afin de faciliter l'interprétation de ces données.

4.4. Limites de l'étude

Deux opérateurs par poste de travail ont été observés, permettant ainsi d'obtenir des résultats pour chaque méthode d'évaluation des facteurs de risque. Idéalement, il aurait fallu inclure des opérateurs additionnels afin d'avoir une variabilité dans le pointage. Cela aurait cependant augmenté significativement le temps de collecte de données ainsi que le temps d'analyse. Par exemple, interroger deux travailleurs implique à l'entreprise de libérer et de remplacer chacun des travailleurs pendant 30 minutes, soit une heure au total. Pour une PME aux ressources limitées, il semble que le nombre de travailleurs libérés ne peut pas être plus élevé que deux au cours d'une même journée de collecte de données. Du point de vue de la recherche, le nombre de deux travailleurs est donc à privilégier. Par contre, du point de vue de l'entreprise, il semble *a priori* que l'évaluation d'un seul travailleur, associée à l'évaluation de l'observateur, fournirait assez de données intéressantes pour réaliser des modifications au poste de travail. Cela va toutefois à l'encontre de Colombini, Occhipinti et Grieco (2002) qui suggèrent, pour la méthode OCRA, d'interroger cinq opérateurs du poste de travail afin de faire une moyenne des perceptions des travailleurs. Cette suggestion est sans doute valable dans le cas, par exemple, d'une étude épidémiologique, mais probablement pas pour réaliser des interventions ergonomiques.

L'étude est également limitée du fait qu'il a été impossible d'évaluer les opérateurs sur une plus longue période. Il y a certainement un degré de variabilité dans la durée des éléments de la tâche associée à un cycle de travail pendant la journée. Une période d'échantillonnage plus longue aurait permis de quantifier les différences entre les postures et d'évaluer davantage cet effet. Toutefois, augmenter l'échantillonnage signifie non seulement la diminution de la variabilité, mais également une hausse du temps de collecte de données et d'analyse, et par le fait même, une hausse des coûts relatifs à cette étude. Dans un contexte d'amélioration continue, soit un contexte où les méthodes et les procédés évoluent rapidement, une telle précision ne semble pas nécessaire.

Un autre aspect limitant est la rotation de poste des travailleurs. Ce phénomène est dû, entre autres, au taux de roulement de l'usine. L'arrivée de nouveaux employés fait en sorte que les travailleurs peuvent être transférés d'un poste de travail à l'autre à tout moment. L'évaluation d'un poste de travail à différents moments ne peut donc pas toujours s'effectuer avec le même opérateur. La comparaison des résultats est donc biaisée pour les méthodes qui requièrent l'évaluation du travailleur (FIOH, QEC, OCRA, HAL et JSI). En effet, puisque les réponses données par les travailleurs sont subjectives, les résultats des méthodes varient selon le travailleur interrogé. Dans une certaine mesure, l'évaluation subjective montre une faiblesse des méthodes. Toutefois, la perception des travailleurs s'avère souvent avantageuse. En effet, en impliquant activement les travailleurs dans l'évaluation de leur poste de travail, il est possible de recueillir des informations très pertinentes qui n'auraient pas été recueillies autrement.

Pour l'analyse 4DWatbak, puisqu'il était impossible de mesurer les forces dynamiques aux mains dans l'environnement de travail des opérateurs, il a fallu procéder à une analyse statique. Les résultats obtenus ne représentent donc pas la réalité, mais bien une estimation qui est basée sur l'approche visant à évaluer une posture par élément de tâche (Callaghan, Salewytch et Andrews 2001). Selon cette même référence, l'approche idéale serait d'évaluer toutes les postures, mais il est évident que cette approche serait beaucoup trop longue.

CONCLUSION

Cette recherche avait pour but de mettre à l'essai dix méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS en situation réelle.

Deux objectifs spécifiques découlaient de cet énoncé. D'abord, le premier sous-objectif devait permettre d'évaluer l'exposition aux facteurs de risque à chaque poste de travail étudié et de vérifier « l'utilisabilité » des méthodes. Le deuxième sous-objectif avait pour but de proposer des analyses permettant de mettre en relation les résultats des méthodes, les douleurs ressenties par les travailleurs, les perceptions des intervenants ainsi que la productivité. Pour ce faire, huit évaluations de poste de travail ont été effectuées.

Cette étude a d'abord permis d'évaluer le niveau d'exposition aux facteurs de risque de TMS à chaque poste de travail à l'aide de dix méthodes. Ensuite, une fiche « d'utilisabilité » a été remplie pour chaque méthode. Pour les mesures d'**efficacité**, les sujets suivants ont été abordés : 1) l'adéquation de la méthode par rapport au type de tâche ainsi que 2) les facteurs de risque présents au poste mais non considérés par la méthode. Au niveau de l'**efficience**, il est intéressant de noter qu'il faut moins de 60 minutes pour la collecte de données et l'analyse de deux méthodes (« A Guide to Manual Materials Handling » et RULA) alors que les deux méthodes les plus longues, soit OCRA et 4DWatbak, requièrent, en moyenne, plus de cinq heures de travail. Les mesures relatives à la **satisfaction** révèlent quant à elles que la difficulté la plus souvent répertoriée est le manque de précision concernant certains aspects de l'analyse. Par ailleurs, le point faible des méthodes le plus souvent citées concerne l'évaluation des tâches de manutention (FIOH, QEC, RULA, REBA). Ce dernier aspect permet de se questionner quant à la pertinence d'annexer une méthode spécifique à la manutention aux méthodes qui ne traitent pas spécifiquement de ce type d'évaluation.

Devant l'envergure des résultats obtenus pour chaque poste de travail, il s'est avéré essentiel de **proposer diverses analyses**. Ces analyses visent à comparer les résultats des méthodes de façon globale, puis en petits groupes homogènes. De plus, une analyse a été imaginée afin de déterminer dans quelle mesure les méthodes détectent les changements qui affectent l'ergonomie des postes de travail. Ensuite, des analyses ont été proposées dans le but de faire ressortir les différents liens entre les résultats des méthodes, les douleurs ressenties par les travailleurs ainsi que les perceptions des intervenants. Finalement, des liens entre la productivité et la SST sont ressortis des analyses ergonomiques par le biais des analyses de temps et des commentaires formulés par les travailleurs.

En somme, la première retombée de cette recherche est de fournir une méthodologie rigoureuse qui pourra être déployée à grande échelle. Cette étude révèle également des informations qui pourront être utilisées ultérieurement pour construire un arbre de décision. Ce dernier aurait pour but de guider divers intervenants vers la méthode d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risque de TMS répondant le mieux à leurs besoins. Il est donc vivement recommandé que cette étude soit poursuivie afin d'atteindre le nombre prévu de 100 évaluations de postes de travail, et ainsi contribuer à l'avancement des connaissances quant au choix de la meilleure méthode d'évaluation.

RÉFÉRENCES

ANONYME. (2003). Assessing musculoskeletal disorders at work: which tools to use when. Dans le site du *Robens centre for Health ergonomics*. [En ligne]. <http://www.eihms.surrey.ac.uk/robens/erg/QEC/WTWhenreview.pdf> (Page consultée le 20 octobre 2005)

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). (2002). « Hand Activity Level (HAL) ». *Theshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices*. Cincinnati : ACGIH. P. 112-114.

AHONEN, M., LAUNIS, M., KUORINKA, T. (1989). « Ergonomics Workplace Analysis ». Helsinki: Ergonomic Section, Finnish Institute of Occupational Health. 31 p.

ARCAND, R., LABRÈCHE, F., STOCK, S., MESSING, K., TISSOT, F. (2001). Travail et santé (Chapitre 26). *Enquête sociale et de santé 1998*. [En ligne] Sous la direction de INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC. Québec : Gouvernement du Québec. P. 525-570 http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/sante/pdf/e_soc98v2-1.pdf (Page consultée le 4 mai 2006)

BAO, S., HOWARD, N., SPIELHOLZ, P., SILVERSTEIN, B. (2006). Quantifying repetitive hand activity for epidemiological research on musculoskeletal disorders - Part II: comparison of different methods of measuring force level and repetitiveness. *Ergonomics*. 49 : 4. 381-392.

BERNARD, B.P. (1997). « Musculoskeletal disorders and workplace factors : A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and back ». Cincinnati, Ohio: US Department of Health and Human Services, Centers for Diseases Control Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. 590 p. Publication no.: 97-141.

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.

BORG, G. (1998). « Borg's Perceived Exertion and Pain Scales ». Champaign, IL : Human Kinetics. 104 p.

BROWN, R., LI, G. (2003). The development of action levels for the Quick Exposure Check (QEC) system. *Contemporary Ergonomics 2003*. London : Taylor & Francis.

BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL (BIT). (2001). « Introduction a l'étude du travail ». Sous la direction de George Kanawaty. 3^e édition. Genève. 524 p.

CALLAGHAN, J. P., SALEWYTSCH, A. J., ANDREWS, D. M. (2001). An evaluation of predictive method for estimating cumulative spinal loading. *Ergonomics*. 44:9, 825-837.

CHENGALUR, S., RODGERS, S., BERNARD, T.E. (2004). « Evaluation of job demand ». *Kodak's Ergonomic design for people at work*. Sous la direction de EASTMAN KODAK COMPANY. 2^e édition. New Jersey: John Wiley & sons. 99-112.

COLE, D.C., WELLS, R.P., FRAZER, M.B., KERR, M.S., NEUMANN, W.P., LAING, A.C. (2003). Methodological Issues in Evaluating Workplace Interventions to Reduce Work-Related Musculoskeletal Disorders Through Mechanical Exposure Reduction. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*. 29:5, 396-405.

COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E., GRIECO, A. (2002). « Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs ». Oxford : Elsevier Science Ltd. 200 p.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN) (2003). *Sécurité des machines - Performance physique humaine - Partie 3 : Limites des forces recommandées pour l'utilisation des machines*. Bruxelles : CEN. P. 221-231. Norme européenne EN 1005-3

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST) (2002). *TMS : troubles musculo-squelettiques - La prévention, ça fonctionne...* Québec : CSST. 1 p. DC 500-235.

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST) (2003a). *TMS : troubles musculo-squelettiques - N'attendez pas d'avoir mal pour en parler !* Québec : CSST. 3 p. DC 500-238.

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST) (2003b). *TMS : troubles musculo-squelettiques - Ça coûte cher a tout le monde !* Québec : CSST. 2 p. DC 500-236.

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST) (2005a). *Troubles musculo-squelettiques : guide d'évaluation des risques, méthode QEC.* Québec : CSST. 24 p. DC 200-698.

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST) (2005b). *Troubles musculo-squelettiques : méthode QEC.* Québec : CSST. 6 p. DC 500-239.

DAVID, G., WOODS, V., BUCKLE, P., STUBBS, D., (2003). Further development of the Quick Exposure Check. *Proceedings of the XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association, August 24-29 2003.* Seoul, Corée.

DAVID, G., WOODS, V., BUCKLE, P. (2005). *Further development of the usability and validity of the Quick Exposure Check (QEC).* [En ligne] Suffolk: HSE Books. 36 p. RR211. <http://www.hse.gov.uk/research/rpdf/rr211.pdf> (Page consultée le 12 septembre 2005)

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.* Montréal: IRSST. 81 p. B-066.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL. (2005). *Politique sur l'éthique de la recherche avec les sujets humains*. Montréal. 20 p. CAD 986-5090

FREIVALDS, A. (2004). *Biomechanics of the upper limbs : mechanics, modeling and musculoskeletal Injuries*. Boca Raton : CRC Press LLC. 605 p.

HALL, S.W. (1998). Achieving Competitive Excellence. *ASQ's 52nd Annual Quality Congress Proceedings*. Philadelphie : PA. 52, 637-645.

HIGNETT, S., MCATAMNEY, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Appl. Ergon.* 31:2, 201-205.

IMBEAU, D., NASTASIA, I., FARBOS, B. (2004). « Troubles musculo-squelettiques: évaluation et conception du travail ». *Manuel d'hygiène du travail : du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*. Sous la direction de L'Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail. Mont-Royal, Québec : Modulo-Griffon. P. 321-362.

INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. (2005). Santé au travail : Troubles musculo-squelettiques. Dans le site de l'INSPQ. [En ligne]. www.inspq.qc.ca (Page consultée le 12 octobre 2005)

KUORINKA, I., FORCIER, L., HAGBERG, M., SILVERSTEIN, B., WELLS, R., SMITH, M.J. et al. (1995). « Les lésions attribuables au travail répétitif (LATR) : ouvrage de référence sur les lésions musculo-squelettiques liées au travail ». Sainte-Foy et Paris : Multimondes et Maloine. 510 p.

LI, G., BUCKLE, P. (1999). *Evaluating change in exposure to risk for musculoskeletal disorders - a practical tool*. [En ligne] Suffolk: HSE Books. 74 p. CRR251. http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1999/crr99251.pdf (Page consultée le 27 octobre 2005)

MARRAS, W.S. (2003). The case for cumulative trauma in low back disorders. *The Spine Journal*. 3, 177-179.

MCATAMNEY, L., NIGEL CORLETT, E. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders . *Applied Ergonomics*. 24:2, 91-99.

MITAL, A., NICHOLSON, A.S., AYOUB, M.M. (1997). « A Guide to Manual Materials Handling ». *Chapter 4 - Lifting*. London : Taylor & Francis. P. 61-86.

MOORE, J.S., GARG, A. (1995). The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 56:5, 443-458.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL / INSTITUTE OF MEDECINE (NRC/IM). (2001). *Musculoskeletal Disorders and the Workplace - Low back and Upper Extremities*. Washington, D.C.: National Academy Press.

OCCHIPINTI, E. (1998). OCRA: A concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*. 41:9, 1290-1311.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION (ISO). (1998). *Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux a écran de visualisation (TEV) - Partie 11 : Lignes directrices relatives a l'utilisabilité*. P. 373-395. ISO 9241-11:1998

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION (ISO). (2004). *Ergonomie de l'environnement thermique - Détermination du métabolisme énergétique*. ISO 8996:2004. 25 p.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS). (2004). La prévention des troubles musculo-squelettiques sur le lieu de travail. *Série Protection de la santé des travailleurs*. France : OMS. No. 5. 40 p.

PUTZ-ANDERSON, V. (1988). « Cumulative trauma disorders - A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs ». London : Taylor et Francis. 168 p.

REA, M. (2000). « IES Lighting Handbook (Reference Volume) ». 9^e édition. New York: Illuminating Engineering Society of North America (IESNA).

Règlement sur la santé et la sécurité du travail. (2001). [S-2.1, r.19.01]. Québec : Éditeur officiel du Québec. Article 131. D. 885-2001
http://www.csst.qc.ca/portail/fr/lois_politiques/index_loi.htm (Page consultée le 16 février 2006)

ROBSON, L., SCHANNON, H., GOLDENHAAR, L., HALE, A. (2001). *Guide to evaluating the effectiveness of strategies for preventing work injuries*. [En ligne]. Washington, DC : NIOSH. 138 p. Publication no. 2001-119
<http://www.monash.edu.au/muarc/ipso/safebk/safetybk.pdf> (Page consultée le 18 janvier 2006).

SNOOK, S.H., CIRIELLO, V.M. (1991). The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*. 34:9. 1197-1213.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. (2003). *User's Manual - 3D Static Strength Prediction Program Version 5.0.0*. The University of Michigan Center for Ergonomics. 83 p.

UNIVERSITY OF WATERLOO. (1999). *4D WATBAK Manual*. Faculty of Applied Health Science, University of Waterloo. 66 p.

VIOLANTE, F., ARMSTRONG, T., KILBOM, A. (2000). « Occupational Ergonomics: Work related musculoskeletal disorders of the upper limb and back ». London and New York : Taylor & Francis. 220 p.

WESTGAARD, R.H., WINKEL, J. (1997). Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: A critical review. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 20, 463-500.

ANNEXES

ANNEXE I : DESCRIPTION DES MÉTHODES D'ÉVALUATION

Tableau I.1: Description de la méthode FIOH

	FIOH « Finnish Institute of Occupational Health » (Ahonen, Launis et Kuorinka 1989)
Facteurs de risque considérés	Poste de travail, charge physique de travail, levées de charges, postures de travail et mouvements, risque d'accident, contenu de la tâche, contraintes de la tâche, communication et contact personnel, prise de décision, répétitivité, attention exigée, éclairage, environnement thermique, bruit.
Sites corporels visés	Cou-épaules, coudes-poignets, dos, hanches-jambes.
Description	Cet outil propose l'analyse ergonomique d'un poste de travail et les éléments qu'il évalue sont très variés. Son contenu et sa structure font que cet outil est adapté pour l'évaluation de la plupart des tâches industrielles et des tâches de manutention.
Méthodologie	Ajouts par rapport à la méthodologie élaborée par l'auteur : - Intensité de travail: Valeurs comparatives traduites et adaptées de la norme ISO 8996 (2004) et de Chengalur, Rodgers et Bernard (2004). (Voir la figure I.1) - Éclairage: Valeurs recommandées traduites et adaptées du « Lighting Handbook de l'Illuminating Engineering Society of North America » (IESNA) (Rea 2000). (Voir la figure I.2) - Bruit : Valeurs d'exposition du <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> ([RSST] 2006). (Voir la figure I.3). - Pointage : Il a été jugé opportun de calculer un indice pondéré tenant compte de l'évaluation de l'évaluateur et des observateurs. Peu importe le nombre d'opérateurs, le poids des deux évaluations est toujours réparti également (50 %). Voici un exemple de calcul pour obtenir le pointage associé aux facteurs de risque #1, 2, 11 et 12 : Considérons un résultat de « 1 » pour l'évaluateur et des résultats de « 0 » et de « 2 » pour les deux opérateurs. $\text{Pointage} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) + \frac{\left(\frac{0}{3} + \frac{2}{3}\right)}{2}}{2} \times 10 = 3,33$ Avec les mêmes données, le pointage associé aux autres facteurs de risque se calculerait de la façon suivante : $\text{Pointage} = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) + \frac{\left(\frac{0}{3} + \frac{2}{3}\right)}{2}}{2} \times 10 = 2,92$

Intensité de travail

(Traduit et adapté de la norme ISO 8996 (2004) et de Chengalur, Rodgers et Bernard (2004).

Travail léger < 150 watts	- Travail de secrétariat - Travail assis manuel léger : taper sur un clavier, écrire, faire de la comptabilité, dactylographier - Travail assis avec de petits outils : inspecter, assembler ou trier des matériaux légers - Travail des bras et des jambes : conduire un véhicule dans des conditions normales - Travail debout : assemblage / emballage de petits objets - Marche occasionnelle lente (inférieure à 3.5 km/h)
Travail moyen à exigeant 150-300 watts	- Travail des bras et du tronc : utiliser des outils à main de faible puissance (perceuse électrique, petite polisseuse...), utiliser un tournevis, une clef. - Travail debout : fraiser, polir, usiner de petites pièces - Pousser/tirer des charges de faible poids - Manutentionner occasionnellement des objets moyennement lourds. - Marcher entre 3,5 et 5,5 km/h - Soulever 4.5 kg moins de 10 fois par minute; 11 kg moins de 6 fois par min.
Travail exigeant 300-450 watts	- Travail soutenu des mains et des bras : clouer, visser, limer... - Travail des bras et du tronc : travail au marteau pneumatique, plâtrer, sarcler, biner, mélanger du ciment. - Travail impliquant tout le corps : emballer/envelopper des pièces de grandes dimensions, faire la mécanique générale de véhicules, peindre au pistolet, poser des bloc de béton, utiliser des outils au dessus de la tête - Pousser ou tirer des chariots ou des brouettes chargées - Marcher avec une charge de 10 kg dans les mains - Marcher entre 5.5 et 7 km/h - Soulever 4.5 kg moins de 14 fois par minute; 11 kg moins de 10 fois par minute
Travail très exigeant > 450 watts	- Travail très intense et effectué à une cadence rapide : décharger des objets lourds, travail au marteau à 2 mains ou à la hache (4.4 kg, 15 coups/min) - Pelleter lourdement, creuser des tranchées, couper/scier du bois dur, faire de la grosse maçonnerie - Monter des escaliers ou des échelles - Marcher avec une charge de 40 kg dans les mains - Marcher rapidement, courir (à une vitesse supérieure à 7 km/h) - Soulever 4.5 kg plus de 18 fois par min; 11 kg plus de 13 fois par min

Figure I.1 : Fiche décrivant l'intensité de travail

Valeurs d'éclairage recommandées par le IESNA Illuminating Engineering Society of North America, <i>Lighting handbook</i> , 9e éd.		
Valeurs minimales proposées en fonction du type de l'activité.		
Orientation et tâches visuelles simples. La performance visuelle n'est pas importante. Ces tâches se déroulent dans des endroits publics où la lecture et l'inspection visuelles sont seulement exécutées occasionnellement. Si les tâches visuelles sont exécutées sur une base régulière, un niveau d'éclairage plus haut est alors recommandé.		
A	30 lx	Endroits publics.
B	50 lx	Simple orientation pour des visites de courte durée.
C	100 lx	Endroits de travail où des tâches visuelles sont effectuées à l'occasion.
Tâches visuelles communes. La performance visuelle est importante. Ces tâches sont exécutées dans un contexte commercial, industriel et résidentiel. L'éclairage recommandé pour les tâches visuelles diffère selon les caractéristiques de la tâche à accomplir. Un niveau d'éclairage plus haut est recommandé si la tâche comporte des éléments critiques de bas contrastes ou de petites tailles.		
D	300 lx	Tâches visuelles de haut contraste et cibles visuelles de grandes dimensions. Ex.: lire du texte imprimé, originaux dactylographiés, écriture à la main à l'encre, bonne reproduction (photocopie), travail à l'établi ou d'usinage grossiers, inspection ordinaire, assemblage grossier.
E	500 lx	Tâches visuelles de haut contraste et de petites taille ou tâches visuelles de bas contraste et de grandes dimensions. Ex.: lire une écriture à la main avec crayon à mine moyenne, mauvaise impression ou reproduction (photocopie), travail moyen à l'établi ou d'usinage, inspection difficile, assemblage moyen.
F	1000 lx	Tâches visuelles de bas contraste ou cibles visuelles très petites. Ex.: lire une écriture à la main avec crayon à mine dure sur du papier de piètre qualité ou très mauvaise reproduction, inspection très difficile.
Tâches visuelles spéciales. La performance visuelle est critique à la réalisation de la tâche. Ce sont des tâches très spécialisées, incluant celles avec des éléments critiques très petits ou de très faible contraste.		
G	3000 à 10000 lx	L'exécution des tâches visuelles s'approche de la limite visuelle.

Figure I.2 : Valeurs d'éclairage recommandées par le IESNA

Niveau de bruit (en dBA, dBA corrigés ou dBA équivalents)	Temps d'exposition* permis (h/jour)
85	16,0
86	13,9
87	12,1
88	10,6
89	9,2
90	8,0
91	7,0
92	6,0
93	5,3
94	4,6
95	4,0
96	3,5
97	3,0
98	2,6
99	2,3
100	2,0
101	1,75
102	1,50
103	1,3
104	1,2
105	1,0
106	0,9
107	0,8
108	0,7
109	0,6
110	0,5
111	0,45
112	0,4
113	0,35
114	0,30
115	0,25
>115	0

* ceci comprend toute exposition continue ou toute série de courtes expositions sur une période de travail d'un travailleur.

Figure I.3 : Valeurs de bruit recommandées selon l'article 131 du RSST

Tableau I.2 : Description de la méthode QEC

	QEC « Quick Exposure Check » Méthode initialement développée par Li et Buckle (1999) et adaptée par David, Woods et Buckle (2005)																																				
Facteurs de risque considérés	Posture contraignante, fréquence, force, durée, demande visuelle. Facteurs additionnels : conduite d'un véhicule, outils vibrants, rythme de travail, niveau de stress.																																				
Sites corporels visés	Dos, épaules et bras, poignets et mains, cou																																				
Description	Cet outil sert à évaluer de façon distincte les risques musculo-squelettiques au dos, aux épaules et bras, aux poignets et mains, ainsi qu'au cou. Il s'agit d'un questionnaire qui met à contribution l'évaluateur et le travailleur.																																				
Méthodologie	La CSST a modifié la version du QEC et a publié sa propre version (CSST 2005a et 2005b). Les deux versions sont analysées dans cette étude. Voici les principales modifications qui ont été effectuées dans la version de la CSST : 1- Le nombre de choix de réponses pour la question relative au stress passe de quatre à trois dans la partie « évaluation du travailleur ». 2- Le pointage de la combinaison « Posture statique et durée » au niveau du dos est plus sévère. 3- L'interprétation des résultats est différente. Les niveaux de risque passent de quatre à trois et les pointages associés à chaque niveau de risque sont différents. La méthodologie est sensiblement la même pour les deux versions et elle a été appliquée rigoureusement. Toutefois, les auteurs n'indiquent pas de ligne de conduite quant à l'évaluation d'une tâche variée incluant un élément de manutention. Il a donc été décidé de faire une analyse spécifique pour les éléments de manutention.																																				
Interprétation des résultats	Version de David, Woods et Buckle (2005) : <table><tr><td></td><td>Faible</td><td>Modéré</td><td>Élevé</td></tr><tr><td>Dos</td><td>10-20</td><td>21-30</td><td>31-40</td></tr><tr><td>Épaule / Bras</td><td>10-20</td><td>21-30</td><td>31-40</td></tr><tr><td>Poignet / Main</td><td>10-20</td><td>21-30</td><td>31-40</td></tr><tr><td>Cou</td><td>4-6</td><td>8-10</td><td>12-14</td></tr><tr><td>Conduite</td><td>1</td><td>4</td><td>9</td></tr><tr><td>Vibration</td><td>1</td><td>4</td><td>9</td></tr><tr><td>Rythme</td><td>1</td><td>4</td><td>9</td></tr><tr><td>Stress</td><td>1</td><td>4</td><td>9</td></tr></table>		Faible	Modéré	Élevé	Dos	10-20	21-30	31-40	Épaule / Bras	10-20	21-30	31-40	Poignet / Main	10-20	21-30	31-40	Cou	4-6	8-10	12-14	Conduite	1	4	9	Vibration	1	4	9	Rythme	1	4	9	Stress	1	4	9
	Faible	Modéré	Élevé																																		
Dos	10-20	21-30	31-40																																		
Épaule / Bras	10-20	21-30	31-40																																		
Poignet / Main	10-20	21-30	31-40																																		
Cou	4-6	8-10	12-14																																		
Conduite	1	4	9																																		
Vibration	1	4	9																																		
Rythme	1	4	9																																		
Stress	1	4	9																																		

Tableau I.2 : Description de la méthode QEC (suite)

Version de la CSST (2005a et 2005b):

	Faible	Modéré	
Dos	10-28	30-42	
Épaule / Bras	10-28	30-42	
Main / Poignet	10-24	26-34	
Cou	4-14	16	
Conduite		√	
Vibration		√	
Rythme		√	
Stress		√	

Les « √ » indiquent que le facteur doit être considéré comme étant aggravant.

Un indice global peut être calculé selon Brown et Li (2001) :

QEC GLOBAL	Pointage RULA	Risque
< 40 %	1 ou 2	Acceptable
40 % - 49 %	3 ou 4	Étudier davantage
50 % - 69 %	5 ou 6	Étudier davantage et modifier bientôt
70 % - 79 %		

Tableau I.3 : Description de la méthode REBA

	REBA « Rapid Entire Body Assessment » (Hignett et McAtamney 2000)			
Facteurs de risque considérés	Postures contraignantes, force, répétition, efforts statiques, qualité de la prise.			
Sites corporels visés	Bras et épaules, avant-bras et coudes, poignets, cou, tronc, jambes et genoux			
Description	REBA est une méthode d'analyse posturale de type « papier et crayon ». Les différentes parties du corps sont codées individuellement et un indice global indique le niveau de risque associé à la posture.			
Méthodologie	La méthodologie proposée par l'auteur a été appliquée rigoureusement. Les auteurs ne donnent pas d'indication quant à la sélection des éléments de la tâche à analyser. Ainsi, les éléments qui ont été analysés sont les pires, soit en terme de durée d'exposition, soit en terme de force à exercer.			
Interprétation des résultats	Niveau d'action	Pointage	Risque	Actions (incluant évaluations futures)
	0	1	Négligeable	Aucune action nécessaire
	1	2 – 3	Faible	Peut-être nécessaire
	2	4 – 7	Modéré	Nécessaire
	3	8 – 10	Élevé	Nécessaire bientôt

Tableau I.4 : Description de la méthode RULA

	RULA « Rapid Upper Limb Assessment » (McAtamney et Corlett 1993)	
Facteurs de risque considérés	Postures contraignantes, force, répétition, efforts statiques.	
Sites corporels visés	Bras et épaules, avant-bras et coudes, poignets, cou, tronc, jambes.	
Description	Tout comme la méthode REBA, la méthode RULA est une méthode d'analyse posturale de type « papier et crayon ». Chaque posture est codée individuellement et l'indice global donne le risque inhérent au développement de TMS aux membres supérieurs. Les auteurs mentionnent que cette méthode devrait faire partie d'un programme d'ergonomie structuré.	
Méthodologie	La méthodologie proposée par les auteurs a été suivie rigoureusement. Voici toutefois quelques précisions. Au commencement de l'analyse, les éléments à évaluer doivent d'abord être sélectionnés. Pour ce faire, les auteurs recommandent de sélectionner les postures qui sont maintenues pendant la plus grande partie du cycle ou celles qui impliquent les poids les plus élevés. C'est ce qui a été fait, mais cela s'est avéré ambigu. De plus, les auteurs recommandent d'évaluer le côté gauche et le côté droit séparément seulement si l'évaluateur ne sait pas quel côté est le plus sollicité. Autrement, RULA indique le risque pour le côté le plus sollicité.	
Interprétation des résultats	Pointage	Risque
	1 ou 2	Acceptable
	3 ou 4	Étudiez davantage
	5 ou 6	Étudiez davantage et changement bientôt

Tableau I.5 : Description de la méthode OCRA

	OCRA « Occupational Repetitive Action » (Occhipinti 1998)		
Facteurs de risque considérés	Répétition, fréquence, force, posture et mouvements, récupération. Facteur additionnels : précision, pressions mécaniques, mouvements rapides, vibrations, etc.		
Sites corporels visés	Mains, poignets, avant-bras, coudes, épaules.		
Description	Au terme d'une analyse exhaustive, l'indice OCRA permet d'évaluer les risques musculo-squelettiques pour les membres supérieurs lors de l'exécution de tâches variées.		
Méthodologie	La méthodologie proposée par les auteurs a été suivie rigoureusement. Toutefois, dans la partie « Evaluation subjective de l'effort perçu selon l'échelle de Borg (1998) », deux seuls opérateurs ont été interrogés alors que les auteurs suggèrent idéalement un nombre de cinq travailleurs. Ce compromis a dû être fait pour ne pas nuire à la production.		
Interprétation des résultats	Indice OCRA	Interprétation	% de TMS prédit sur une période de 10 ans
	0 < 1	Pas de risque	0 < 4,2
	1,1 < 2	Risque très faible	4,6 < 8,4
	2,1 < 3,9	Risque faible	8,8 < 16,4
	4,0 > 3,9	Risque élevé	16,4 > 8,8

Tableau I.6 : Description de la méthode HAL

	HAL « Hand Activity Level » (ACGIH 2002)																																																				
Facteurs de risque considérés	Niveau d'activité des mains : - fréquence des efforts - cycle de travail, soit la distribution du travail et des périodes de récupération. Force maximale au niveau des mains, normalisée pour les femmes du 15^e centile. Autres facteurs à considérer selon le jugement de l'évaluateur : - postures non neutres maintenues continuellement - pressions mécaniques - basse température - vibration.																																																				
Sites corporels visés	Mains, poignets et avant-bras																																																				
Description	Cet indice définit un niveau d'activité de la main acceptable (HAL) selon la force maximale normalisée appliquée par la main durant le travail. Cette méthode s'applique uniquement à la région constituée des avant-bras, des poignets et des mains. La méthode évalue seulement les tâches répétitives, simples et uniques qui sont effectuées pendant plus de quatre heures par jour. Ce type de tâche implique la répétition d'un ensemble d'éléments de la tâche similaires et répétés continuellement dans un quart de travail.																																																				
Méthodologie	Trois méthodes sont proposées par l'auteur pour définir le <i>niveau d'activité des mains</i>. La méthode qui a été retenue pour cette étude est celle qui consiste à utiliser les informations concernant la fréquence des efforts et le pourcentage du cycle de travail dédié à ces efforts. Il suffit alors de combiner ces deux aspects dans le tableau suivant : <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Fréquence (Effort / sec)</th><th rowspan="2">Période (Sec / effort)</th><th colspan="5">Cycle de travail (%)</th></tr> <tr> <th>0-20</th><th>20-40</th><th>40-60</th><th>60-80</th><th>80-100</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,125</td><td>8,0</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr> <td>0,25</td><td>4,0</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr> <td>0,5</td><td>2,0</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr> <td>1,0</td><td>1,0</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr> <td>2,0</td><td>0,5</td><td>-</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> Pour évaluer la <i>force normalisée de l'effort fourni par les mains et les poignets</i>, plusieurs méthodes sont proposées par l'auteur. Celle qui a été retenue combine la force de préhension maximale des travailleurs et leur perception (sur l'échelle de Borg (1998)) quant à l'effort à fournir au niveau des mains et des poignets. Il suffit alors de diviser cette mesure par la force de préhension maximale normalisée pour les femmes du 15^e centile pour obtenir la force normalisée de l'effort fourni par les mains et les poignets. Cette population a été choisie afin de respecter le consensus européen.						Fréquence (Effort / sec)	Période (Sec / effort)	Cycle de travail (%)					0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0,125	8,0	1	1	-	-	-	0,25	4,0	2	2	3	-	-	0,5	2,0	3	4	5	5	6	1,0	1,0	4	5	5	6	7	2,0	0,5	-	5	6	7	8
Fréquence (Effort / sec)	Période (Sec / effort)	Cycle de travail (%)																																																			
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100																																															
0,125	8,0	1	1	-	-	-																																															
0,25	4,0	2	2	3	-	-																																															
0,5	2,0	3	4	5	5	6																																															
1,0	1,0	4	5	5	6	7																																															
2,0	0,5	-	5	6	7	8																																															
Interprétation des résultats	Threshold limit value (TLV) = 0,78 Action limit (AL) = 0,56		< AL AL à TLV																																																		

Tableau I.7 : Description de la méthode JSI

	JSI « Job Strain Index » (Moore et Garg 1995)		
Facteurs de risque considérés	Intensité de l'effort, durée de l'effort, nombre d'efforts par minute, posture des mains et des poignets, vitesse de travail, durée de travail par jour.		
Sites corporels visés	Région distale des membres supérieurs (coude, avant-bras, poignet et main)		
Description	Cette méthode fournit une évaluation spécifique au poignet pour les tâches répétitives, simples et uniques. Elle tient compte de six différents composants et requiert une étude de temps et mouvements.		
Méthodologie	Selon Moore et Garg (1995), l'évaluation de tâches multiples ou variées mène à une surestimation du risque lorsque ces tâches sont analysées séparément. Ils indiquent également que l'évaluation d'une tâche comportant un faible nombre d'efforts par minute mène à une surestimation du risque. Pour les besoins de cette étude, il a tout de même été décidé d'appliquer cette méthode à tous les types de tâche afin de documenter les difficultés de l'analyse JSI par rapport à ces tâches. Par ailleurs, la méthodologie pour évaluer l'intensité de l'effort est laissée au bon jugement de l'évaluateur, et ce, même si les auteurs spécifient que cet aspect est le plus important des six facteurs de risque considérés par cette méthode. La méthodologie retenue est donc d'utiliser l'échelle de Borg (1998) pour connaître la perception des travailleurs quant à l'effort fourni par les mains.		
Interprétation des résultats		« Strain Index » (SI)	Niveau de risque
		SI < 3 :	Sécuritaire
		3 < SI < 5 :	Incertain
		5 < SI < 7 :	Présence de risque

Tableau I.8 : Description de la méthode « A Guide to Manual Materials Handling »

	« A Guide to Manual Materials Handling » (Mital, Nicholson et Ayoub 1997)		
Facteurs de risque considérés	<u>Levée à deux mains :</u> <i>Facteurs de base :</i> sexe, dimension de la boîte (distance entre le corps et le poids), fréquence de levée, pourcentage de la population à accommoder, hauteur de levée. <i>Facteurs additionnels :</i> Durée de travail, espace limité ou plafond bas qui affecte la stature, levée asymétrique, charge asymétrique, prise de l'objet, placement avec précision, contrainte due à la chaleur. <u>Poussée et tirée</u> Sexe, hauteur de la poignée, pourcentage de la population à accommoder, fréquence de poussée, distance à parcourir. <u>Transporter</u> <i>Facteurs de base :</i> sexe, hauteur de transport, fréquence de levée, pourcentage de la population à accommoder, hauteur de transport. <i>Facteurs additionnels :</i> identiques à la levée à deux mains. <u>Autres tâches :</u> Levée à une main, levée à deux personnes, tirée à une main, poussée à une main, manutention de charge avec des postures inhabituelles		
Sites corporels visés	Dos		
Description	Ce guide fournit des tables de valeur de poids maximum acceptables dont le format et l'utilisation sont très semblables à ceux de Snook et Ciriello. Le grand intérêt de ce guide est d'être plus complet et facile d'utilisation.		
Méthodologie	La méthodologie de l'auteur a été appliquée à la lettre. Les valeurs les plus près de celles mesurées ont été considérées pour obtenir les valeurs recommandées dans les tableaux, sauf dans les cas où Mital, Nicholson et Ayoub (1997) indiquaient que des interpolations pouvaient être calculées. Par ailleurs, un indice de risque (valeur actuelle / poids recommandé) a été calculé pour faciliter l'interprétation des résultats.		
Interprétation des résultats		Indice de risque ≤ 1	

Tableau I.9 : Description de la méthode 3DSSPP

	Logiciel 3DSSPP (Version 5.0.0) (University of Michigan 1986)						
Facteurs de risque considérés	Logiciel 3DSSPP : Posture en trois dimensions, direction et ampleur de la force exercée au niveau des mains, anthropométrie, force appliquée à une articulation. Norme EN 1005-3 : Pourcentage de la population à accommoder, vitesse de mouvement, fréquence, durée, risque acceptable.						
Sites corporels visés	Coudes, épaules, dos, hanches, genoux, chevilles.						
Description	Ce logiciel détermine, selon la modélisation en trois dimensions d'une posture recueillie à l'aide d'une photo sur le terrain, les contraintes à diverses articulations pouvant s'exercer sur l'opérateur au moment de la levée ou du transport de charges, ou lors d'application de force sur des objets.						
Méthodologie	La méthodologie est déterminée par l'évaluateur. Voici les grandes lignes de la méthodologie qui a été appliquée dans le cadre de cette étude : - Choisir le mannequin « femme du 50^e centile ». - Entrer la position horizontale, verticale et latérale des mains. - Entrer l'ampleur et la direction de la force. - Représenter la posture à évaluer le plus fidèlement possible. - Utiliser la norme EN 1005-3 pour déterminer si la tâche est acceptable ou non. - Calculer l'indice de risque (force actuelle / force recommandée) pour faciliter l'interprétation des résultats.						
Interprétation des résultats	<table><tr><td>Compression L4/L5</td></tr><tr><td>0-3425 N</td></tr><tr><td>3426- 6361 N</td></tr><tr><td></td></tr></table> Cisaillement Actuellement, il n'y a pas de valeur seuil définie dans la littérature. Norme EN 1005-3 <table><tr><td>Indice de risque ≤ 1</td></tr><tr><td></td></tr></table>	Compression L4/L5	0-3425 N	3426- 6361 N		Indice de risque ≤ 1	
Compression L4/L5							
0-3425 N							
3426- 6361 N							
Indice de risque ≤ 1							

Tableau I.10 : Description de la méthode 4DWatbak

	Logiciel 4DWatbak (Version 2.0.37) (University of Waterloo 1999)	
Facteurs de risque considérés	Posture en deux dimensions, direction et ampleur de la force exercée au niveau des mains, temps de maintien des postures et répétition.	
Sites corporels visés	Coudes, épaules, dos, hanches, genoux, chevilles.	
Description	Cet outil sert à évaluer les charges maximales et cumulatives d'un emploi et ce, tout au long d'un quart de travail. Ces valeurs sont ensuite utilisées par le logiciel pour déterminer un indice de déclaration de douleur au dos (IDDD).	
Méthodologie	La méthodologie est déterminée par l'évaluateur. Voici les grandes lignes de la méthodologie qui a été développée : - Entrer les informations générales de la tâche et choisir le mannequin « femme du 50^e centile » - Déterminer les postures à évaluer. Pour ce faire, différentes méthodes d'approximation des charges cumulées peuvent être utilisées, menant chacune à un niveau de précision différent (Callaghan, Salewytch et Andrews 2001). La méthode choisie est celle correspondant au calcul de la charge cumulée par élément de la tâche. Cette méthode permet donc de trouver des valeurs qui sont intermédiaires entre la réalité et l'approximation grossière. - Indiquer le temps de maintien de chacune des postures choisies ainsi que le nombre de répétitions. Pour ce fait, une étude de temps est requise. - Représenter chaque posture le plus fidèlement possible en se basant sur les postures qui ont été déterminées dans 3DSSPP. - Entrer l'ampleur et la direction de la force pour chaque posture.	
Interprétation des résultats	Compression L4/L5	
	0 -3433 N (Niosh AL)	
	3434- 6376 N (Niosh MPL)	
	Cisaillement	
	Actuellement, il n'y a pas de valeur seuil définie dans la littérature	
	Indice de déclaration des douleurs au dos (IDDD)	
	Par exemple, un indice de 31 % indique que le travailleur dédié à la tâche étudiée a 31 % des chances de déclarer une douleur au dos.	

ANNEXE II : ÉTUDES DE TEMPS AUX POSTES B-C-D-E-F

Poste B :

Au poste B, le temps moyen d'un cycle de travail est de 8 minutes et 23 secondes. Le nombre d'actions techniques effectuées par minute par le côté gauche est de 27 et de 81 pour le côté droit. Le tableau suivant montre le pourcentage du temps de cycle associé à chaque élément de la tâche et leur impact sur la productivité.

Tableau II.1 : Résultats de l'étude de temps au poste B

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Laminage	69	Valeur ajoutée
Déplacements	12	Non-valeur ajoutée nécessaire
Attente	14	Non-valeur ajoutée
Nettoyage	4	Non-valeur ajoutée nécessaire
Manutention*	1	Non-valeur ajoutée nécessaire

* La manutention des pièces est en fait un élément occasionnel. En effet, il arrive que les pièces sortent des rails du convoyeur. Dans ce cas, les travailleurs doivent manutentionner les pièces manuellement. Cet élément survient environ quatre ou cinq fois par quart de travail, pendant une durée moyenne de 35 secondes.

Poste C :

Au poste C le temps moyen d'un cycle de travail est de 10 minutes et 35 secondes. Le nombre d'actions techniques effectuées par minute par le côté gauche est de 6 et de 71 pour le côté droit. Le tableau suivant montre le pourcentage du temps de cycle associé à chaque élément de la tâche et leur impact sur la productivité.

Tableau II.2 : Résultats de l'étude de temps au poste C

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Laminage avec rouleau	45	Valeur ajoutée
Laminer avec rallonge	13	Valeur ajoutée
Attente	25	Non-valeur ajoutée
Nettoyage	5	Non-valeur ajoutée nécessaire
Déplacement	5	Non-valeur ajoutée nécessaire
Manutention	7	Non-valeur ajoutée nécessaire

Poste D :

Il a été estimé que les employés œuvrent environ quatre heures par quart de travail à ce poste. Le temps de cycle est de 11 minutes et 40 secondes. Le nombre d'actions techniques correspond à 5,0 pour le côté gauche et 2,7 pour le côté droit. Le travailleur observé est gaucher.

Tableau II.3 : Résultats de l'étude de temps au poste D

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Soudure	42	Valeur ajoutée
Assemblage	26	Valeur ajoutée
Vérification	18	Non-valeur ajoutée nécessaire
Attente	12	Non-valeur ajoutée

Poste E :

L'étude de temps à ce poste de travail indique que le temps de cycle moyen à ce poste de travail est de 15 minutes 46 secondes. Par ailleurs, le nombre d'actions techniques par minute est de 3,7 pour le côté gauche et 17,5 pour le côté droit.

Tableau II.4 : Résultats de l'étude de temps au poste E

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Sablage	19	Valeur ajoutée
Polissage	8	Valeur ajoutée
Application du « putty »	18	Valeur ajoutée
Projection d'air	1	Valeur ajoutée
Déplacements	32	Non-valeur ajoutée nécessaire
Attente	6	Non-valeur ajoutée
Autres éléments	16	Non-valeur ajoutée nécessaire

Poste E (après intervention) :

À la suite de l'intervention menée au poste E, le temps de cycle moyen est de 9 minutes 37 secondes. Par ailleurs, le nombre d'actions techniques par minute est de 3,8 pour le côté gauche et 28,6 pour le côté droit.

Tableau II.5 : Résultats de l'étude de temps au poste E (après intervention)

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Sablage	19	Valeur ajoutée
Polissage	5	Valeur ajoutée
Application du « putty »	14	Valeur ajoutée
Projection d'air	1	Valeur ajoutée
Déplacements	8	Non-valeur ajoutée nécessaire
Attente	13	Non-valeur ajoutée
Autres éléments	40	Non-valeur ajoutée nécessaire

Poste F :

Le temps de cycle moyen au poste F est de 20 minutes 30 secondes. Le nombre d'actions techniques effectuées par minute par le côté gauche est de 1,3 et de 20,2 pour le côté droit.

Tableau II.6 : Résultats de l'étude de temps au poste F

Éléments de la tâche	% du temps de cycle	Productivité
Manutentionner	5	Non-valeur ajoutée nécessaire
Sabler à la main	8	Valeur ajoutée
Sabler avec ponceuse	9	Valeur ajoutée
Peinturer	8	Valeur ajoutée
Déplacement	23	Non-valeur ajoutée nécessaire
Attente	9	Non-valeur ajoutée
Autres éléments (écriture, préparation des solutions, ...)	38	Non-valeur ajoutée nécessaire

**ANNEXE III : TABLEAUX SYNTHÈSES DES RÉSULTATS DES
POSTES B-C-D-E-F**

FIOH					Éléments	QEC					REBA
Facteurs de risque	Éval.	Op.3	Op.4	Total		Facteurs de risque	CSST		David et al.		
							Op. 3	Op. 4	Op. 3	Op. 4	
Poste de travail	3	+	+	5,0	Laminage	Dos	34	34	30	30	7
Charge physique globale	3	-	++	5,0		Bras	34	34	34	34	
Levées de charges	2	-	-	4,6		Main	34	34	34	34	
Posture de travail et mvts				10,0		Cou	16	16			
Risque d'accident	4	+	++	4,6		Conduite			1	1	
Contenu de la tâche	2	+	+	2,9		Vibration			1	1	
Contraintes dans la tâche	3		+	5,8		Rythme	√		4	1	
Com. et contact personnel	2	+	+	2,5		Stress		√	4	9	
Prise de décision	3	+	+	4,2		GLOBAL					
Répétitivité	3	-	-	5,8							
Attention exigée	2	+	+	3,3	Manutention	Dos	26	32	26	32	9
Éclairage	1	+	++	0,8		Bras	26	32	26	32	
Environnement thermique	4	-		7,1		Main	20	26	20	26	
Bruit	4	+	+	5,4		Cou	4	4	4	4	
Moyenne globale : 4,7						Conduite			1	1	
						Vibration			1	1	
						Rythme	√		4	1	
						Stress		√	4	9	
						GLOBAL	43 %	53 %	43 %	53 %	

Tableau III.2 : Synthèse des résultats au poste C

FIOH					Éléments	QEC					REBA
Facteurs de risque	Éval.	Op.5	Op.6	Total		Facteurs de risque	CSST		David et al.		
							Op. 5	Op. 6	Op. 5	Op. 6	
Poste de travail	3	+	++	1,5	Laminage	Dos	34	34	30	30	10
Charge physique globale	2	+	+	3,3		Bras	38	38	38	38	
Levées de charges	3	+	+	4,2		Main					
Posture de travail et mvts		-	-			Cou	16	16			
Risque d'accident	4	-	+	6,3		Conduite			1	1	
Contenu de la tâche	2	+	+	2,9		Vibration			1	1	
Contraintes dans la tâche	3	+	+	4,2		Rythme			1	1	
Com. et contact personnel	2	++	++	1,3		Stress	√		9	1	
Prise de décision	3	++	++	2,5		GLOBAL					
Répétitivité	2	-	-	4,6		Dos	38	32	38	32	
Attention exigée	2	-	++	3,3	Bras	38	32	38	32		
Éclairage	1	+	+	1,7	Main	34	34	34	34		
Environnement thermique	4	-	+	6,3	Cou	12	12	12	12		
Bruit	4	-	-	7,1	Conduite			1	1		
Moyenne globale : 4,1					Vibration			1	1		
Moyenne « TMS » : 4,7					Rythme			1	1		
					Stress	√		9	1		
					GLOBAL	69%	63%	69%	63%		

Éléments	RULA	OCRA		HAL		JSI		A guide to manual materials handling	3DSSPP	4DWatbak
		G	D	G	D	G	D			
Laminage		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Compression L4/L5 : 491 N	Compression L4/L5 : 626 N
									Cisaillement : 133 N	
Manutention		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a		Compression L4/L5 : 940 N	Compression L4/L5 : 1263 N
									Cisaillement : 281 N	
Cumulatifs	n/a			0,50			n/a	n/a	IDDD : 50 %	

Tableau III.3 : Synthèse des résultats au poste D

FIOH					Élément	QEC					REBA	
Facteurs de risque		Éval.	Op.7	Op.8		Total	Facteurs de risque	CSST		David et al.		
								Op. 7	Op. 8	Op. 7	Op. 8	
Poste de travail		2	+	++	2,5	Soudure	Dos	30	34	26	30	5
Charge physique globale		1	++	++	0		Bras	26	32	26	32	
Levées de charges		2	+	++	2,1		Main	32	26	32	26	
Posture de travail et mvts		4	+	+	5,4		Cou					
Risque d'accident		3	+	+	3,7		Conduite			1	1	
Contenu de la tâche		1	++	++	0		Vibration	√	√	4	4	
Contraintes dans la tâche		3	++	++	2,5		Rythme	√		4	1	
Com. et contact personnel		2	-	++	2,9		Stress	√		9	4	
Prise de décision		4	-	+	6,3		GLOBAL	64%	66%	63%	65%	
Répétitivité		1	++	++	0							
Attention exigée		3	+	++	5							
Éclairage		3	++	++	4,2							
Environnement thermique		3	-	++	4,2							
Bruit		4	-	++	5,4							
Moyenne globale : 3,1												
Moyenne « TMS » : 2,5												

Éléments	RULA	OCRA		HAL		JSI		A guide to manual materials handling	3DSSPP	4DWatbak
		G*	D	G	D	G	D			
Soudure	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Compression L4/L5 : 1544 N	Compression L4/L5 : 1200 N
									Cisaillement : 167 N	Cisaillement : 173 N
Cumulatif	n/a	Global : 0,2	Global : 0,1	0,26	0,0	4,5	0,8	n/a	n/a	IDDD : 28 %
		Épaules 0,4	Épaules 0,1							

* Le travailleur observé est gaucher.

Tableau III.4 : Synthèse des résultats au poste E

FIOH				Éléments	QEC			REBA
Facteurs de risque	Éval.	Op.9	Total		Facteurs de risque	CSST Op. 9	David et al. Op. 9	
Poste de travail	4	-	3,3	Réparation	Dos	32	28	10
Charge physique globale	2	-	5,0		Bras	34	34	
Levées de charges	1	-	3,3		Main	34	34	
Posture de travail et mvts	5	-	10,0		Cou			
Risque d'accident	3	+	4,2		Conduite		1	
Contenu de la tâche	2	+	2,9		Vibration		9	
Contraintes dans la tâche	3	-	5,8		Rythme	√	4	
Com. et contact personnel	3	-	5,8		Stress	√	9	
Prise de décision	2	-	4,6		GLOBAL			
Répétitivité	3	-	7,5					
Attention exigée	3	-	6,7					
Éclairage	3	-	8,3					
Environnement thermique	3	-	7,5					
Bruit	4	-	8,8					
Moyenne globale : 6,3								
Moyenne « TMS » : 7,3								

Éléments	RULA	OCRA		HAL		JSI		A guide to manual materials handling	3DSSPP	4DWatbak
		G	D	G	D	G	D			
Réparation		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Compression L4/L5 : 2389 N	Compression L4/L5 : 2045 N
									Cisaillement : 280 N	Cisaillement : 314 N
Cumulatifs	n/a	Global: 0,1		0,00	0,98	0,38	0,5	n/a	n/a	IDDD : 37 %
		Épaules 0,2								

**ANNEXE IV : DÉTAILS DE L'ANALYSE 3DSSPP EN
COMBINAISON AVEC LA NORME EN 1005-3**

Principales caractéristiques de l'activité :

- Posture représentée : action de « tirer à deux mains »
- Force exercée : 55 kg
- Moment au dos obtenu avec le logiciel 3DSSPP : 218 N·m
- Force maximale dans la population: Moyenne (m) : 293 N·m
- Force maximale dans la population: Écart-type (s) : 101 N·m

Afin de déterminer si l'activité est acceptable, il faut d'abord calculer la force de base (F_B), soit la force acceptable pour 85 % de la population, à l'aide de l'équation suivante :

$$F_B = z * s + m$$

Où : Moyenne (m) = 293 N·m
 Écart-type (s) = 101 N·m
 15^e centile (z) = -1,04

Ainsi,

$$F_B = z * s + m = -1,04 * 101 + 293 = 187,96 \text{ N·m}$$

Selon la norme EN 1005-3, $F_B \times m_v \times m_f \times m_d \times m_r = F_R$

Tableau IV.1 : Application de la norme EN 1005-3

Force de base F_B	Multiplicateur de vitesse m_v	Multiplicateur de fréquence m_f	Multiplicateur de durée m_d	Multiplicateur de risque m_r	F_R (en N·m)
187,96	1,0	0,8	1,0	0,5	75,2

**ANNEXE V : PERCEPTIONS DES INTERVENANTS SUR DES
ÉCHELES EVA : RÉSULTATS AUX POSTES B-C-D-E-F**

Tableau V.1 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste A (après intervention)

Perceptions relatives au poste A (après intervention)	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 1	# 12		
Qualité ergonomique	5,5	6,5	8,4	4
Nécessité d'apporter des changements	5	5,2	1,5	n/a
Satisfaction concernant l'intervention	7	9,2	5	8,0
Commentaires	1. Les postures penchées sont dérangeantes. 2. Il faudrait standardiser les moules. 3. Pour améliorer le poste, il faudrait revenir à quatre employés au lieu de trois. 4. Améliorer la ventilation. 5. C'est mieux depuis qu'il y a le convoyeur pour manutentionner.			

Tableau V.2 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste B

Perceptions relatives au poste B	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 3	# 4		
Qualité ergonomique	5	3,5	7,4	3
Nécessité d'apporter des changements	8	1	7	n/a
Commentaires	1. Le pire, c'est d'avoir le dos penché et il fait chaud. 2. Améliorer la posture (n=2).			

Tableau V.3 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste C

Perceptions relatives au poste C	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 5	# 6		
Qualité ergonomique	5,7	5,5	4,8	3
Nécessité d'apporter des changements	5,7	7,7	5,0	n/a
Commentaires	1. La pire douleur se situe aux genoux. Les atteintes éloignées et la manutention du moule sont difficiles. 2. Améliorer la qualité de la résine. Améliorer les outils, la hauteur de travail et les atteintes.			

Tableau V.4 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste D

Perceptions relatives au poste D	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 7	# 8		
Qualité ergonomique	7	3,7	7,0	6,0
Nécessité d'apporter des changements	2,3	5,1	0	n/a
Commentaires	1. Il faudrait agrandir la table car il n'y a pas assez d'espace pour plusieurs employés.			

Tableau V.5 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste E

Perceptions relatives au poste E	Travailleurs	Agent de changement	Évaluateur
	# 9		
Qualité ergonomique	0,3	2,0	3,5
Nécessité d'apporter des changements	9,8	8,0	n/a

Tableau V.6 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste E (après intervention)

Perceptions relatives au poste E (après intervention)	Travailleurs	Agent de changement	Évaluateur
	# 9		
Qualité ergonomique	7,2	9,0	6
Nécessité d'apporter des changements	2,8	1,0	n/a
Satisfaction concernant l'intervention	8,5	10	8,0
Commentaires	1. Le dispositif de levage est vraiment bien. La pièce peut être placée à la bonne hauteur et le travail est plus facile et agréable. 2. La pièce pourrait pivoter pour améliorer la posture du cou. De plus, l'éclairage devrait être augmenté dans le bas de la pièce. 3. Très satisfaite des changements : les gens semblent mieux pour travailler.		

Tableau V.7 : Perceptions des intervenants sur des échelles EVA au poste F

Perceptions relatives au poste F	Travailleurs		Agent de changement	Évaluateur
	# 10	# 11		
Qualité ergonomique	5,1	6,5	5.0	4
Nécessité d'apporter des changements	7,2	0,5	9.0	n/a
Commentaires	1. Améliorer la manutention.			

**ANNEXE VI : DOULEURS RESSENTIES PAR LES
TRAVAILLEURS DES POSTES B-C-D-E-F**

Tableau VI. 1 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des 12 derniers mois

Poste de travail	Travailleur	Douleurs ressenties assez souvent ou tout le temps												Douleur ayant le plus dérangé		
		Colonne vertébrale		Membres supérieurs						Membres inférieurs				Partie du corps	Lien entre le travail et la douleur	
		Cou	Haut du dos	Bas du dos	Épaules	Bras	Coudes	Avant-bras, poignets ou mains	Au moins un site de douleur	Hanches ou cuisse	Genoux	Jambes ou mollets	Chevilles ou pieds			Au moins un site de douleur
A	1	v	v	v	v	v	v		v			v		v	Coude	Entièrement relié
A	2			v											Bas du dos	Ne sait pas
B	3														Bas du dos	En partie relié
B	4														Cou	Ne sait pas
C	5			v	v	v			v						Épaule	En partie relié
D	7			v											Bas du dos	Non relié
D	8														Avant-bras, ...	Non relié
E	9	v	v		v			v	v		v	v		v	Genoux	Entièrement relié
F	11	v													Cou	Entièrement relié
TOTAL		3	2	4	3	2	1	1	3	0	1	2	0	2		

Tableau VI. 2 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des 12 derniers mois (après les interventions)

Poste de travail	Travailleur	Douleurs ressenties assez souvent ou tout le temps												Douleur ayant le plus dérangé			
		Colonne vertébrale		Membres supérieurs						Membres inférieurs				Partie du corps	Lien entre le travail et la douleur		
				Cou	Haut du dos	Bas du dos	Épaules	Bras	Coudes	Avant-bras, poignets ou mains	Au moins un site de douleur	Hanches ou cuisse	Genoux			Jambes ou mollets	Chevilles ou pieds
A après	1	v		v	v		v		v							Bas du dos	Entièrement relié
A après	12		v	v												Bas du dos	Entièrement relié
E après	9	v	v		v			v	v		v	v		v		Genoux	Entièrement relié
TOTAL		2	2	2	2	0	1	1	2	0	1	1	0	1			

Tableau VI. 3 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des sept derniers jours

Poste de travail	Travailleur	Douleurs perçues comme étant reliées entièrement ou en partie au travail												Douleur ayant le plus dérangé					
		Colonne vertébrale		Membres supérieurs				Membres inférieurs				Partie du corps	Présence de la douleur	Intensité					
		Cou	Haut du dos	Bas du dos	Épaules	Bras	Coudes	Avant-bras, poignets ou mains	Au moins un site de douleur	Hanches ou cuisse	Genoux			Jambes ou mollets	Chevilles ou pieds	Au moins un site de douleur	Plus faible douleur	Pire douleur	Douleur moyenne
A	1	v		v	v	v		v		v			v	Épaule	Continuelle	5	10	7	
A	2			v										Bas du dos	Fin de journée	3	3	3	
B	3							v	v				v	v	Poignet	Après 2 heures et persiste	1	6	3
B	4													Bas du dos	Continuelle	0	6	4	
C	5		v	v	v	v		v	v		v		v	Épaule	Après 2 heures et diminue	3	6	5	
D	7	v		v				v	v					Bas du dos	Continuelle	2	8	4	
D	8													n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
E	9	v	v	v	v	v		v	v		v	v	v	Genoux	Continuelle	4	10	5	
F	11	v												Cou	Après 2 heures mais diminue	1	4	2.5	
TOTAL		4	2	5	3	3	1	4	5		3	1	1	4			2,4	6,6	4,2

Tableau VI. 4 : Douleurs musculo-squelettiques ressenties au cours des sept derniers jours (après les interventions)

Poste de travail	Travailleur	Douleurs perçues comme étant reliées entièrement ou en partie au travail												Douleur ayant le plus dérangé					
		Colonne vertébrale			Membres supérieurs				Membres inférieurs					Partie du corps	Présence de la douleur	Intensité			
		Cou	Haut du dos	Bas du dos	Épaules	Bras	Coudes	Avant-bras, poignets ou mains	Au moins un site de douleur	Hanches ou cuisse	Genoux	Jambes ou mollets	Chevilles ou pieds			Au moins un site de douleur	Plus faible douleur	Pire douleur	Douleur moyenne
A après	1	v	v		v		v		v						Bas du dos	Après 2 heures et persiste	2	7	5
A après	12														Bas du dos	Continuelle	2	9	5
E après	9	v	v	v	v	v		v	v			v		v	Cou	Après 2 heures mais diminue	1	6	3
TOTAL		2	2	1	2	1	1	1	2	0	0	1	0	1			1,7	7,3	4,3