

2003

Intégration de la santé et de la sécurité du travail lors de la conception du réaménagement d'un centre de tri de matières recyclables

Jacques Lavoie
IRSST

Serge Guertin
Ergo-Norme inc.

Christine Verdon
McGill University

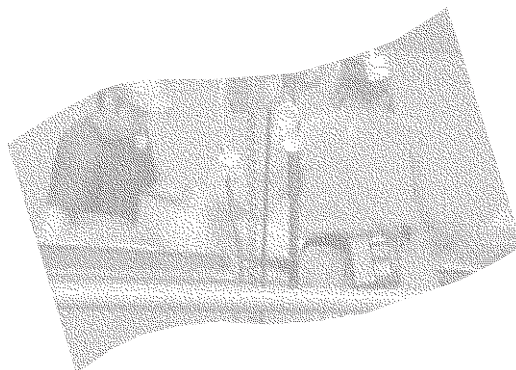
Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>

Citation recommandée

Lavoie, J., Guertin, S. et Verdon, C. (2003). *Intégration de la santé et de la sécurité du travail lors de la conception du réaménagement d'un centre de tri de matières recyclables* (Rapport n° R-347). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

**Intégration de la santé
et de la sécurité du travail
lors de la conception
du réaménagement
d'un centre de tri
de matières recyclables**



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Jacques Lavoie
Serge Guertin
Christine Verdon

R-347

RAPPORT





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

NOS RECHERCHES *travaillent pour vous !*

MISSION

- ▶ Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- ▶ Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- ▶ Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

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

POUR EN SAVOIR PLUS...

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

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

Abonnement : 1-817-221-7046

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
octobre 2003.

Intégration de la santé et de la sécurité du travail lors de la conception du réaménagement d'un centre de tri de matières recyclables

Jacques Lavoie, Hygiène du travail, IRSST

Serge Guertin, Ergo-Norme inc.

Christine Verdon, Département de santé au travail, Université McGill

ÉTUDES ET RECHERCHES

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



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

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

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

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

Table des matières

	Page
DÉFINITION DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	3
RÉSUMÉ.....	4
INTRODUCTION.....	5
MISE EN CONTEXTE	7
Évaluation des installations, machines et équipements de référence	7
Évaluation des plans et devis	8
Mise en œuvre ou mise en chantier	9
Étape de démarrage	9
Post-évaluation des installations	9
MÉTHODOLOGIE	9
Description des opérations.....	9
RÉSULTATS ET DISCUSSION	15
Agents biologiques	15
Substances chimiques	20
Agents physiques.....	21
Volet ergonomique	21
Recommandations finales.....	28
Limites de l'étude.....	28
Grille d'auto-évaluation.....	29
CONCLUSION	29
REMERCIEMENTS	31
BIBLIOGRAPHIE	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) des microorganismes, avant (1999) et après (2002) le réaménagement.....	17
Tableau 2 : Tableau sommaire des analyses statistiques comparatives des prélèvements bactériens sur filtres	18
Tableau 3 : Tableau sommaire des analyses statistiques comparatives des prélèvements fongiques sur filtre	19
Tableau 4 : Tests d'ANOVA sur les paramètres déterminants des prélèvements de bactéries totales sur filtre	20
Tableau 5 : Tests d'ANOVA sur les paramètres déterminants des prélèvements de moisissures sur filtre	20
Tableau 6 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) des substances chimiques, avant (1999) et après (2002) le réaménagement.....	22
Tableau 7 : Niveaux moyens des agents physiques mesurés dans le département du tri (1999 et 2002).....	23
Tableau 8 : Caractéristiques des travailleurs et des postes de travail.....	24
Tableau 9 : Rythme de travail aux postes de triage.....	24
Tableau 10 : Posture de travail aux postes de triage	25
Tableau 11 : Variables caractéristiques de l'aménagement des postes de travail au tri	26
Tableau 12 : Proportion du temps de travail avec flexion du bras	26

Liste des figures

Figure 1 Schéma type d'un centre de recyclage.....	10
--	----

DÉFINITION DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ANOVA : Analyse de variance

ASP: Association sectorielles paritaire

ASTM : American Society for Testing and Materials

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

dB(A) : Valeur du niveau de bruit global en décibel sur réseau pondéré A

IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec

L/min : Litre par minute

Lux : Flux lumineux reçu par unité de surface

ppm : Partie par million

SST : Santé et sécurité du travail

UFC/m³ : Unité formant des colonies par mètre cube d'air

VEMP : Valeur d'exposition moyenne pondérée

RÉSUMÉ

Il existe actuellement une quarantaine de centres de tri et de récupération des déchets domestiques au Québec. Selon une étude de l'IRSST faite en 1999, surtout en été, ces centres comportent des risques d'origine chimique, physique, biologique, ergonomique ainsi que des risques à la sécurité des travailleurs. Dans les recommandations d'époque, il était mentionné le besoin d'intégrer les éléments de santé et de sécurité au travail au début de la conception. Les objectifs de cette présente recherche sont 1) de déterminer par une étude de cas les éléments et les caractéristiques à considérer pour la conception et l'aménagement sécuritaire de futurs centres de tri et pour le diagnostic de la situation dans les centres existants, 2) de produire un outil utilisable par les gestionnaires et les intervenants en SST de ce secteur d'activité et 3) de valider certaines questions se rapportant au prélèvement des bioaérosols.

Des rencontres avec les gestionnaires du projet tout au long des travaux et l'évaluation à la fin de l'exercice des risques potentiels ont été réalisées. Après le démarrage des opérations, pendant la saison chaude afin de représenter les pires conditions, les méthodes de mesure utilisées dans l'étude de Lavoie et Guertin (1999) ont été répétées. Cette répétition a permis de faire des comparaisons avant et après le réaménagement. La dernière étape a consisté à émettre des recommandations finales afin de rendre le réaménagement conforme.

Peu importe le type de bioaérosol viable (bactéries totales, Gram négatives et moisissures), les concentrations moyennes sont supérieures, d'une façon statistiquement significative, à celles préalablement mesurées. Les bactéries totales et les moisissures dépassent les valeurs guides dans tous les départements alors que la concentration des bactéries gram négatives n'est dépassée qu'à la réception. Les prélèvements personnels sur filtres donnent des résultats plus élevés, d'une façon significative, que ceux d'ambiance. Il n'y a pas de différence pour les prélèvements fongiques sur filtre. Le poste (avant ou après le tri mécanique) et le type de prélèvement (personnel vs. ambiance) ont des influences statistiquement significatives sur le prélèvement des bactéries sur filtre. Pour les moisissures, seul le poste a une influence.

Aucune des substances chimiques mesurées n'a dépassé 50 % de leur VEMP québécoise. Les niveaux de bruit sont tous inférieurs à la norme. Les niveaux d'éclairement sont inférieurs au niveau minimal requis.

Compte tenu de la vitesse des convoyeurs, les retraits se font en retard en utilisant le bras opposé à l'arrivée du matériel. Les ressentis d'inconfort sont repartis également entre les membres supérieurs, le dos et les membres inférieurs à 33 % pour chacun. C'est aux épaules, au bas du dos, aux bras et aux mollets que la plus forte proportion des ressentis est retrouvée.

Afin de résoudre les problèmes subsistants, des recommandations finales ont porté sur la conservation de la matière à recycler à l'extérieur du centre, sur la pose d'un système de fermeture à chacune des chutes, sur l'augmentation des niveaux d'éclairage à 550 Lux, sur l'installation d'un système de récupération mécanique de pellicules plastiques, sur l'installation des rehausses ajustables en hauteur aux postes de tri et sur la pose de déflecteurs ou de favoriser le travail face à face. Ces recommandations associées à la fiche d'auto-évaluation qui sera rédigée avec l'aides des ASP et de la CSST, permettront de rendre disponibles les éléments et les caractéristiques à considérer pour la conception et l'aménagement sécuritaire des futurs centres de tri.

INTRODUCTION

Il existe actuellement une quarantaine de centres de tri et de récupération des déchets domestiques au Québec dont les principales activités sont liées à la collecte, au transport, à la séparation, à la décontamination, au conditionnement et, dans certains cas, à la mise en ballots de l'ensemble des matières issues de la collecte sélective¹. Plus de 275 000 tonnes métriques de matières en provenance de la collecte sélective ont été récupérées par les centres de tri et de récupération en 1998². Ce secteur d'activité emploie environ 3000 travailleurs².

Selon une étude de l'IRSST réalisée en 1999 dans trois centres de tri de la province, ces centres comportent des risques d'origine chimique, physique, microbiologique, ergonomique ainsi que des risques à la sécurité des travailleurs^{3,4}. Pendant l'été, ces milieux sont particulièrement marqués par la présence de bactéries totales, lesquelles se retrouvent en concentrations supérieures à la valeur guide proposée par les pays scandinaves pour ce genre d'activité de 10 000 UFC/m³³⁻⁵. Les concentrations de bactéries Gram négatives peuvent aussi dépasser leur valeur guide à l'occasion en été^{3,4}. De surcroît, des concentrations élevées de moisissures sont rencontrées à plusieurs endroits, quelle que soit la saison^{3,4}. Les tests réalisés pour quantifier les agents chimiques ont permis la détection de concentrations de monoxyde de carbone (CO) dans les lieux d'expédition où l'on utilise des chariots élévateurs mus au propane. Des

recommandations ont également été émises pour un éclairage plus approprié et une réduction du niveau de bruit ambiant^{3,4}. Le second volet de l'étude de l'IRSST, la dimension ergonomique, a fait l'objet de diverses interventions, dont un examen des dossiers d'accidents, des entrevues avec les gestionnaires et les travailleurs ainsi qu'une analyse comprenant entre autres la mesure des efforts et l'évaluation des postures et des postes de travail.^{3,4} Comme la majeure partie des activités s'effectue autour du triage, c'est là qu'ont surtout porté les observations. Certains aspects se sont révélés problématiques, notamment l'aménagement des postes de travail. De fait, le triage nécessite beaucoup d'endurance physique et un niveau d'attention élevé. Selon le poste, le travailleur doit récupérer les produits qui lui sont assignés à leur passage sur le convoyeur et les évacuer par des ouvertures prévues à cet effet. Or, il s'avère qu'en raison de l'aménagement des postes de travail, ses mouvements, sa posture et l'effort exigé sont sources de tension aux bras, au dos, aux épaules et aux poignets^{1,3,4}. Par exemple, si, en raison des points d'interventions, il doit fréquemment adopter une position penchée à 30 degrés, l'effort statique résultant pour le dos est comparable à la manutention d'un poids de 26 Kg.^{3,4} Un effet identique se produit pour le bras lorsque celui-ci est maintenu à une certaine hauteur. En outre, les postures adoptées par le travailleur sollicitent ses articulations de façon importante puisque, dans plusieurs cas et à plusieurs moments, elles se rapprochent des limites d'amplitude de déplacement des membres^{3,4}. Vient s'ajouter à cela la répétitivité des gestes, qui est un facteur de tension supplémentaire^{3,4}.

Sous l'effet combiné de ces contraintes, les travailleurs éprouvent de l'inconfort et des douleurs^{3,4}. À l'issue d'une journée de travail, plus de 50 % d'entre eux reconnaissent avoir des douleurs aux membres supérieurs et au dos^{3,4}. Les vérifications faites auprès des travailleurs des centres de tri étudiés démontrent une relation très nette entre les postures contraignantes et les douleurs ressenties^{3,4}. La taille des travailleurs joue un rôle prépondérant à cet égard. Les personnes de plus petite stature connaissent plus de difficultés et utilisent plus souvent des plates-formes pour se faciliter la tâche. Si une telle adaptation permet effectivement d'améliorer la situation, elle élimine les possibilités de rotation aux différents postes de travail, ce qui serait pourtant souhaitable.

Par ailleurs, le relevé des accidents du travail dans les deux centres où ce calcul a été possible indique que la fréquence estimée pour une année est de 5,2 accidents par travailleur dans un cas et de 8,3 dans l'autre^{3,4}. Il s'agit majoritairement de coupures.

Sur la base de ces résultats, une fiche technique sur la prévention des risques à la santé et à la sécurité du travail (SST) dans les centres de tri de matières recyclables a été rédigée⁶. Dans les recommandations de cette fiche sur la conception et la gestion d'un centre de tri de matières recyclables, il était mentionné le besoin d'intégrer les éléments de santé et de sécurité au début de la conception. Il s'agit d'un secteur industriel relativement nouveau et en expansion pour qui il y a un besoin de mettre au point un système qui tienne compte à la fois des exigences de la production et des conditions de travail.

Les objectifs de cette présente recherche sont 1) de déterminer par une étude de cas les éléments et les caractéristiques à considérer pour la conception et l'aménagement sécuritaire de futurs centres de tri et pour le diagnostic de la situation dans les centres existants, 2) de produire un outil utilisable par les gestionnaires et les intervenants en SST de ce secteur d'activité et 3) de valider certaines questions se rapportant au prélèvement des bioaérosols. Cet outil sera constitué d'une grille d'auto-évaluation rédigée à partir des données recueillies et des observations faites tout au cours du réaménagement. Plus spécifiquement, nous tenterons aussi de vérifier l'hypothèse de l'ACGIH (1999) selon laquelle les prélèvements d'ambiance des bioaérosols, en poste fixe, sont représentatifs de l'exposition personnelle des travailleurs.

MISE EN CONTEXTE

L'équipe de projet constituée d'un hygiéniste industriel, d'un ergonomiste, du directeur du centre et d'un mécanicien d'entretien a été impliquée au cours de la réalisation de toutes les étapes suivantes :

Évaluation des installations, machines et équipements de référence

Cette étape a été caractérisée par l'évaluation comparative des choix technologiques et des arrangements généraux du centre à partir de critères relatifs à l'aménagement, à la circulation, à l'encombrement et aux conditions d'ambiance générées par les activités de production.

De façon générale, nous avons tenté de faire cette évaluation à partir des critères retrouvés dans la documentation de référence, s'ils existaient. D'une façon plus spécifique, nous nous sommes appuyés sur des études, schémas, relevés d'anomalies et discussions entourant les différentes options technologiques. Les visites d'entreprises utilisant ces nouvelles technologies ont également été réalisées.

Néanmoins, advenant l'acceptation d'arrangements ou de choix technologiques pour lesquels certaines anomalies sont reconnues (compromis), il y a eu un suivi spécifique apporté dans les étapes subséquentes afin d'en minimiser les effets (risques pour la santé des travailleurs, risques d'accidents, etc.).

Évaluation des plans et devis

Cette étape s'est caractérisée, tout d'abord, par l'évaluation de la sécurité et des conditions de travail résultant de l'application des normes et des relevés d'anomalies se rapportant aux installations de référence. Cette évaluation a été faite à partir des dessins d'ingénierie préliminaires représentant les arrangements physiques des postes de travail à être créés et des données (ex. : bruit, empoussièremment, etc.) relatives aux caractéristiques des composantes technologiques du procédé à être implanté.

De façon à intégrer les critères d'évaluation à l'ensemble des membres de l'équipe du projet, l'approche retenue s'est appuyée sur la participation aux rencontres prévues par les responsables. Cette façon de faire implique que tous les membres de l'équipe ont reçu les informations pertinentes et les résultats des évaluations antérieures leur permettant de détecter, de contrôler ou d'éliminer les problématiques au moment même de leur création. Cette étape a favorisé l'intégration graduelle et globale des différentes normes et exigences relatives à l'amélioration de la sécurité, de la productivité et des conditions de travail. C'est à cette étape que nous avons prévu consulter les inspecteurs régionaux de la CSST.

Ensuite, à partir des arrangements détaillés et de l'organisation du travail anticipé, des vérifications ont été faites pour s'assurer que les normes et exigences déjà prescrites soient appliquées aux différents postes de travail. Ces vérifications ont porté sur l'adaptabilité des postes de travail pour les travailleurs et sur le contrôle de l'émergence des risques d'accident en fonction de la manutention, des moyens d'accès, de la circulation, des choix et de la disposition

des signaux et des commandes, etc.. Des vérifications ont été intégrées aux activités de contrôle retenues par l'équipe de projet. Cette façon de procéder a permis de s'assurer de la prise en compte des exigences du projet, de participer aux échanges sur la recherche de compromis et sur l'application de certaines normes et enfin, d'apporter des commentaires ou des suggestions avant que les arrangements soient finalisés.

Mise en œuvre ou mise en chantier

Lors de cette étape, des visites ont été effectuées sur le chantier afin de faire une détection physique des anomalies qui auraient pu se glisser dans les phases analytiques de détection.

Étape de démarrage

Les membres de l'équipe ont fait ressortir à cette étape les risques inhérents au travail qui n'avaient pu être éliminés lors de la conception et de la construction.

Post-évaluation des installations

Après le démarrage des opérations, pendant la saison chaude afin de représenter les pires conditions, les substances chimiques, les agents physiques, les agents biologiques et les contraintes ergonomiques présents ont été évalués en utilisant la méthodologie décrite par Lavoie et Guertin, (1999).

MÉTHODOLOGIE

Description des opérations

Les centres de recyclage sont en général semblables au niveau des opérations, c'est-à-dire qu'ils sont tous composés d'une réception, d'un département de triage, de compacteurs ou de presses et d'une expédition. La figure 1 donne le schéma général des installations dans un centre de tri de matières recyclables.

Les différences entre les centres résident plutôt dans le degré de mécanisation. Les centres peu mécanisés font du tri positif, c'est-à-dire du tri manuel alors que les autres font du tri négatif. Le tri négatif consiste à enlever les impuretés et ce sont les machines qui font le reste. Le présent centre sous étude a passé du tri positif en 1999 au tri négatif lors du réaménagement. Ainsi, en

modernisant le tri, la vitesse du convoyeur se trouve également augmentée puisque le personnel occupe davantage des postes de contrôleurs que de trieurs. De fait, la vitesse du convoyeur est passée de 15 à 49 mètres par minute. Le tri mécanique ayant retiré une quantité importante de bonnes matières, il ne reste qu'une petite portion de matières ayant échappé à la séparation mécanique. Les modifications apportées au centre lors du réaménagement ont été les suivantes. L'installation de 3 trémies à disques en forme de pattes d'ours a facilité la séparation des fibres et des contenants. La première permet de trier le carton. La deuxième et la troisième se caractérisent par un angle d'inclinaison et des distances entre chaque disque contribuant à conserver les matières fibreuses plus légères en surface alors que les contenants (métal, aluminium, plastique et verre) tombent sur un deuxième convoyeur placé sous le premier. Une

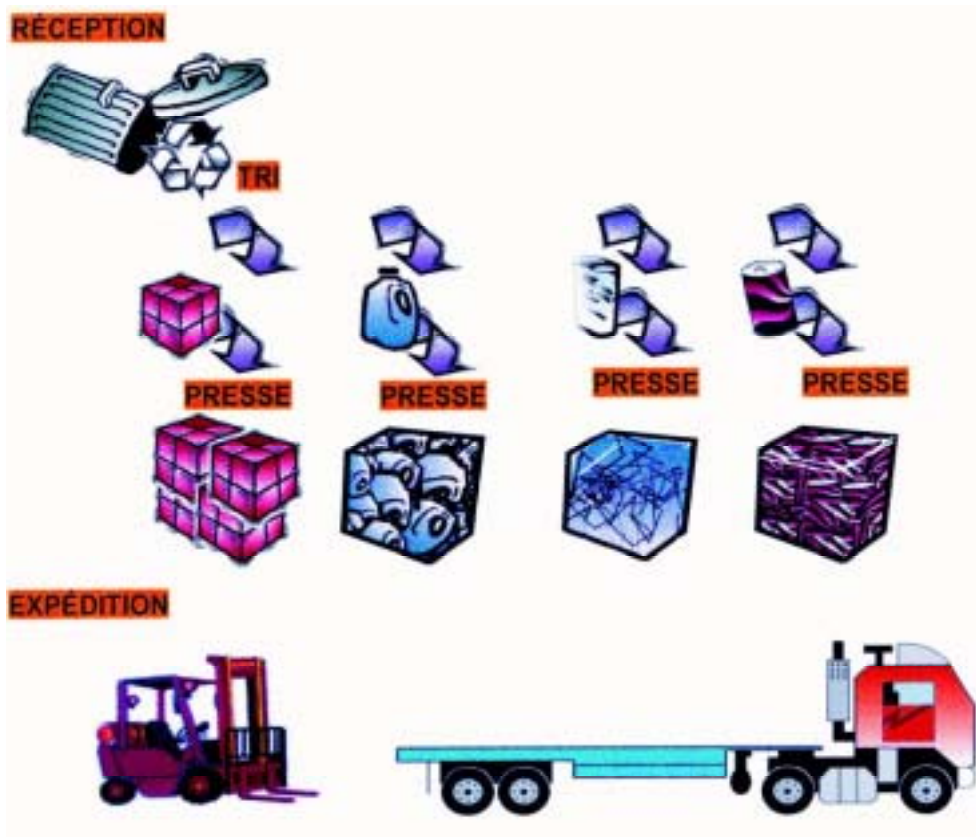


Figure 1 Schéma type d'un centre de recyclage

fois ces matières séparées mécaniquement, elles sont redirigées vers des pôles opposés afin d'être triées adéquatement par le personnel. Ce tri manuel qui s'ensuit devrait exiger moins d'efforts physiques mais davantage d'observation de la part des employés. Le recours à cette technologie devrait réduire également les coûts d'opération puisque la main d'œuvre est utilisée

différemment (contrôle de qualité, tâche plus valorisante et moins risquée), réduisant ainsi, en théorie, le taux de roulement et les problèmes de santé du personnel.

Le nombre de préposés au tri est passé de 20 à 10. La quantité de matière à recycler a augmenté de 5 000 tonnes métriques par année à 12 000 tonnes métriques. Les dimensions de ce centre sont de 200 mètres par 150 mètres. La salle de tri, située au deuxième étage a une dimension de 100 par 75 mètres. Cette salle est chauffée par des tuyaux d'eau chaude dans le plancher et est munie d'un système de climatisation pour la saison chaude. Ce système de climatisation n'était pas en fonction lors de nos prélèvements. Aucun autre système de ventilation n'est présent. Doté d'une capacité annuelle de traitement de 45 000 tonnes métriques, ce centre assure le tri des produits récupérés par collecte en vrac auprès des marchés résidentiel, institutionnel, commercial et industriel.

Agents biologiques

En premier lieu, afin de faire les comparaisons avant et après le réaménagement, les prélèvements microbiens de l'air (bioaérosols) ont été réalisés à l'aide d'impacteurs Andersen (Andersen Instruments Incorporated, Atlanta, USA), selon les recommandations du protocole E 884 – 82 (93) de l'ASTM intitulé : « Standard Practice for Sampling Airborne Microorganisms at Municipal Solid-Waste Processing Facilities »⁷. Il s'agit du même protocole que celui utilisé dans l'étude de Lavoie et Guertin (1999). Le coefficient total de variation pour cette méthode est de 0,23 pour les usines de traitement de déchets⁸. En ce qui concerne la précision de la méthode, la manipulation simultanée d'impacteurs Andersen a donné des décomptes qui indiquent une relation très forte entre eux, pour une plage de concentrations variant de $3,9 \times 10^3$ à $1,9 \times 10^5$ UFC/m³ d'air dans les mêmes usines⁷.

Les milieux de culture ont été les suivants :

- pour les moisissures en général, le SDA (Sabouraud dextrose agar, Laboratoires Quelab, Montréal, Qc, Canada), avec période d'incubation à 25 °C pendant sept jours;
- pour les bactéries totales, le TSA (Trypticase soya agar, Laboratoires Quelab, Montréal, Qc, Canada), avec incubation à 37 °C pendant 48 heures;
- pour les bactéries Gram négatives, le MacConkey (Laboratoires Quelab, Montréal, Qc, Canada), avec incubation à 37 °C pendant 48 heures.

Les prélèvements ont été effectués en position fixe, à une hauteur de 1,5 mètre, à chacun des postes de travail ou à chacune des sections du centre de tri. Il y a cinq (5) postes de travail, incluant l'air extérieur, qui sert de contrôle de comparaison. L'ASTM recommande de prendre ces prélèvements extérieurs à 300 mètres en amont de l'usine et à 100 mètres, en aval, suivant la direction du vent⁷. Les débits des pompes ont été mesurés sur le site et ajustés à 28 Litres par minute (L/min) avec un débitmètre de marque Kurz (Kurz Instruments Inc., Carmel Valley, CA). Les impacteurs ont été désinfectés à chacun des postes de prélèvement avec de l'alcool isopropylique 70 %. Les analyses et les dénombrements des bioaérosols ont été effectués en utilisant la méthode 264-3 de l'IRSST⁹.

En second lieu, nous avons vérifié l'hypothèse de l'ACGIH (1999) selon laquelle des prélèvements microbiens en position fixe sont représentatifs de l'exposition personnelle des travailleurs. La stratégie a consisté à prélever les bactéries totales et les moisissures avec des filtres sur les préposés au tri à raison de 4 travailleurs par aire de tri (2 en tout) afin d'obtenir leurs expositions personnelles et concomitamment en ambiance, en position fixe. Les prélèvements sur les travailleurs ont été réalisés avec des pompes personnelles (Gilian Instruments Corp., Wayne, NJ, USA) et des cassettes fermées de 37 mm munies de filtres en polycarbonate d'une porosité de 0,8 microns (Poretics, Livermore, CA, USA). Les cassettes étaient placées sur le thorax, dans la zone respiratoire des travailleurs, à une distance d'environ 30 cm. Les prélèvements d'ambiance dans l'aire de travail ont été réalisés en utilisant deux pompes à large volume de 20 L/min (Pompes Aircon 520 AC, Gilian Instruments Corp., Wayne, NJ) munis de fourchettes à débits ajustables de 2 L/min à raison de 4 filtres par pompe. Les débits mesurés sur le site avant et après les périodes de prélèvement ont été ajustés à 2 L/min (Giliberator Flow Meter, Gilian Instruments Corp., West Caldwell, NJ, USA).

Substances chimiques

Le monoxyde de carbone (CO) et l'anhydride carbonique (CO₂) associés aux émissions des chariots-élévateurs ont été mesurés en station fixe, à une hauteur de 1,5 m, à l'aide d'un instrument à lecture directe de marque Q-Trak (TSI Incorporated, St-Paul, MN, USA). Cet appareil a une limite de détection de 1 ppm pour ces deux gaz et une précision de ±3%. Les oxydes d'azote (NO, NO₂) produits par l'utilisation de moteurs diesels ont été mesurés avec des moniteurs à piles électrochimiques (Toxilog, Biosystems inc., Middlefield, CT, USA) en poste

fixe. Les limites de détection sont de 0,1 ppm pour le NO₂ et de 1,0 ppm pour le NO. La précision des Toxilog est de $\pm 2\%$.

Les poussières totales ont été prélevées sur des filtres en chlorure de polyvinyle d'une porosité de 0,8 micromètre (μm) (Omega Specialty Instruments Co., Chelmsford, MA), à l'aide de pompes à haut débit (Gilian Instruments Corp., Wayne, NJ) et quantifiées par gravimétrie. La limite de détection est de 25 μg et le coefficient de variation total pour cette méthode est inférieur à 7 %¹¹. Le débit des pompes a été étalonné à environ 2 L/min et les temps d'échantillonnage, pour chaque filtre, étaient d'environ deux heures. Les prélèvements en poste fixe ont été réalisés à la réception, à l'expédition, au pré-tri, au tri avant les trieuses mécaniques et au second tri après les trieuses. Les débits avant et après les prélèvements ont été mesurés sur le site avec un débitmètre modèle Gilibrator (Gilian Instruments corp., Wayne, NJ).

Agents physiques

Les agents physiques rencontrés dans la première étude ont été aussi mesurés au département du tri. Afin d'obtenir les niveaux sonores ambiants lors des opérations normales, le bruit a été mesuré avec des dosimètres Brüel and Kjaer, modèle 4436 (Brüel and Kjaer, Pointe-Claire, Qc, Canada), placés sur les travailleurs, pour une période d'environ quatre heures. La précision de ces dosimètres de type 2 est de $\pm 2\%$. La dosimétrie a été comparée à une valeur de référence de 90 dB(A), avec un seuil d'intégration de 85 dB(A) et un facteur de bissection $q=5$.

L'éclairage a été mesuré à la hauteur des convoyeurs, sur le plan utile de travail, à une hauteur d'environ 750 mm avec un luxmètre digital corrigé pour la lumière incidente de marque Hagner, modèle E » (Optikon Corp. Ltd., Waterloo, Ontario, Canada) comme le recommande le règlement sur la santé et la sécurité du travail du Québec¹². La précision de cet appareil est de $\pm 3\%$.

Volet ergonomique

Le volet ergonomique avait pour but de faire ressortir les exigences du travail et d'identifier les facteurs de risques qui sont à l'origine de symptômes physiques chez les travailleurs.

La démarche utilisée a été la suivante :

- Examen des dossiers d'accidents et d'incidents disponibles dans l'entreprise.

- Entrevue avec les gestionnaires. Ces entrevues ont eu lieu tout au long du processus de conception et de réaménagement.
- Des entretiens ont été réalisés avec tous les travailleurs afin d'obtenir leur perception des différentes contraintes à leur poste. Les travailleurs ont été amenés à s'interroger sur leur posture de travail, les conditions ambiantes, les risques de heurts et de chutes, le port de gants (qualité de protection, dextérité. etc.), la communication (auditive et visuelle).
- Analyse ergonomique. Cette analyse a comporté les aspects suivants :
 - analyse posturale du dos et des membres supérieurs à partir de séquences vidéo réalisées sur des travailleurs de tailles différentes (petit, moyen et grand) et à partir d'angles différents (avant, arrière, gauche et droite);
 - analyse dimensionnelle des postes de travail et mise en relation avec les postures de travail adoptées. En collaboration avec les travailleurs, détermination des dimensions d'aménagement jugées acceptables;
 - Observations des variations de l'activité de travail à l'aide de prise vidéo et détermination des caractéristiques temporelles de travail (temps de cycles, etc.).
 - Identification des autres contraintes, s'il y a lieu (utilisations d'outils, risque de chute, etc.).
 - Enquête par questionnaire auprès des travailleurs sur les symptômes physiques ressentis.

Analyses statistiques

En premier lieu, une analyse de puissance basée sur les concentrations moyennes de bactéries totales, Gram négatives et de moisissures mesurées lors d'une étude antérieure dans ce milieu en utilisant des impacteurs Andersen a indiqué qu'un nombre de prélèvements supérieur à cinq était suffisant pour démontrer des différences statistiquement significatives entre les postes et les niveaux guide proposés ($p < 0,05$, test « t » de Student pour les distributions normales ou sur les logarithmes pour les distributions log-normales)^{3,4,7}. Six prélèvements ont été effectués à chacun

des départements. Ce nombre de prélèvements rejoint celui recommandé par l'ASTM dans le protocole E884 - 82 intitulé : « Standard Practice for Sampling Airborne Microorganisms at Municipal Solid-Waste Processing Facilities »⁷.

En second lieu, en utilisant le programme SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), des tests « t » de Student bilatéral suivi de tests non paramétriques de Wilcoxon ont été appliqués aux résultats des prélèvements de bioaérosols sur filtres afin de détecter s'il y a des différences significatives entre les prélèvements d'ambiance en poste fixe et personnels réalisés sur les travailleurs. Pour terminer, des analyses de variance (ANOVA) sur les échantillons indépendants de bioaérosols ont été réalisées afin de déterminer quels paramètres (période de prélèvement, postes de triage, travailleurs et prélèvements d'ambiance ou personnels) ont une influence statistiquement significative.

Les résultats des mesures des substances chimiques et des agents physiques ont été comparés aux normes d'exposition existantes et avec ceux préalablement obtenus dans le projet de Lavoie et Guertin, (1999)^{3,4}.

Des recommandations finales seront émises afin d'apporter des solutions aux problèmes qui pourraient subsister après la post-évaluation.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Agents biologiques

Le tableau 1 présente les résultats des prélèvements des bioaérosols en utilisant les impacteurs Andersen tel que décrit dans le protocole de l'ASTM⁷. En outre, sont incluses dans ces tableaux, à titre comparatif, les concentrations moyennes préalablement obtenues de l'étude de Lavoie et Guertin de 1999^{3,4}.

Ce tableau démontre que, peu importe le type de bioaérosols, les concentrations moyennes sont supérieures, d'une façon statistiquement significative, à celles mesurées en 1999. Mentionnons que les deux études, soit celle de 1999 et de 2002, ont été réalisées dans les mêmes conditions. De surcroît, les concentrations moyennes de bactéries totales et de moisissures dépassent les valeurs guides dans tous les départements, alors que celle des bactéries Gram négatives est dépassée qu'à la réception. En fait, c'est à la réception que les concentrations moyennes

maximales ont été mesurées, peu importe le bioaérosol. À vrai dire, nous pensons que la quantité de matière à recycler a une influence majeure sur les concentrations moyennes de bioaérosols. De fait, le tonnage du matériel à trier est passé de 5 000 tonnes métriques en 1999 à 12 000 tonnes métriques en 2002. Cette constatation a d'ailleurs déjà été observée dans d'autres études sur les centres de tri de papiers recyclables^{5,13}. Signalons en passant que les concentrations moyennes des bioaérosols mesurées en aval ne sont pas plus élevées que celles retrouvées en amont, dans la direction du vent. Cette constatation vient confirmer celles préalablement observées dans les études de Lavoie et Guertin^{3,4}.

Les tableaux 2 et 3 présentent les résultats des prélèvements sur filtres. Des tests de Wilcoxon ont été appliqués sur les résultats car les effectifs étaient insuffisants pour déterminer adéquatement s'ils suivaient une distribution normale ou log-normale.

Le tableau 2 nous permet de constater que les prélèvements bactériens personnels sur filtres donnent des résultats plus élevés, d'une façon statistiquement significative, que les prélèvements d'ambiance et ce, peu importe le poste de tri. Nous pouvons aussi observer dans ce même tableau que les concentrations sont plus élevées, d'une façon statistiquement significative, au poste situé après le tri mécanique, peu importe le type de prélèvement.

Le tableau 3 présente les résultats des analyses statistiques des prélèvements fongiques. Dans l'ensemble, tout poste confondu, il n'y a pas de différence significative entre les prélèvements fongiques personnels et ceux d'ambiance. Pris par poste, avant le tri, les prélèvements personnels sont plus élevés, d'une façon statistiquement significative, que ceux faits en ambiance. Les prélèvements personnels et d'ambiance après le tri mécanique sont aussi statistiquement plus élevés que les prélèvements avant le tri.

De prime abord, si l'on considère uniquement les prélèvements bactériens, nous serions tentés d'infirmer l'hypothèse de l'ACGIH qui stipule que les prélèvements d'ambiance sont représentatifs des expositions personnelles¹⁰. Toutefois, les résultats des prélèvements fongiques sur filtres nous obligent à penser le contraire. Nous pouvons affirmer avec certitude que l'humain constitue une source non négligeable de bactéries. Un humain au repos peut produire jusqu'à 10 000 bactéries, mortes ou vivantes, par minute¹⁴. S'il est actif, il peut produire jusqu'à 50 000 bactéries par minute¹⁴.

Tableau 1 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) des microorganismes, avant (1999) et après (2002) le réaménagement

Contaminant Poste de Mesure	Bactéries totales				Bactéries Gram – négatives				Moisissures			
	10 000 ^a				1 000 ^a				-			
	1999		2002		1999		2002		1999		2002	
	n	UFC/m ³	n	UFC/m ³	n	UFC/m ³	n	UFC/m ³	n	UFC/m ³	n	UFC/m ³
Amont	5	380 (\pm 320)	6	1660 (\pm 520) ^d	6	n.d.	6	40 (\pm 20) ^d	5	120 (\pm 70)	6	620 (\pm 340) ^d
Aval	6	520 (\pm 180)	6	1460 (\pm 480) ^d	6	n.d.	6	40 (\pm 20) ^d	6	730 (\pm 500)	6	810 (\pm 390)
Réception	6	8380 (\pm 2150)	6	83300 (\pm 2070) ^{b,d}	6	60 (\pm 20)	6	2980 (\pm 390) ^{b,d}	6	12240 (\pm 1990)	6	73150 (\pm 14720) ^{c,d}
Avant tri mécanique	6	9610 (\pm 3140)	6	49300 (\pm 9430) ^{b,d}	6	30 (\pm 60)	6	990 (\pm 780) ^d	5	14100 (\pm 730)	6	34680 (\pm 30400) ^{c,d}
Après tri mécanique	6	9610 (\pm 3140)	6	43640 (\pm 11990) ^{b,d}	6	30 (\pm 60)	6	250 (\pm 110) ^d	5	14100 (\pm 730)	6	47050 (\pm 20960) ^{c,d}
Expédition	6	12290 (\pm 2090)	6	18940 (\pm 6720) ^{b,d}	6	60 (\pm 60)	6	160 (\pm 70) ^d	4	14490 (\pm 220)	6	32050 (\pm 8650) ^{c,d}

^a : Valeurs guides

^b : Concentration moyenne plus grande, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$), que la valeur guide

^c : Concentration moyenne plus grande, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$), que l'air extérieur en amont

^d : Concentration moyenne plus grande, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$), que celle mesurée antérieurement

n.d. : Non détecté

n : Nombre de prélèvements

Tableau 2 : Tableau sommaire des analyses statistiques comparatives des prélèvements bactériens sur filtres

Analyses statistiques	n	Plage de concentrations CFU/m ³	Moyenne	Écart-type	t	P (bilatéral)	Médiane	W	p Wilcoxon
Prélèvements Personnels	18	37,200 - 352,270	127,000 ^a	88,990	4,6	0,001	92,550 ^a	330,0	0,001
Prélèvements d'ambiance	24	11,490 - 103,090	40,500	23,680			35,770		
Personnel (Avant tri mécanique)	9	37,200 - 219,660	100,830 ^a	66,300	4,2	0,001	71,430 ^a	78,0	0,001
Ambiance (Avant tri mécanique)	12	11,490 - 33,300	21,180	6,830			20,690		
Personnel (Après tri mécanique)	9	77,990 - 352,270	153,180 ^a	104,360	3,1	0,006	113,660 ^a	82,0	0,001
Ambiance (Après tri mécanique)	12	38,230 - 103,090	59,810	17,670			55,760		
Personnel (Avant tri mécanique)	9	37,200 - 219,660	100,830	66,300	-1,3	0,222	71,430	62,0	0,038
Personnel (Après tri mécanique)	9	77,990 - 352,270	153,180	104,360			113,660 ^a		
Ambiance (Avant tri mécanique)	12	11,490 - 33,300	21,180	6,830	-7,1	0,001	20,690	78,0	0,001
Ambiance (Après tri mécanique)	12	38,230 - 103,090	59,810 ^a	17,670			55,760 ^a		

^a: Concentration moyenne plus grande, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$)

Tableau 3 : Tableau sommaire des analyses statistiques comparatives des prélèvements fongiques sur filtre

Analyses statistiques	n	Plage de concentrations CFU/m ³	Moyenne	Écart-type	t	p	Median	W	P Wilcoxon
Prélèvements personnels	18	97,060 – 740,220	324,890	184,240	0,5	0,62	321,060	479,5	0,354
Prélèvements d'ambiance	24	56,290 – 734,070	293,480	214,660			205,080		
Personnel (Avant tri mécanique)	9	97,060 – 504,200	240,310 ^a	140,850	2,4	0,03	178,359 ^a	100,0	0,023
Ambiance (Avant tri mécanique)	12	56,290 – 250,000	131,520	59,530			113,640		
Personnel (Après tri mécanique)	9	196,540 – 740,220	409,460	190,260	-0,55	0,59	374,150	86,5	0,374
Ambiance (Après tri mécanique)	12	127,660 – 734,070	455,440	188,590			472,640		
Personnel (Avant tri mécanique)	9	97,060 – 504,200	240,310	140,850	-2,1	0,05	178,360	63,0	0,047
Personnel (Après tri mécanique)	9	196,540 – 740,220	409,460 ^a	190,260			374,150 ^a		
Ambiance (Avant tri mécanique)	12	56,290 – 250,000	131,520	59,530	-5,7	0,001	113,640	85,0	0,001
Ambiance (Après tri mécanique)	12	127,660 – 734,070	455,440 ^a	188,590			472,640 ^a		

^a: Concentration moyenne plus grande, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$).

Il est donc fort probable que les concentrations moyennes de bactéries obtenues lors des prélèvements personnels soient statistiquement plus élevées que celles des prélèvements en ambiance à cause de l'activité humaine.

Les tableaux 4 et 5 rapportent les résultats des ANOVA faites afin de déterminer quels paramètres ont une influence sur les concentrations moyennes obtenues lors des prélèvements sur filtres. Comme nous l'avons mentionné plus haut, pour les bactéries, le poste (avant ou après le tri mécanique) et le type de prélèvement (personnel vs. ambiance) ont une influence statistiquement significative. Pour les moisissures (tableau 5), seul le poste a une influence statistiquement significative.

Tableau 4 : Tests d'ANOVA sur les paramètres déterminants des prélèvements de bactéries totales sur filtre

Paramètre	Degrés de liberté	Carré de la moyenne	F	p
Temps	1	5807347269	1,88	0,18
Poste	1	20803350883	6,74	0,013 ^a
Travailleur	1	6747232053	2,19	0,15
Type	1	62300730006	20,2	0,001 ^a
Erreur	37	3085713612	--	--

^a : Statistiquement significatif ($p \leq 0,05$)

Temps = 3 périodes d'échantillonnage ; Poste = Avant ou après tri mécanique; Travailleur = 6 travailleurs entre eux; Type = personnel ou ambiance

Tableau 5 : Tests d'ANOVA sur les paramètres déterminants des prélèvements de moisissures sur filtre

Paramètre	Degrés de liberté	Moyenne au carré	F	p
Temps	1	47678818951	2,11	0,16
Poste	1	7.0×10^{11}	30,9	0,001 ^a
Travailleur	1	56917094688	2,52	0,12
Type	1	1638335017	0,073	0,79
Erreur	37	22581599263	--	--

^a : Statistiquement significatif ($p \leq 0,05$)

Temps = 3 périodes d'échantillonnage ; Poste = Avant ou après tri mécanique; Travailleur = 6 travailleurs ou 8 postes fixes ; Type = personnel ou ambiance

Substances chimiques

Les agents gazeux et particulaires ont été mesurés dans les mêmes départements que les bioaérosols. Le tableau 6 rapporte les résultats obtenus. Aucune des substances chimiques n'a dépassé 50 % de leur VEMP¹². D'une part, nous pouvons remarquer que les concentrations de poussières sont plus élevées qu'en 1999. Cette élévation est probablement causée par la quantité de matière triée. De fait, le volume a plus que doublé comparativement à 1999. Le degré de mécanisation joue aussi un rôle dans cette élévation. D'autre part, en 2002, les concentrations de

CO ont diminué. L'utilisation de chariots- élévateurs mues au combustible Diesel semble donc avoir contribué à abaisser les concentrations de ce contaminant.

Agents physiques

Les résultats des agents physiques mesurés au département du tri sont présentés au tableau 7. Les niveaux de bruit sont tous inférieurs à la VEMP québécoise de 90 dBA. Toutefois, il est bien connu que cette VEMP ne protège pas à 100% l'ouïe des travailleurs et il faudrait cibler des niveaux plus bas. Mentionnons que les trieuses mécaniques ont été confinées afin de diminuer les niveaux sonores. Le confinement a consisté à isoler les trieuses mécaniques derrière un mur de contreplaqué de 1,9 cm d'épaisseur. De même, les accès des convoyeurs aux trieuses étaient recouverts de rideaux acoustiques transparents en chlorure de polyvinyle¹⁶. Les lanières de plastique ont 20 cm de largeur. Les niveaux d'éclairage sont plus élevés que les valeurs recommandées par la norme française mais plus faibles que la réglementation québécoise^{12,13}. Le niveau d'éclairage minimal de 550 lux est exigé au Québec pour des travaux comportant une perception modérée des détails, par exemple des inspections générales rapides¹².

Volet ergonomique

Vous trouverez dans le texte qui suit l'état des situations qui prévalaient lors de notre étude.

Population de travailleurs et poste de travail. La population en poste au département du tri était de 10 travailleurs. Dans l'ensemble, les travailleurs avaient une expérience de travail de deux à cinq ans.

Le tableau 8 présente les caractéristiques de cette population en termes de taille, de sexe et d'activités de triage à effectuer au poste de travail.

Tableau 6 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) des substances chimiques, avant (1999) et après (2002) le réaménagement

Contaminant de Poste de mesure	MPT ^a				CO ₂				CO				NO				NO ₂			
	10 ^b				5000 ^b				35 ^b				25 ^b				5 ^b			
	mg/m ³				ppm				ppm				ppm				ppm			
	n	1999	n	2002	n	1999	n	2002	n	1999	n	2002	n	1999	n	2002	n	1999	n	2002
Réception	4	0,6 (\pm 0,06)	4	3,4 (\pm 1,1)	84	400 (\pm 20)	21	400 (\pm 3,5)	84	6,5 (\pm 4,0)	21	2,4 (\pm 0,5)	84	n.d.	50	n.d.	84	n.d.	50	n.d.
Avant tri mécanique	4	0,4 (\pm 0,05)	2	2,0 (\pm 0,1)	54	440 (\pm 30)	50	690 (\pm 88)	54	7,1 (\pm 1,5)	50	4 (\pm 0,8)	54	n.d.	50	1,2 (\pm 0,4)	54	n.d.	50	n.d.
Après tri mécanique	4	0,4 (\pm 0,05)	2	1,4 (\pm 0,5)	54	440 (\pm 30)	50	800 (\pm 87)	54	7,1 (\pm 1,5)	50	3,6 (\pm 0,5)	54	n.d.	50	1,2 (\pm 0,4)	54	n.d.	50	n.d.
Expédition	4	0,6 (\pm 0,06)	4	3,4 (\pm 1,1)	84	400 (\pm 20)	21	400 (\pm 3,5)	84	6,5 (\pm 4,0)	21	2,4 (\pm 0,5)	84	n.d.	50	n.d.	84	n.d.	50	n.d.

^a : MPT = Matière particulaire totale^b : Norme (VEMP)¹²

n.d. : Non détecté

n: Nombre de prélèvements

Tableau 7 : Niveaux moyens des agents physiques mesurés dans le département du tri (1999 et 2002)

Agent Physique	VEMP ou valeur guide	Département	Été 1999	Été 2002
Bruit	90 dB(A) ¹²	Pré-tri (réception)	83	89
		Avant tri mécanique	84	85
		Après tri mécanique	84	86
Éclairage	200-550 Lux ^{12,15}	Avant tri mécanique	363	270
		Après tri mécanique	370	350

Tableau 8 : Caractéristiques des travailleurs et des postes de travail

Site	Sexe	Taille (cm)	Poste de travail
Département du tri	F	147	Après 2 ^e trieuse
	F	160	Après 2 ^e trieuse
	F	160	Après 2 ^e trieuse
	F	155	Avant les trieuses
	H	165	Après 1 ^{ère} trieuse
	H	163	Après 2 ^e trieuse
	H	168	Après trieuse à carton
	F	157	Après 1 ^{ère} trieuse
	F	152	Tri final
	H	163	Avant les trieuses

Activité, rythme et posture de travail. De façon à éliminer l'influence des variations retrouvées dans la composition du matériel sur l'activité de travail observée aux différents postes, les résultats de la compilation vidéo faite pour chacun des postes ont été intégrés en tenant compte des particularités qu'il y a dans l'organisation du travail et de la position relative du travailleur. En 2002, 10 postes sont répartis de chaque côté de la courroie, cinq du côté droit et cinq de l'autre. Il y en avait 15 en 1999. Les travailleurs ne sont pas nécessairement placés en alternance. Les tableaux 9 et 10 présentent les caractéristiques en termes de rythme et de posture de travail.

Tableau 9 : Rythme de travail aux postes de triage

Position relative de travail	Membre sollicité	Temps moyen de recherche ou de contrôle du produit en continu (seconde)		Fréquence des retraits (retrait/seconde)	
		1999	2002	1999	2002
Côté gauche du convoyeur ¹	Bras gauche	5,0	1,6	1 /5,8	1 /2,7
	Bras droit	3,1	1,9	1 /3	1 /3,5
Côté droit du convoyeur ²	Bras gauche	4,4	1,9	1 /5	1 /3,1 .
	Bras droit	4,4	1,4	1 /4,7.	1 /2,4 .

(1) : De ce côté du convoyeur le matériel se déplace de la droite vers la gauche.

(2) : De ce côté du convoyeur le matériel se déplace de la gauche vers la droite.

Tableau 10 : Posture de travail aux postes de triage

Position relative des membres aux articulations	Activité de travail et plage d'amplitude			
	Recherche et prise		Dépose	
	1999	2002	1999	2002
DOS				
Flexion avant	0° à 45°	0° à 30° (6)	0° à 15° (5)	↑
Flexion latérale	0° à 15° - 30°	↑	-	
Rotation	0° à 30° - 45°		0° - 15° à 30° (2)	
COU				Idem à 1999
Rotation	0° à 45°	idem à 1999	15° à 30° (4)	
Flexion	0° à 30°	↓	0° à 15° - 30° (4)	↓
ÉPAULE				
Flexion	0° à 90°	0° à 60-90° (7)	15° - 60° à 90° -120° (1,2)	
Extension	-		0° à 45° (2)	15° à 60° (8)
Rotation interne	0° à 60° - 90°	↑	60° (3)	↑
Rotation externe	0° à 30°		15° à 30° (2)	
Abduction	0° à 90°		90° à 120° (2)	
Adduction	0° à 45°		0° à 60° (3)	
COUDE				
Flexion	0° à 120°	Idem à 1999	30° à 90°	Idem à 1999
AVANT-BRAS				
Pronation	0° à 60°	↓	0° à 60°	
Supination	0° à 45°		0° à 90°	↓
POIGNET				
Flexion	0° à 45°	↓	0° à 45°	
Extension	0° à 30° - 45°		0° à 30°	
Déviation cubitale	0° à 30°		0° à 30°	

- (1) : Les amplitudes maximales sont atteintes lors de la manipulation d'un objet de grande dimension.
- (2) : Lors de la dépose d'un objet, c'est l'un ou l'autre de ces mouvements qui est introduit et dans certains cas, c'est une combinaison de deux ou trois.
- (3) : Ce mouvement est introduit uniquement pour la dépose d'un objet dans l'ouverture qui est située à l'opposé du membre sollicité.
- (4) : Mouvements qui sont introduits pour garder le contact visuel avec la courroie.
- (5) : Dans certains cas, pour la dépose d'un objet dans un contenant au niveau du plancher, l'amplitude peut atteindre 45 degrés.
- (6) : L'amplitude est de 0- 90° pour le travailleur à la sortie du carton.
- (7) : L'amplitude est de 0° à 60 - 90° en général. Elle peut aller à 120° à l'occasion.
- (8) : 15° - 60° à 90° -120° à l'occasion.

Caractéristiques d'aménagement des postes de travail. Pour chacun des aménagements retrouvés dans ce centre, tout en tenant compte des activités à réaliser et du positionnement relatif des points d'intervention, il a été possible d'effectuer un relevé des variables reconnues caractéristiques d'un poste de travail (hauteur, éloignement frontal, éloignement latéral). Le tableau 11 présente les résultats de cette exercice.

Tableau 11 : Variables caractéristiques de l'aménagement des postes de travail au tri

Convoyeur	Posture principale	Activité de travail	Variable		
			Hauteur (cm)	Éloignement frontal (cm)	Éloignement latéral (cm) (2)
Verre et papier-carton - Largeur : 61 cm - Vitesse : 17 m/min	Debout	Recherche et prise	84	10 à 56 (1)	G. et D. = 0 à 61
		Dépose	81	0 à -76	G. et D. = 0 à 61
Carton - Largeur = 168 cm - Vitesse = 15 m/min	Debout	Recherche et prise	91	8 à 90 (1)	G. et D. = 0 à 102
		Dépose	91 et +	168 et +	G. et D. = 0 à 102
Papier - Largeur = 122 cm - Vitesse = 29 m/min	Debout	Recherche et prise	81 à 91	20 à 69	G. et D. = 0 à 61
		Dépose	81 à 91	0 à -76	G. et D. = 0 à 61
Papier journal - Largeur = 89 cm - Vitesse = 37 m/min	Debout	Recherche et prise	81 à 91	20 à 89	G. et D. = 0 à 61
		Dépose	91	0 à 46	G. et D. = 0 à 61
Général - Largeur = 163 cm - Vitesse = 49 m/min	Debout	Recherche et prise	91	15 à 91	G. et D. = 0 à 122
		Dépose	91	0 à -58	G. et D. = 0 à 102

(1) : Un système de rapprochement des produits (déflecteur) est installé à ce poste.

(2) : G. pour la gauche et D. pour la droite

Les postes de tri du plastique sont demeurés les mêmes qu'en 1999. Les vitesses des convoyeurs ont toutefois plus que triplé. Elles sont passées de 15 m/min en 1999 à 49 m/min en 2002⁴. De même, le tableau 12 rapporte la proportion du temps de travail où les travailleurs ont les bras en flexion dépassant les plages d'amplitudes de références données dans la littérature^{4,16,17}.

Tableau 12 : Proportion du temps de travail avec flexion du bras

Poste de travail	Épaule	Proportion du temps de travail avec flexion du bras de 60° à 90°	Largeur du convoyeur (cm)	Éloignement frontal (max.)	
				Prise	Dépose
1	G	32%	56	56	0
	D	46%			
2	G	21%	90	90	168 et +
	D	23%			
3 (1)	G	9%	122	69	0
	D	5%			
4 (1)	G	3%	122	69	0
	D	0%			
5 (1)	G	2%	122	69	0
	D	13%			
6 (1)	G	7%	122	69	0
	D	24%			
7	G	23%	89	89	0
	D	27%			
8	G	4%	89	89	0
	D	4%			
9	G	5%	163	91	0
	D	21%			
10	G	12%	163	91	0
	D	12%			

(1) : À ces postes, les travailleurs sont l'un en face de l'autre.

De fait, les personnes travaillant en face d'une autre personne n'ont pas à introduire aussi souvent des déviations des bras supérieures à 60°. Ce genre de positionnement devrait donc être privilégié pour les larges convoyeurs .

En résumé, les tableaux 9 à 12 nous permettent donc de formuler les constatations suivantes :

- Compte tenu de la vitesse des convoyeurs qui a presque triplé, les retraits se font en retard en utilisant le bras désavantagé, c'est-à-dire, celui qui est opposé à l'arrivée du matériel. En 1999, c'était le contraire.
- La hauteur des points de prise et de dépose est équivalente à 1999.
- Pour les plages d'amplitude, là où les personnes se font face ou lorsqu'il y a présence d'un déflecteur, une diminution de la flexion avant du dos et de la flexion avant des bras à l'articulation de l'épaule est observée. Il faut donc favoriser les convoyeurs plus étroits ou le positionnement face à face ou la pose de déflecteur.
- L'éloignement frontal influencerait donc de façon directe la réduction de l'amplitude en flexion avant pour le dos et pour les bras, à l'articulation de l'épaule.
- Le rapprochement des points de chute est aussi à favoriser afin de diminuer les amplitudes au niveau de l'articulation des épaules, particulièrement au poste de tri du carton (poste de travail No. 1 du tableau 12).

Activité de travail et douleur ressentie. En 1999, avec la participation d'une vingtaine de travailleurs provenant des trois centres de tri sous étude, il avait été possible de faire ressortir la proportion de l'échantillon de travailleurs qui rapportait de la douleur et d'en faire la répartition en fonction des parties du corps impliquées. Ainsi, pour chacune des journées de travail (une semaine), les travailleurs devaient compléter un formulaire à la fin de chacune des périodes de travail (avant la pause de l'avant-midi, avant le repas du midi, avant la pause de l'après-midi et à la fin de la journée de travail) en y indiquant la partie du corps où il y avait eu de la douleur.^{3,4} Une centaine de questionnaires avaient été ainsi remplis. Il avait été constaté que dans la répartition des douleurs ressenties par partie du corps, les membres supérieurs et le dos étaient le plus souvent sollicités dans 36 % et 48 % respectivement^{3,4}. En 2002 le même exercice a été

repris. Malgré que l'échantillon soit faible (n=9 travailleurs et 28 questionnaires), il a été possible de constater :

- Huit des neufs personnes consultées rapportent des ressentis d'inconfort.
- En proportion de ces ressentis, la répartition des ressentis d'inconforts est, entre les membres supérieurs, le dos et les membres inférieurs, équivalente à plus ou moins 33 %.
- De façon plus spécifique, c'est aux épaules, au bas du dos, aux bras, surtout aux avant-bras et aux mollets que l'on retrouve la plus forte proportion des ressentis.
- Dans 20 % des cas, les ressentis d'inconfort sont jugés intolérables et dans 60 % des cas, moyens.

Pour terminer, les personnes rapportent avoir les pieds et les mains gelés en hiver, avoir très chaud en été et trouvent le masque de protection respiratoire jetable très inconfortable.

Recommandations finales

Cette post-évaluation nous a permis de constater que des problèmes subsistent toujours. Les recommandations suivantes apportent des solutions qui devraient les résoudre :

- Conserver la matière à recycler à l'extérieur du centre, si possible à l'abri des intempéries, ou la traiter dans la journée où elle est reçue. En outre, cette conservation à l'extérieur du centre entraînera une diminution appréciable des primes d'assurances.
- Poser un système de fermeture, tel un clapet pneumatique, à chacune des chutes. En plus d'éviter la pénétration des produits de combustion des moteurs Diesel, la fermeture de ces chutes permettrait de mieux contrôler les températures ambiantes dans le département du tri.
- Augmenter les niveaux d'éclairage à 550 Lux afin de se conformer au règlement de la SST du Québec.
- Installer un système de récupération mécanique de pellicules plastiques.
- Installer des rehausses ajustables en hauteur aux postes de tri.
- Poser des déflecteurs là où les convoyeurs sont trop larges ou favoriser la position des travailleurs face à face aux postes de tri.

Limites de l'étude

Les stratégies utilisées dans l'évaluation des pires conditions (températures maximales d'été, journée où la quantité de matériel ramassé était la plus élevée, etc.) ont été suivies dans cette étude^{3,4,10,18}. Les résultats obtenus, du moins ceux des agents biologiques, décrivent donc le pire scénario^{10,19}.

L'évaluation des substances chimiques et des agents physiques a été réalisée dans le cadre des limites de détection et des précisions énumérées dans la section méthodologie.

La qualité scientifique de l'évaluation des bioaérosols s'est appuyée sur des méthodes de prélèvement et d'analyses éprouvées^{4,5,9,20}. Les limites sont aussi connues²¹⁻²³. De fait, ces limites se retrouvent dans l'utilisation de méthodes de prélèvement qui n'évaluent que la fraction viable des bactéries et des moisissures. La fraction viable ne constitue qu'une faible fraction de ce que nous respirons¹⁰. Selon Nielsen et coll. (1995), qui ont utilisé des méthodes similaires afin de déterminer les profils d'exposition des éboueurs, malgré que la majorité des bioaérosols soient constitués de spores fongiques ou bactériennes résistantes à l'assèchement, les échantillons ne reflètent pas nécessairement la microflore exacte des ordures. Plusieurs bactéries et surtout les Gram négatives meurent rapidement lorsqu'elles sont mises en suspension dans l'air. De surcroît, les prélèvements sur membrane peuvent aussi tuer certaines bactéries. Toutefois, la méthode de prélèvement sur filtres ou membranes demeure la méthode de choix pour évaluer l'exposition personnelle²³.

Les limites de l'étude ergonomique sont quant à elles semblables à celles retrouvées dans l'étude de Lavoie et Guertin (1999). Il faudra garder à l'esprit que les résultats sont des moyennes calculées pour un petit nombre de travailleurs. De même, étant donné sa petite taille, l'échantillon ne peut prétendre à une représentativité exhaustive de toutes les situations organisationnelles. Il serait sage de consulter un ergonomiste avant de procéder à des changements ou modifications.

Grille d'auto-évaluation

Les résultats de cette étude et l'expérience acquise par d'autres intervenants nous permettront de rédiger, conjointement avec la CSST, l'association sectorielle paritaire transport et entreposage et celle des affaires municipales, une grille d'auto-évaluation qui permettra à tous les autres

centres de tri d'évaluer leur situation en SST et orientera ces centres vers une solution à mettre en place pour corriger et contrôler les problèmes de santé et de sécurité. Les risques biologiques, les substances chimiques, les agents physiques, l'ergonomie, les risques mécaniques et d'opérations, l'entretien, la maintenance et la réparation des équipements et la prévention des incendies seront inclus dans cette grille.

CONCLUSION

Les objectifs de cette présente recherche étaient de déterminer, par une étude de cas, les éléments et caractéristiques à considérer pour la conception et l'aménagement sécuritaire des futurs centres de tri et pour le diagnostic de la situation actuelle, de produire un outil terrain utilisable par les gestionnaires et les intervenants en SST de ce secteur d'activité et de valider certaines questions se rapportant aux prélèvements microbiens. D'une façon générale, les résultats obtenus et l'expérience acquise nous permettront donc de répondre à ces objectifs. D'une façon plus détaillée, en comparant les concentrations moyennes de bioaérosols mesurées aux valeurs guides ou à celles obtenues en 1999, un certain nombre de constatations peuvent être faites. Ainsi, peu importe le type de bioaérosol, les concentrations moyennes sont supérieures, d'une façon statistiquement significative, à celles préalablement mesurées en 1999. La quantité de matière à recycler, qui a plus que doublé, semble avoir une influence majeure sur les concentrations des contaminants. Les concentrations de bactéries totales et de moisissures dépassent les valeurs guides dans tous les départements alors que celle des bactéries gram négatives n'est dépassée qu'à la réception. En fait c'est à la réception que les concentrations maximales ont été mesurées, peu importe le bioaérosol. Il a donc été recommandé de garder la matière à recycler à l'extérieur de la réception ou de la trier le jour de sa réception. Les concentrations moyennes de bioaérosols mesurées en aval ne sont pas plus élevées que celles retrouvées en amont.

Les prélèvements bactériens personnels sur filtres donnent des résultats plus élevés, d'une façon statistiquement significative, que ceux d'ambiance et ce, peu importe le poste de tri. Nous pensons que les concentrations moyennes de bactéries obtenues des prélèvements personnels sont plus élevées que celles des prélèvements d'ambiance à cause de l'activité humaine. Cette affirmation est confirmée par le fait que, dans l'ensemble, pour les prélèvements fongiques sur filtres, il n'y a pas de différences significatives entre les prélèvements personnels et d'ambiance.

Les analyses de variance faites sur certains paramètres pouvant influencer les concentrations lors des prélèvements sur filtres indiquent que, pour les bactéries, le poste (avant ou après le tri mécanique) et le type de prélèvement (personnel vs. ambiance) ont une influence statistiquement significative. Pour les moisissures, seul le poste a une influence significative.

Aucune des substances chimiques n'a dépassé 50 % de leur VEMP. Toutefois, les concentrations de poussières sont plus élevées qu'en 1999. Cette élévation est probablement causée par l'augmentation de matière triée et par la mécanisation des opérations. Encore une fois, en gardant la matière à recycler à l'extérieur de la réception, on devrait réduire les taux d'empoussièrement.

Les niveaux de bruit sont tous inférieurs à la VEMP québécoise. Il a fallu toutefois confiner les trieuses et convoyeurs pour atteindre des niveaux sonores acceptables. Les niveaux d'éclairage sont supérieurs à la norme française mais inférieurs à la réglementation du Québec. Il a été recommandé de s'ajuster à la norme québécoise.

L'analyse du second volet de cette étude, la dimension ergonomique nous permet de faire les conclusions suivantes. Compte tenu de la vitesse des convoyeurs qui a presque triplé, les retraits se font en retard et avec l'aide du bras qui est désavantagé. Toutefois, aux endroits où les personnes se font face ou lorsqu'il y a présence d'un déflecteur, une diminution des flexions avant du dos et des bras à l'articulation de l'épaule est observée. Il faudrait donc favoriser des convoyeurs plus étroits ou le positionnement des travailleurs face à face de chaque côté du convoyeur ou la pose de déflecteurs. Le rapprochement des points de chute est aussi à favoriser afin de diminuer les amplitudes au niveau de l'articulation des épaules, particulièrement au poste de tri du carton. La presque totalité des travailleurs (89 %) ont rapportés des ressentis d'inconfort. En proportion de ces ressentis, la répartition entre les membres supérieurs, le dos et les membres inférieurs est équivalente à 33 %. Elle était de 36 % pour les membres supérieurs et de 48 % pour le dos en 1999. D'une façon plus spécifique, c'est aux épaules, au bas du dos, aux bras et aux mollets que la plus forte proportion des ressentis est retrouvée. L'installation d'un système mécanique de récupération de pellicules plastiques associé à la pose de déflecteurs et du travail face à face devraient réduire de façon substantielle ces ressentis. Pour terminer, les travailleurs rapportent avoir les pieds et les mains gelés en hiver, avoir chaud en été et trouvent le masque de protection respiratoire inconfortable.

Les résultats obtenus de cette recherche nous permettront donc de rédiger une grille d'auto-évaluation en SST pour tous les autres centres.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier pour leur contribution à cette recherche le personnel technique et professionnel de l'IRSST ainsi que le Dr. Tom Kosatsky de l'Université McGill pour le traitement statistique des données. Nous remercions aussi les travailleurs et travailleuses et les dirigeants de l'entreprise où nous avons fait cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

1. Fradette, L. *Optimisation des opérations des centres de tri. Tendances et opportunités*. Résumé des conférences du 2^e Colloque québécois sur la récupération et le recyclage, les 16 et 17 novembre 1999.
2. D'Amours, P. Collecte sélective Québec, cinq ans de partenariat, un progrès remarquable. *Envirotech*, déc.1994-janv.1995, pp. 14-19.
3. Lavoie, J., Guertin, S. Évaluation des risques à la santé et à la sécurité du travail dans les centres de tri de matières recyclables. *Études et recherches, IRSST*, rapport No. R-212, 82 pages, janvier 1999.
4. Lavoie, J., Guertin, S. Evaluation of Health and Safety Risks in Municipal Solid Waste Recycling Plants. *Journal of the Air and Waste management Association* **51**:352-360, 2001.
5. Breum, N.O., Wurtz, H., Midtgaard, U., Ebbelohj, N. Dustiness and Bio-aerosol Exposure in Sorting Recyclable Paper. *Waste Management and Research* **17** :100-108, 1999.
6. Bouliane, P., Lavoie, J., Guertin, S., Gilbert, D. *La prévention des risques à la santé et à la sécurité du travail dans les centres de tri de matières recyclables*. Association Sectorielle Transport Entreposage, IRSST, Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur « affaires municipales », 6 pages, automne 1999.
7. American Society for Testing and Materials. *Standard Practice for Sampling Airborne Microorganisms at Municipal Solid-Waste Processing Facilities*; Designation E 884 – 82 (93), ASTM Standards on Materials and Environmental Microbiology, 2nd edition, pages 42-45, 1993.
8. Lembke, L.L., Kniseley, R.N., Van Nostrand, R.C., Hale, M.D. Precision of the All-Glass Impinger and the Andersen Microbial Impactor for Air Sampling in Solid-Waste Handling Facilities. *Applied and Environmental Microbiology* **42**(2): 222-225, 1981.
9. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST). *Dénombrement et identification des bactéries et moisissures viables*. Méthode 264-3, notes et rapports scientifiques et techniques, Montréal, 8 pages, 1998.
10. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Bioaerosols: Assessment and Control*. J. Macher, ed., American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, 322 pages, 1999.
11. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST). *Mesure des concentrations pondérales en poussières respirables et totales*. Méthode 48-1, notes et rapports scientifiques et techniques, Montréal, 15 pages, 1985.

12. Règlement sur la santé et la sécurité du travail. *Décret 885-2001*. Éditeur officiel du Québec, 2001.
13. Würtz, H., Breum, N.O. Exposure to Microorganisms During Manual Sorting of Recyclable Paper of Different Quality. *The annals of Agricultural and Environmental Medicine* **4**: 129-135, 1997.
14. Howorth, F.G. Prevention of Airborne Infection in Operating Rooms. *Journal of medical Engineering and Technology* **11**(5):263-266, 1987.
15. Institut National de recherché et de Sécurité (INRS). *Conception des usines de traitement des ordures ménagères et déchets assimilés*. Note technique, document ED 822, Paris, 114 pages, 1998.
16. Handfield, G. La tombée du rideau sur le bruit. *Travail et Santé* **3**(4) :17, 1987.
17. Diffrient, N., Tilley, A.R., Harman, D. *Humanscale*. MIT Press, Cambridge, MA, Project of Henry Dreyfuss Associates, 1981.
18. Bergamasco, R., Girola, C., Colombini, N.B. Guidelines for Designing Jobs Featuring Repetitive Tasks. *Ergonomics* **41**(9):1364-1384, 1998.
19. Mulhausen, J.R., Damiano, J. *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures*. American Industrial Hygiene Association, AIHA Press, Fairfax, VA, 345 pages, 1998.
20. Lavoie, J., Dunkerley, C.J. Assessing Waste Collectors' Exposure to Bioaerosols. *Aerobiologia* **18**:277-285, 2002.
21. Nielsen, B.H., Nielsen, E.M., Breum, N.O. Occupational Bioaerosol Exposure During Collection of Household Waste. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* **2**:53-59, 1995.
22. Thorne, P.S., Kiekhaefer, M.S., Whitten, P., Donham, K.J. Comparison of Bioaerosols sampling Methods in Barns Housing Swine. *Applied and Environmental Microbiology* **58**(8):2543-2551, 1992.
23. Edouard, W., Heedrik, D. Methods for Quantification Assessment of Airborne Levels of Noninfectious Microorganisms in Highly Contaminated Work Environments. *American Industrial Hygiene Association Journal* **59**:113-127, 1998.