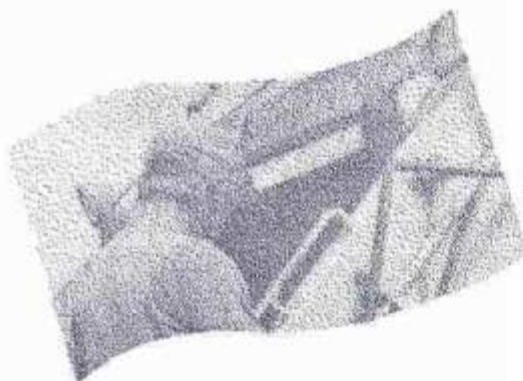


Évaluation de l'exposition des éboueurs aux bioaérosols

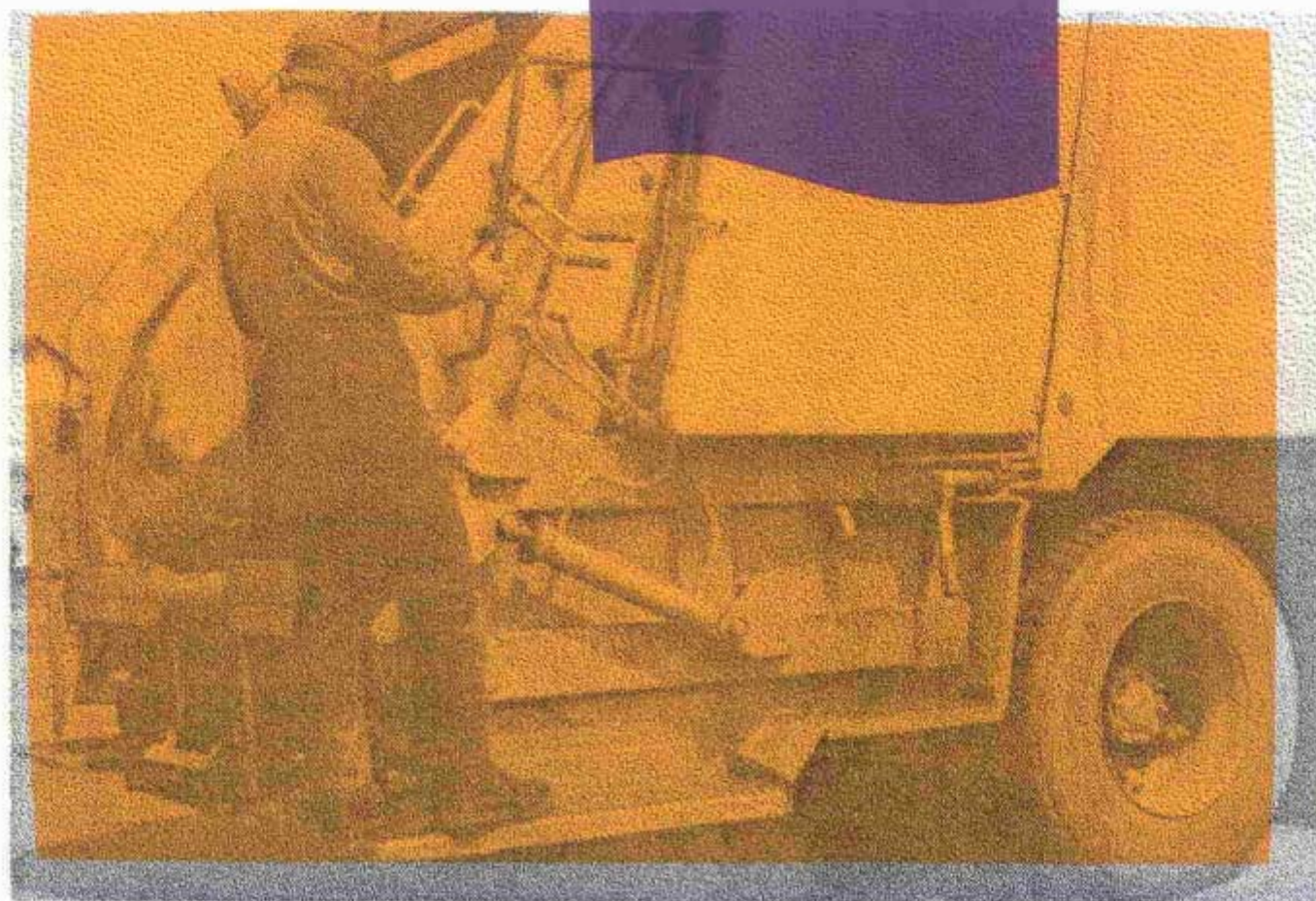


ÉTUDES ET RECHERCHES

Jacques Lavoie

Septembre 2000 R-255

RAPPORT



La recherche, pour mieux comprendre

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

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

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

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

Évaluation de l'exposition des éboueurs aux bioaérosols

Jacques Lavoie,
Programme soutien analytique, IRSST

ÉTUDES ET
RECHERCHES

RAPPORT



Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

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

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

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	3
INTRODUCTION	4
RISQUES À LA SANTÉ ET À LA SÉCURITÉ	5
PRÉSENTATION DU SECTEUR	9
MÉTHODOLOGIE	11
DESCRIPTION DES SITES	11
ANALYSES STATISTIQUES	12
RÉSULTATS	13
DISCUSSION	16
CONCLUSION	20
REMERCIEMENTS	21
BIBLIOGRAPHIE	21

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Organigramme présentant différentes situations de travail	13
Tableau 1 : Estimation des expositions aux bioaérosols dans la collecte des déchets.....	7
Tableau 2 : Résumé de la méthodologie	12
Tableau 3 : Description des différents types de collecte.....	13
Tableau 4 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) de bactéries	14
Tableau 5 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) d'endotoxines.....	14
Tableau 6 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) de moisissures.....	15
Tableau 7 : Concentrations moyennes de bioaérosols (\pm écart-type) d'un camion propre versus un camion sale.....	15
Tableau 8 : Concentrations moyennes supérieures aux valeurs guides	16

RÉSUMÉ

Les résultats des études publiées sur les expositions aux bioaérosols des éboueurs ne semblent pas démontrer des expositions élevées à ces agents. Toutefois, plusieurs facteurs n'ont pas été considérés dans ces recherches. En outre, elles ont été réalisées en Europe et ne représentent pas nécessairement la situation en Amérique et au Québec. Les objectifs de ce présent projet sont de caractériser les expositions des éboueurs aux agents biologiques aéroportés en tenant compte des facteurs pouvant influencer les conditions de travail et de proposer des solutions pour contrôler les expositions.

Des expositions personnelles aux bioaérosols (bactéries totales, endotoxines et moisissures) ont été mesurées chez les éboueurs de sept types de collecte pendant l'été, dans le but de représenter les pires conditions. L'effet du nettoyage d'un camion a été aussi évalué. Les méthodes de mesure standards de l'IRSST ont été utilisées. Des expositions supérieures à la valeur guide de 10 000 unités formatrice de colonies par mètre cube d'air (UFC/m³) pour huit heures pour les bactéries ont été mesurées lors de la collecte du compost en ville et dans un centre de transbordement. Les concentrations moyennes de bactéries étaient toutes de l'ordre de 10³-10⁴ UFC/m³ d'air. Le seuil d'intervention a été dépassé pour les endotoxines lors de la collecte du compost une fois par deux semaines en campagne. Les concentrations moyennes ont varié de 8,5 à 100 unités d'endotoxines par mètre cube d'air (UE/m³). Les concentrations moyennes de moisissures étaient six fois sur sept supérieures, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$), aux niveaux de base. L'intervalle des concentrations moyennes de moisissures mesurées était compris entre 8 300 et 98 170 UFC/m³ d'air. D'une part, le nettoyage d'un camion de déchets vide n'améliore pas la qualité de l'air. D'autre part, un camion sale ne constitue pas une source majeure de bioaérosols.

Les sources de ces bioaérosols sont les camions, le lixiviat, surtout si les déchets sont d'origine organique et les poubelles qui contiennent ces déchets. Il faudrait donc éviter les expositions inutiles avec ces sources. De même, la manipulation des déchets avec les mains nues constitue un autre risque. Face aux bioaérosols, des mesures strictes d'hygiène personnelle demeurent l'un des meilleurs moyens de prévention.

INTRODUCTION

De très grands investissements ont été et seront requis afin d'établir de nouveaux systèmes de collecte et des centres de compostage et de recyclage de déchets domestiques. Il va de soi que le nombre d'employés affectés à ces activités devrait lui aussi augmenter. Il est donc pertinent de réaliser des recherches sur la présence d'agresseurs dans ces milieux, particulièrement ceux d'origine biologique. Cet aspect a déjà été étudié pour le recyclage et le compostage des déchets dans deux projets de recherche réalisés à l'IRSST.^{1,2} Ces études ont démontré que l'exposition à des bioaérosols peut être importante et justifient l'intérêt d'évaluer celle des éboueurs. L'exposition des éboueurs aux bioaérosols a d'ailleurs été reconnue prioritaire par le Programme d'intervention intégré de la CSST sur les risques biologiques. Une recherche de l'IRSST faite par Bourdhoux et al. en 1992 a déjà couvert les aspects de l'organisation du travail et des risques ergonomiques chez les éboueurs.³ Les nouvelles données recueillies sur les expositions aux bioaérosols seront utiles pour l'élaboration de programmes de santé adaptés aux risques biologiques auxquels les travailleurs sont exposés et pour ressortir les actions préventives à favoriser.

Notre hypothèse est que certains types de collecte de déchets peuvent être sources d'exposition aux bioaérosols (bactéries totales, endotoxines et moisissures). Les objectifs de ce projet sont de caractériser les expositions des éboueurs aux agents biologiques aéroportés en tenant compte des facteurs pouvant influencer les conditions de travail et de proposer des solutions pour contrôler les expositions à ces agents.

RISQUES À LA SANTÉ ET À LA SÉCURITÉ

Malgré que le rôle spécifique de l'exposition aux bioaérosols dans le développement des maladies respiratoires non infectieuses ne soit pas clairement établi, il existe des évidences très fortes que les contaminants microbiologiques et les allergènes provenant des maisons humides soient reliés à la fréquence et à la sévérité des symptômes respiratoires.⁴⁻⁸ L'exposition aux bactéries et particulièrement à leurs endotoxines est associée à des symptômes respiratoires.^{4,9-13} Les moisissures peuvent tant qu'à elles initier des réactions inflammatoires de types allergiques ou non allergiques.^{4,5,7,13,14}

Selon Bourdhoux et al. (1992), il n'y a pas vraiment de statistiques précises au Québec sur les maladies professionnelles et les risques d'accidents pour les éboueurs.³ Toutefois, le taux de cotisation payé à la CSST était de 9,65 \$ par 100 \$ de masse salariale en 1998.² Ce taux est parmi les cinq plus élevés dans les unités CSST comprises dans les services et est 4 fois supérieur à la moyenne dans ce secteur.² Au Danemark, pour la période de 1984-92, le risque relatif (RR) et son intervalle de confiance à 95 % (95% C.I.) était de 1,5 (1,4-1,7) pour les maladies professionnelles et de 5,6 (5,4-5,9) pour les accidents chez les travailleurs de l'industrie de la collecte des déchets lorsque comparé au nombre total de travailleurs.¹⁵ Ces valeurs sont, selon les auteurs, très conservatrices. Au niveau des maladies, les problèmes respiratoires de type allergique (RR de 2,6 (C.I. de 1,8-3,9)), les problèmes musculosquelettiques (RR de 1,9 (C.I. de 1,6-2,2)), les maladies de la peau (RR de 1,6 (C.I. de 1,2-2,0)), les maladies infectieuses (RR de 6,0 (C.I. de 3,6-10,0)) et les problèmes gastro-intestinaux (RR de 2,8 (C.I. de 1,3-6,3)) ont tous été mesurés comme étant significatifs.¹⁵ Concernant certains accidents, mentionnons que les

travailleurs de ce secteur avaient un risque relatif d'être piqués par des aiguilles de 3,8 (C.I. de 3,4-4,2).¹⁵

Selon les danois, il semblerait que les problèmes de santé rencontrés dans ce secteur soient reliés aux expositions aux bioaérosols étant donné les taux d'incidence élevés de problèmes pulmonaires, gastro-intestinaux et cutanés.¹⁵ Toutefois, il n'existe que quelques études décrivant les expositions des éboueurs à ces agents.¹⁵⁻²² Le tableau 1 les résume. La comparaison des différentes études dans ce tableau comporte certaines limites. De fait, il faut être prudent lorsqu'on compare différentes techniques de prélèvement (poste fixe vs. personnel). En revanche, il s'agit des mêmes bioaérosols que ceux analysés dans cette présente étude. En outre, les mêmes unités (UFC/m³ d'air) et principes d'analyse (dilution et croissance sur milieux de culture) font que les comparaisons demeurent valables. De surcroît, ces études n'ont pas tenu compte des facteurs qui peuvent influencer les conditions de travail et les expositions potentiellement dommageables pour la santé des éboueurs.¹⁵

Les pays scandinaves ont proposé des concentrations limites pour des expositions de huit heures pour les bactéries rencontrées dans le milieu du traitement des déchets.^{12,25-27}

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a tant qu'à elle proposé celles relatives aux endotoxines et aux moisissures.¹³ Ces valeurs guides sont les suivantes :^{12,13,25-27}

Bactéries totales	10 000 UFC/m ³ d'air
Bactéries Gram négatives	1 000 UFC/m ³ d'air
Endotoxines	30 fois le niveau de base (UE/m ³ d'air)
Moisissures	Équivalentes au niveau de base (UFC/m ³ d'air)

Dans cette étude, 10 UE (abréviation pour unité d'endotoxines) correspond à 1 ng. Les niveaux de base sont prélevés dans l'air extérieur, en amont selon la direction du vent, de façon concomitante.²⁸ En outre, 30 fois le niveau de base pour les endotoxines est la valeur limite relative pour des gens en santé. Cette valeur est réduite à 10 fois si des symptômes causés par les endotoxines sont documentés médicalement chez les travailleurs.¹³

Tableau 1 : Estimation des expositions aux bioaérosols dans la collecte des déchets

Type de déchet	de Endroit	Technique de Prélèvement	Bactéries (UFC/m ³) ¹	Moisissures (UFC/m ³)	Endotoxine (ng/m ³) ²	Référence
Non trié	Près du camion	Poste fixe	10 ² -10 ³	10 ³ -10 ⁶	-	Ducel et al., (1976)
	2 à 3 m du camion	Poste fixe	10 ³	-	-	
Fraction biodégradable	Près d'un camion à levier hydraulique	Poste fixe	<10 ³	10 ⁴	0,3-3	Sorensen et Bojrnstrup, (1993)
	Près d'un camion compacteur	Poste fixe	<10 ³	10 ⁴ -10 ⁵	0,3-3	
	Près d'un camion conventionnel	Poste fixe	<10 ³	10 ³	2-3	
Non trié	Près du camion	Personnel	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	0,1-0,5	Nielsen et al.,
	Au dessus de la benne	Poste fixe	10 ⁴ -10 ⁵	-	-	(1994)

Type de déchet	de Endroit	Technique de Prélèvement	Bactéries (UFC/m ³) ¹	Moisissures (UFC/m ³)	Endotoxine (ng/m ³) ²	Référence
Non trié	Près du camion	Personnel	10 ² -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁵	0-0,6	Nielsen et al., (1995)
	Au dessus de la benne	Poste fixe	10 ⁴ -10 ⁵	10 ⁵ -10 ⁶	0,8-1,8	
	Cabine du chauffeur	Poste fixe	10 ² -10 ³	10 ³	0-0,2	
Non trié	Camion conventionnel	Personnel	10 ⁴	10 ⁵	1,6	Breum et al., (1996)
Fraction Recyclable	Près du camion	Personnel	-	-	0,8	Heldal et al., (1997)
Fraction biodégradable	Près du camion Compacteur	Personnel	10 ⁴	10 ⁴	1,0	Nielsen et al., (2000)

¹: UFC/m³ = Unité formant une colonie (nombre de microorganismes cultivables) par mètre cube d'air.

²: ng/m³ = nanogramme par mètre cube d'air. Cette unité a été utilisé afin de faciliter les comparaisons entre les différentes études.

- : Non mesuré

Concernant les symptômes gastro-intestinaux, ces derniers ont été rapportés depuis quelques années comme étant un problème spécifiquement relié à la collecte de la fraction biodégradable des déchets domestiques.^{15,26,29} Ces symptômes seraient reliés aux expositions aux endotoxines et aux spores fongiques.^{15,26,29}

Il peut y avoir aussi d'autres types d'exposition que les respiratoires, soit celles par ingestion et par contact cutané.¹⁵ En effet, l'ingestion d'un microorganisme étranger par le contact des mains à la bouche entraîne des problèmes gastro-intestinaux chez l'hôte récepteur.³⁰

PRÉSENTATION DU SECTEUR

Outre les 250 travailleurs des cinq (5) municipalités du Québec qui collectent leurs déchets domestiques sous juridiction municipale, plus de 2 300 éboueurs et chauffeurs du secteur privé travaillent à la collecte.³ Près de 350 entreprises se partagent le marché à l'échelle de la province. Suivant leur importance, les entreprises couvrent plusieurs ou toutes les activités suivantes : collecte résidentielle, commerciale, industrielle, sélective, transport des déchets, exploitation d'un site d'enfouissement et/ou d'un centre de tri. Plusieurs de ces entreprises opèrent, totalement ou partiellement, avec le système des chauffeurs-artisans; il s'agit d'équipes de travail instituées en compagnies pour des fins de gestion financière.³ Comme le critère d'attribution des contrats municipaux reste celui du plus bas soumissionnaire, la concurrence entre les entreprises est forte, avec pour corollaire la disparition et l'apparition annuelles de plusieurs compagnies. Cette compétition fait que les prix pour les contrats de collecte des déchets domestiques restent bas; les coûts sont actuellement les mêmes qu'il y a 10 ans et la partie de la taxe municipale consacrée à ce poste budgétaire reste la taxe la moins chère.³ Toutefois, avec l'engorgement progressif des dépotoirs existants et les exigences environnementales de plus en plus sévères, le prix de l'enfouissement commence à grimper, ce qui force les municipalités à penser davantage en terme de gestion intégrée des déchets. Ainsi, le volume des ordures augmente, les sites d'enfouissement rétrécissent, la collecte sélective s'implante : le travail des éboueurs va se modifier, s'intensifier et se compliquer. Vu ces changements, le temps est bien choisi pour examiner de près les expositions aux agents biologiques chez les éboueurs. Comme le mentionnent Bourdouxhe et al. (1992), il importe de bien connaître les risques de leur travail dès aujourd'hui si on veut mieux les prévenir demain.

Selon une revue de littérature exhaustive, voici certains facteurs qui peuvent influencer les conditions de travail et les expositions potentiellement dommageables pour la santé des éboueurs :¹⁵

Le type de compagnie : Grosse, petite ou chauffeurs-artisans.

L'organisation du travail : Permanent, temporaire, travail à la pièce, taux horaire.

Travail spécialisé ou rotation des postes.

Durée du travail.

Le type d'équipement : Type et dimension des contenants.

Type de camion.

Type de déchet : Non trié

Trié

fraction biodégradable

papier

plastique

verre

déchets résiduels

déchets de jardin

autre

Fréquence de collecte : Journalier, hebdomadaire, mensuel

Saison : Température et humidité

La majorité de ces facteurs sont considérés dans la méthodologie proposée.

MÉTHODOLOGIE

Description des sites

Des prélèvements sur les travailleurs ont été faits pour les microorganismes cultivables (bactéries totales et moisissures) et les endotoxines. Ils ont été effectués sur cassette pendant l'été, lorsque la prolifération microbienne est maximale, dans le but de représenter les pires conditions.²² Cette technique de prélèvement personnel sur cassette est la même que celle utilisée dans la majorité des études publiées sur le sujet.¹⁵⁻²² Les méthodes d'analyse sont les méthodes standard utilisées par le laboratoire de microbiologie de l'IRSST. Le tableau 2 résume ces méthodes.^{31,32} Les prélèvements ont été réalisés en essayant de tenir compte des facteurs qui peuvent influencer les conditions de travail (référence figure 1).

Par ailleurs, à cause de la rareté des sites d'enfouissement dans certaines régions, certains camions de collecte sont vidés dans un centre de transbordement où les déchets sont par la suite envoyés dans de plus grosses remorques vers les sites. L'un de ces centres a été aussi évalué.

Finalement, à cause de la faible fréquence de nettoyage des camions et de la présence de lixiviat à l'intérieur de la benne, il est permis de croire qu'un camion vide puisse être une source potentielle de bioaérosols. Cette hypothèse a été vérifiée en réalisant une série de prélèvements immédiatement après le nettoyage d'un camion et en la comparant, d'une façon concomitante, avec celle d'un camion dû pour le lavage. Les résultats obtenus devraient être des plus pertinents lors du développement des moyens de prévention.

Analyses statistiques

Les moyennes des concentrations de moisissures et d'endotoxines ont été comparées avec les niveaux de base (ces niveaux proviennent du secteur de la collecte, en amont, dans la direction du vent) dans la région où ont été ramassés les déchets. Également, les bactéries (bactéries totales et endotoxines) ont été comparées avec les concentrations suggérées pour des expositions de huit heures. Le test de «t» de Student a été utilisé pour les distributions normales ou sur les logarithmes pour les distributions log-normales.³³

Tableau 2 : Résumé de la méthodologie

Agent	Échantillonnage	Analyse	
		Principe	Limite de détection
Bioaérosols			
Bactéries Totales	Filtre en polycarbonate+ milieu TSA, 2 L/min, 20 minutes	Extraction dans eau distillée stérile et Tween 20 + incubation 2 jours, 37,5°C + dénombrement	1 250 UFC/m ³
Moisissures totales	Filtre en polycarbonate + milieu agar à extrait de malt, 2 L/min, 20 minutes	Extraction eau stérile et Tween 20 + incubation 5-7 jours, 25°C + dénombrement	1 250 UFC/m ³
Endotoxines	Filtre en fibre de verre, 2 L/min, 240 minutes	Test LAL chromogénique et cinétique + photométrie	4 UE/m ³

UFC/m³ = unité formatrice de colonie par mètre cube d'air

UE/m³ = unité d'endotoxine par mètre cube d'air

LAL = lysat d'améobocyte de limule. La trousse Endochrome-K est fournie par la compagnie Endosafe Charles River (Charleston, SC, USA).

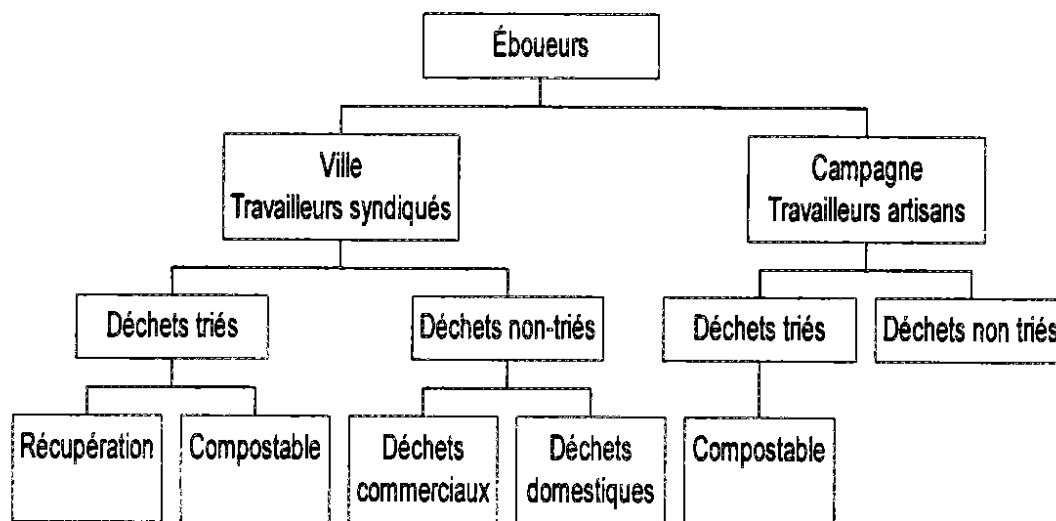


Figure 1 : Organigramme présentant différentes situations de travail

RÉSULTATS

Le tableau 3 présente les caractéristiques des différents scénarios (situations de travail) évalués dans cette étude.

Tableau 3 : Description des différents types de collecte

Scénario No.	Endroit	Type de déchets	Type de camion ^a	Type de chargement	Fréquence de collecte	Tonnage (10 ³ Kg)	Km parcourus
I	Ville	Mixte, appartements	Arrière	Manuel	2 fois/sem.	11	1,5
II	Ville	Commerciaux	Arrière	Manuel	2 fois/sem.	8,5	33
III	Ville	Recyclable	Coté avant	Manuel	1 fois/sem.	3	30
IV	Ville	Compost	Arrière	Semi-automatique	1 fois/sem.	2,3	25
V	Campagne	Mixte et Compost	Arrière	Semi-automatique	1 fois/sem.	10	140
VI	Campagne	Compost	Coté avant	Semi-automatique	1 fois/2 sem.	4	58
VII ^b	Ville	Mixte	Arrière	Motorisé	N.A.	432,6	N.A.

N.A. : Ne s'applique pas

^a: Tous les camions sont de type compacteur

^b: Le scénario No. VII correspond au centre de transbordement. Les camions compacteurs vident leur contenu dans cet entrepôt et les déchets sont ensuite expédiés dans de plus grosses remorques vers un site d'enfouissement.

Les tableaux 4 à 6 rapportent, pour chacun des types de collecte, les concentrations moyennes de bioaérosols mesurées. Pour les valeurs non décelées par les méthodes d'analyse, la limite de détection divisée par la racine carrée de deux a été utilisée.^{34,35}

Tableau 4 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) de bactéries

Bioaérosol Type de collecte	Bactéries totales			
	Niveaux de base		Travailleurs	
	n	UFC/m ³	n	UFC/m ³
I (Ville, mixtes)	4	5 900 (\pm 125)	18	10 500 (\pm 8 530) ^a
II (Ville, commerciaux)	3	6 000 (\pm 100)	12	7 700 (\pm 2 590) ^a
III (Ville, recyclable)	4	5 300 (\pm 500)	6	6 350 (\pm 2 000)
IV (Ville, compost)	4	5 400 (\pm 410)	5	46 180 (\pm 35 700) ^a
V (Campagne, mixtes + compost)	4	5 900 (\pm 80)	11	10 745 (\pm 7 080) ^a
VI (Campagne, compost)	4	4 825 (\pm 860)	2	9 050 (\pm 1 200) ^a
VII (Centre de transbordement)	2	5 900 (280)	11	11 280 (\pm 6 820) ^a

Valeur Guide : 10 000 UFC/m³ d'air pour huit heures

^a Statistiquement plus élevé, d'une façon significative ($p \leq 0,05$), que le niveau de base.

Tableau 5 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) d'endotoxines

Bioaérosol Type de collecte	Endotoxines			
	Niveaux de base		Travailleurs	
	n	UE/m ³	n	UE/m ³
I (Ville, mixtes)	3	3,0 (\pm 1,0)	3	11,7 (\pm 8,0)
II (Ville, commerciaux)	2	3,0 (\pm 1,0)	2	8,5 (\pm 7,8)
III (Ville, recyclable)	3	3,0 (\pm 1,0)	4	10,0 (\pm 6,0) ^a
IV (Ville, compost)	3	3,0 (\pm 1,0)	2	11,0 (\pm 7,0)
V (Campagne, mixtes + compost)	3	3,3 (\pm 0,6)	4	12,8 (\pm 7,1) ^a
VI (Campagne, compost)	3	4,3 (\pm 1,2)	2	100 (\pm 2,8) ^a
VII (Centre de transbordement)	3	3,0 (\pm 1,0)	3	23,7 (19,6) ^a

Valeur guide : 30 fois supérieure au niveau de base moyen (si aucun symptôme).

^a Statistiquement plus élevé, d'une façon significative ($p \leq 0,05$), que le niveau de base.

Tableau 6 : Concentrations moyennes (\pm écart-type) de moisissures

Bioaérosol Type de collecte	Moisissures			
	Niveaux de base		Travailleurs	
	N	UFC/m ³	n	UFC/m ³
I (Ville, mixtes)	4	6 000 (\pm 80)	18	8 300 (\pm 6 080)
II (Ville, commerciaux)	4	6 900 (\pm 1 800)	11	12 840 (\pm 10 200) ^a
III (Ville, recyclable)	4	6 400 (\pm 1 320)	6	19 600 (\pm 18 700) ^a
IV (Ville, compost)	4	9 400 (\pm 3 060)	7	73 300 (\pm 33 500) ^a
V (Campagne, mixtes + compost)	4	5 900 (\pm 80)	11	19 150 (\pm 14 760) ^a
VI (Campagne, compost)	4	4 950 (\pm 870)	3	98 170 (\pm 7 180) ^a
VII (Centre de transbordement)	2	5 900 (\pm 280)	11	24 150 (\pm 20 270) ^a

Valeur Guide : Équivalente au niveau de base moyen.

^a Statistiquement plus élevé, d'une façon significative ($p \leq 0,05$), que le niveau de base.

Le tableau 7 présente l'effet d'un nettoyage en profondeur d'un camion compacteur conventionnel.

Tableau 7 : Concentrations moyennes de bioaérosols (\pm écart-type) d'un camion propre versus un camion sale

Bactéries				Endotoxines				Moisissures			
UFC/m ³		UFC/m ³		UE/m ³		UE/m ³		UFC/m ³		UFC/m ³	
n	Camion Sale	n	Camion propre	n	Camion Sale	n	Camion propre	n	Camion Sale	n	Camion propre
6	10 800 (\pm 3 700) ^a	6	6 100 (\pm 210)	3	5,3 (\pm 2,5)	3	9,7 (\pm 2,5)	6	5 750 (\pm 180)	6	12 100 (\pm 9 900) ^a

^a : Statistiquement plus élevé, d'une façon significative ($p \leq 0,05$), que le niveau de base.

Le tableau 8 résume les types de collecte où des concentrations moyennes de bactéries ou d'endotoxines supérieures aux valeurs guides et de moisissures supérieures aux niveaux de base ont été mesurées.

Tableau 8 : Concentrations moyennes supérieures aux valeurs guides

Bioaérosol	Bactéries	Endotoxines	Moisissures
Type de collecte			
I (Ville, mixte)			
II (Ville, campagne)			✓
III (Ville, recyclable)			✓
IV (Ville, compost)	✓		✓
V (Campagne, compost)			✓
VI (Campagne, compost)			✓
VII (Centre de transbordement)	✓		✓

DISCUSSION

Les stratégies utilisées dans l'évaluation des pires conditions ont été suivies dans cette étude.^{13,33} Entre autres, les résultats obtenus par d'autres chercheurs ont démontré des concentrations plus faibles pour les autres saisons.²² Sept scénarios ou types de collecte, incluant un centre de transbordement, ont été évalués. Deux collectes de compost à la campagne ont été aussi incluses dans nos scénarios. La fréquence de collecte de l'une était d'une fois par deux semaines et l'autre, incluant la collecte des déchets non triés, d'une fois par semaine. Les résultats obtenus de ces sept différents scénarios sont analysés dans les lignes suivantes.

Bactéries totales. Le tableau 4 montre que les concentrations moyennes de bactéries totales sont de l'ordre de 10^3 - 10^4 UFC/m³ d'air. Elles se situent donc, dans 86 % des cas,

dans le même ordre de grandeur que la valeur guide recommandée. Par contre, les travailleurs manipulent les déchets pour une période de huit heures qu'au centre de transbordement et lors de la collecte de déchets mixtes et de compost à la campagne (scénario V).

Les concentrations moyennes de bactéries totales retrouvées dans cette étude sont comparables à celles rencontrées dans l'étude de Nielsen et al. (2000) pour la même saison ainsi que dans d'autres études sur le même sujet.¹⁶⁻²² La littérature scientifique rapporte des concentrations moyennes de bactéries totales comprises entre 10^2 - 10^5 UFC/m³ d'air.¹⁶⁻²²

Endotoxines. Le tableau 5 montre que les concentrations moyennes d'endotoxines lors de la collecte de déchets peuvent être supérieures au niveau de base mais inférieures à la valeur guide proposée par l'ACGIH.¹³ Ces expositions personnelles faibles aux endotoxines sont aussi comparables aux autres études publiées dans la littérature scientifique sur la collecte des déchets.¹⁶⁻²² Toutefois, la collecte du compost une fois par deux semaines (scénario VI) constitue une exception. De fait, des expositions de cet ordre (100 (\pm 2,8) UE/m³ d'air) ont été rencontrées dans une étude récente de Nielsen et al. (2000) sur la collecte de matière organique (compost) une fois par deux semaines, pendant l'été.²² La comparaison de la concentration moyenne avec la valeur guide de 130 UE/m³ d'air pour ce scénario nous indique que cette dernière pourrait être dépassée dans 43 % des cas.³³ Il importe de mentionner que des expositions suffisantes aux endotoxines sont associées à des symptômes respiratoires.^{4,9-13} Elles ont été associées aussi à des symptômes gastro-intestinaux chez des égoutiers.³⁶ Ces symptômes gastro-intestinaux ont

été aussi rapportés comme étant un problème spécifiquement relié à la collecte de la fraction biodégradable des déchets domestiques.^{15,26,29}

Moisissures. Le tableau 6 montre que, lorsque comparées avec leurs niveaux moyens de base, de l'ordre de 10^3 UFC/m³ d'air, les moisissures les dépassent, d'une façon statistiquement significative ($p \leq 0,05$) dans la majorité des cas (6 scénarios sur 7). En outre, les concentrations moyennes maximales sont observées lors de la collecte du compost à la ville et à la campagne.

La littérature scientifique rapporte pour la collecte des déchets, des concentrations de moisissures variant de 10^3 – 10^6 UFC/m³ d'air.¹⁶⁻²² Les moisissures peuvent initier des réactions inflammatoires de types allergiques ou non allergiques.^{4,5,7,13,14} Elles ont été aussi reliées à des problèmes gastro-intestinaux dans la collecte de la fraction biodégradable des déchets.^{15,26,29}

Afin d'apporter certaines solutions ou pistes d'améliorations, nous avons comparé un camion vide fraîchement lavé avec un autre dont le dernier lavage datait d'au moins six mois. Il peut être constaté, en se référant au tableau 7, que même un camion vide et sale n'est pas une source majeure de bioaérosols. De fait, seule une concentration moyenne légèrement supérieure de bactéries totales a été mesurée dans ce dernier lorsque comparée au camion propre. Cette concentration moyenne était inférieure à la valeur guide recommandée. Par surcroît, une concentration moyenne de moisissures supérieure, d'une façon statistiquement significative, a été retrouvée dans le camion vide et propre. Il est donc suggéré d'attendre qu'un camion s'assèche avant de l'utiliser après un lavage.

Le tableau 8 résume globalement la situation. Notons dans ce tableau que, rapportées sur huit heures, les expositions aux bactéries du scénario I sont plus faibles que la valeur guide. De même, il est de pratique courante en hygiène industrielle de considérer les concentrations supérieures à 50 % de la norme comme un seuil d'intervention. La concentration moyenne d'endotoxines pour le scénario VI dépasse ce seuil d'intervention (Tableau 5).

Les résultats de cette étude tendent à démontrer que, du moins pour certains types de collecte de déchets, les niveaux d'exposition aux bioaérosols sont supérieurs aux valeurs guides proposées pour ce genre d'activité. Notre hypothèse de départ est donc confirmée. Ces résultats confirment aussi les évidences démontrées dans deux études récentes; les sources de ces bioaérosols sont les déchets dans le camion, surtout s'ils sont d'origine organique comme le compost, et le contenant ou poubelle qui contient ces déchets.^{4,22} Neilsen et al. (2000) ont estimé qu'une collecte journalière de 4 à 5 tonnes métriques de compost produit plus de 300 litres de lixiviat dans la benne du camion.²² Selon ces mêmes auteurs, ce lixiviat constitue un risque potentiel à la santé des éboueurs et est impliqué dans des concentrations élevées de bioaérosols, surtout s'il est éclaboussé.²² De même, d'autres chercheurs ont récemment établi que les contenants à compost constituaient des sources significatives d'endotoxines et de moisissures.⁴ Il faudrait donc éviter les expositions inutiles avec ces sources soit en modifiant le type de collecte ou en se munissant de protection respiratoire efficace. Des masques respiratoires N-95 jetables sont suffisants pour assurer une protection adéquate.³⁶

La manipulation des déchets avec les mains nues devrait être évitée et les éboueurs devraient avoir la possibilité de laver leurs mains régulièrement durant leur travail.

Certains auteurs ont rapporté que les mains des travailleurs étaient contaminées par des *Streptococci* et des enterobactéries et d'autres microorganismes.¹⁵ Par surcroît, des *Streptococci* et des *Enterobacter* ont été détectés sur les vêtements de travailleurs manipulant des déchets domestiques.¹⁵ L'émission de la poussière accumulée dans les vêtements augmente la concentration des contaminants dans la zone respiratoire. Des mesures strictes d'hygiène personnelle devraient donc être appliquées afin de limiter les effets indésirables des bioaérosols sur la peau et les poumons. Il faudrait :^{2,37}

- Éviter de porter les doigts dans les yeux, la bouche et les oreilles.
- Les ongles devraient être gardés courts.
- Les coupures et blessures devraient être rapportées et soignées adéquatement.
- Les mains devraient être lavées avant chaque pause et lorsqu'on va aux toilettes.
- Les vêtements de travail et ceux de ville devraient être gardés dans des casiers séparés.
- Une douche devrait être prise à la fin de la journée de travail et les vêtements de travail et bottes de sécurité ne devraient pas être ramenés à la maison.

CONCLUSION

Notre hypothèse de départ qui était que certains types de collecte de déchets peuvent être des sources d'exposition aux bioaérosols est donc confirmée. Cette affirmation vaut pour les pires conditions, pendant l'été. En comparant les concentrations moyennes mesurées

aux valeurs guides, certaines observations peuvent être faites. En général, les concentrations moyennes de bactéries totales sont du même ordre de grandeur que la valeur guide recommandée. Les concentrations moyennes d'endotoxines ont dépassé le seuil d'intervention en hygiène industrielle dans la collecte du compost une fois par deux semaines. Néanmoins, aucun scénario ne dépasse sa valeur guide. Les concentrations moyennes de moisissures sont, tant qu'à elles, supérieures aux niveaux de base dans la majorité des cas. Elles le sont particulièrement pour la collecte du compost à la ville et à la campagne. Finalement, nous avons constaté qu'un camion vide et sale ne constitue pas une source de bioaérosols.

En raison de ce qui précède, des actions devraient être entreprises afin de diminuer les expositions lors de la collecte du compost pendant l'été. La modification du type de collecte ou la protection respiratoire seraient des atouts. De surcroît, face aux bioaérosols, des mesures strictes d'hygiène personnelle demeurent l'une des meilleures solutions.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier pour leur contribution à cette recherche le personnel technique et professionnel de l'IRSST ainsi que Christopher Dunkerley, de l'Université McGill, pour le traitement statistique des données.

BIBLIOGRAPHIE

1. Lavoie, J., Marchand, G. *Détermination des caractéristiques à considérer d'un point de vue de santé et sécurité des travailleurs dans les centres de compostage des déchets domestiques*. Études et recherches, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, rapport No. R-159, 37 pages, 1997.

2. 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, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, rapport No. R-212, 82 pages, 1999.
3. Bourdouxhe, M., Guertin, S., Cloutier, E. *Étude des risques d'accident dans la collecte des ordures ménagères*. Études et recherches, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, rapport No. R-061, 287 pages, décembre 1992.
4. Wouters, I.M., Douwes, J., Doekes, G., Thorne, P.S., Brunekreef, B., Heederick, D.I.I. *Increased levels of markers of Microbial Exposure in Homes with Indoor Storage of organic Household Waste*. Applied and Environmental Microbiology, 66(2) :627 (2000).
5. Andriessen, J.W., Roemer, W., Brunekreef, B. *Home Dampness and respiratory Health Status in European Children*. Clin. Exp. Allergy, 28:1129 (1998).
6. Husman, T. *Health-Effects of Indoor-Air microorganisms*. Scand. J. Work Environ. Health, 22 :5 (1996).
7. Verhoeff, A.P., Burge, H.A. *Health Risk Assessment of Fungi in Home Environments*. Ann. Allergy Asthma Immunol., 78 :544 (1997).
8. Verhoeff, A.P., van Strien, R.T., van Wijnen, J.H., Brunekreef, B. *Damp Housing and Childhood Respiratory Symptoms : the Role of Sensitization to Dust Mites and Molds*. Am. J. Epidemiol., 141 :103 (1995).
9. Björnsson, E., Norbäck, D., Janson, C., Windström, J., Palmgren, U., Ström, G., Boman, G. *Asthmatic Symptoms and Indoor Levels of Microorganisms and House Dust Mites*. Allergy 25 :423 (1995).
10. Michel, O., Ginnani, R., Duchateau, J., Vertongen, F., Le Bon, B., Sergysels, R. *Domestic Endotoxin Exposure and Clinical Severity of Asthma*. Clin. Exp. Allergy, 21 :441 (1991).
11. Michel, O., Kips, J., Duchateau, J., Vertongen, F., Robert, L., Collet, H. *Severity of Asthma is Related to Endotoxin in House Dust*. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 154 :1641 (1996).
12. Rylander, R., Jacobs, R.R. *Endotoxins in the Environment : A Criteria Document*. Int. J. Occup. Environ. Health, 3 :S1 (1997).
13. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. *Bioaerosols. Assessment and Control*. Cincinnati, OH, 322 pages, 1999.
14. Peat, J.K., Dickerson, J., Li, J. *Effects of Damp and Mould in the Home on Respiratory Health : A Review of the Literature*. Allergy, 53 :120 (1998).

15. Poulsen, O.M., Breum, N.O., Niels Ebbelohj et col. *Collection of Domestic Waste. Review of Occupational Health Problems and their Possible causes*. The Science of the Total Environment, 170 :1 (1995).
16. Ducei, G., Pitteloud, J.-J., Rufèner-Press, C. et col. *Importance de l'exposition bactérienne chez les employés de la voirie chargés de la levée des ordures*. Médecine sociale et préventive, 21 :136, (1976).
17. Nielsen, B.H., Nielsen, E.M., Breum, N.O. *Exposure to Microorganisms and Dust in Collection of Household Waste*. Nordic Meeting on Occupational Medicine, Norway, 1994.
18. Nielsen, E.M., Nielsen, B.H., Breum, N.O. *Occupational Bio-aerosol Exposure During Collection of Household Waste*. Ann. Agric. Environ. Med., 2 :53 (1995).
19. Sorensen, C., Bjornstrup, H. *Indsamling of Maddafald fra Husstande i Kobenhavn*. Miljøprojekt r.220, Miljøstyrelsen, Copenhagen, 1993, (en danois).
20. Breum, N.O., Nielsen, B.H., Nielsen, E.M., Poulsen, O.M. *Bio-aerosol Exposure During Collection of Mixed Domestic Waste. An Intervention Study on Compactor truck Design*. Waste Manage. Res., 14 :527 (1996).
21. Heldal, K., Eduard, W., Bergum, M. *Bioaerosol Exposure During Handling of Source separated Household Waste*. Annals of Agricultural and Environmental medicine 4 :45 (1997).
22. Nielsen, B.H., Nielsen, E.M., Breum, N.O. *Seasonal Variation in Bioaerosol Exposure During Biowaste Collection and Measurements of Leaked Percolate*. Waste Management & Research 18 :64 (2000).
23. Malmros, P., Sigsgaard, T., Bach, B. *Occupational Health Problems Due to Garbage Sorting*. Waste Management and research 10 :227 (1992).
24. Heederik, D., Douwes, J. *Towards an Occupational Exposure Limit for Endotoxins*. Ann. Agric. Environ. Med., 4 :17 (1997).
25. Marchand, G. *Les endotoxines en milieu de travail*. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Bilan de connaissance, B-049, 1996.
26. Malmros, P. *Problems with the Working Environment in the Solid Waste Treatment*. The National Labour Inspection of Denmark, Report #10/1990, 1990.
27. Seyfried, P.L. *Microorganismes, parasites et endotoxines en suspension dans la section de déshydratation d'une usine de traitement des eaux usées*. Recherche appliquée. Sciences et techniques de l'eau, 23(3) :275 (1990).

28. 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, 1993.
29. Ivens, U.I., Hansen, J., Breum, N.O. et col. *Diarrhoea Among Waste Collectors Associated with Bioaerosol Exposure*. Ann. Agric. Environ. Med., 4 :63, (1997).
30. Laitinen, S., Kangas, J., Kotimaa, M. et col. *Workers' Exposure to Airborne bacteria and Endotoxins at Industrial Wastewater Treatment Plants*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 55(1) :1055 (1994).
31. IRSST. *Analyse des endotoxines présentes dans l'air*. Notes et rapports scientifiques et techniques, méthode # 332-1, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, 8 pages, 1998.
32. IRSST. *Dénombrement des bactéries et moisissures viables*. . Notes et rapports scientifiques et techniques, méthode # 264-3, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, 8 pages, 1999.
33. Mulhausen, J.R., Damiano, J. *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures*. American Industrial Hygiene Association, AIHA Press, Fairfax, VA, 345 pages, 1998.
34. Cohen, M.A., Ryan., B. *Observations Less than the Analytical Limit Detection : A new Approach*. JAPCA 39(3) : 328 (1989).
35. Rao, S.T., Ku, J-Y. *Analysis of Toxic Air Contaminant Data Containing Concentrations Below the Limit of detection*. J. Air Waste Manage. Assoc. 41 : 442 (1991).
36. Lara, A., Vennes, M. *Respirateurs utilisés au Québec*. Guide technique, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, 80 pages, 1998.
37. Marchand, G., Lavoie, J., Lazure, L. *Evaluation of the Bioaerosols in a Municipal Solid Waste Recycling and Composting plant*. J. Air and Waste Manage. Assoc. 45 :778 (1995).