

# Travailleurs exposés aux fluides de coupe de métaux

## Évaluation de l'exposition aux bioaérosols et effets sur la santé respiratoire et cutanée

*Caroline Duchaine, Yvon Cormier, Yan Gilbert, Marc Veillette,  
Jacques Lavoie, Anne Mériaux, Christine Touzel, Denis Sasseville  
et Yves Poulin*

[www.ulaval.ca](http://www.ulaval.ca)



AFFILIÉ À  UNIVERSITÉ LAVAL

## Introduction: population

- Les fluides de coupe (FC) de métaux sont utilisés dans les opérations de tournage du métal
- Aux É-U: 1,2 million de nombre de travailleurs qui utilisent des FC
- La CSST estimait en 2000 au Québec ce nombre à près de 8000 travailleurs, dans plus de 860 établissements
- Au cours des vingt dernières années: nombreux problèmes de santé ont été rapportés concernant l'exposition directe aux fluides de coupe
  - Dermatites de contact, autres éruptions cutanées
  - Cancers
  - Alvéolite allergique extrinsèque (AAE)

## Au Québec et au Canada

- Très peu d'information
- Canada
  - Santé des travailleurs
  - Pas contamination microbienne
- Une seule étude québécoise publiée
  - Étude exploratoire Duchaine et collaborateurs, IRSST

## Fluides de coupe et contamination

- Composés d'huile émulsionnée dans de l'eau additionnée d'additifs (FC solubles)
- Source de nutriment pour les microorganismes
- Croissance microbienne:
  - Change les propriétés des FC (pH, viscosité, corrosion)
- Tournage: génération d'aérosols contaminés par les bactéries et susceptibles d'être inhalés par les travailleurs
- Peu d'études à date portent sur la caractérisation microbiologique des FC
- L'utilisation massive de biocides est quelquefois suffisante pour contrôler les problèmes de nature physique imputables à la croissance des microorganismes

- Des concentrations aussi impressionnantes que  $10^7$  unités formatrices de colonies (UFC)/ml ont été rapportées et des espèces bactériennes telles *Pseudomonas oleovorans*, *Klebsiella pneumoniae* et *Proteus vulgaris* ont été identifiées
- Selon Burgess, (1995), lorsque des programmes de contrôle exceptionnels sont appliqués, des concentrations de  $5 \times 10^4$  UFC/ml sont rencontrées; pour les programmes de contrôle raisonnable, des concentrations de l'ordre de  $10^6$  UFC/ml sont retrouvées; lorsqu'il n'y a pas de contrôle, les concentrations peuvent atteindre  $10^9$  UFC/ml

## Maladies respiratoires

- Alvéolite allergique
  - Exposition à un antigène et réaction retardée
  - Mycobacterium immunogenum*
  - Mycobacterium chelonae*
  - Plusieurs cas décrits dans des usines de tournage
- Étude de 98 cas (É-U)
  - Fortement associé avec une contamination microbienne « indésirable » (mycobactéries)
  - Brouillards d'huile en faibles concentrations (mauvais indicateur)
  - M. chelonae* retrouvé dans plusieurs usines où les cas d'alvéolite ont été décrits
- Autres problèmes: Bactéries à Gram- et endotoxines et pathogènes opportunistes

**Tableau 1: Résumé des études relatant des cas de maladies respiratoires dans les usines où des FC sont utilisés**

Source	Diagnostic*	Commentaires
MMWR, 1996	6 AAE (C) 14 AAE (P)	
Kreiss, 1997	98 AAE (C)	Étude de 8 usines, <i>Mycobacterium sp.</i> majoritairement retrouvé
Freeman, 1998	1 AAE (C)	
Fox, 1999	20 AAE (C) 14 AAE (P) 12 BO (C) 6 AO (C)	Une seule usine à l'étude, exposition à un agent microbien probablement responsable Précipitines positives en présence du FC problématique et négatives avec le fluide non utilisé
Hodgson, 2001	16 AAE (C) 19 AAE (P) 39 avec un désordre pulmonaire	Fluide soluble Difficulté à différencier AO de AAE
MMWR, 2002	2 AAE C 1 AO (C)	Fluide très contaminé par <i>Mycobacterium immunogenum</i>
O'Brien, 2003	30 AAE (C) 14 AO (C) 3BO (C)	Une seule usine avec un fluide contaminé par des mycobactéries
Rosenman, 1997	86 AO (C) 160 AO (P) 120 BO (P)	Sondage dans 45 usines, prévalence plus haute avec FC solubles
Robertson, 1998	20 AO (P)	Causé par un FC soluble
Zacharisen, 1998	7 AAE (C) 12 AO (C) 6 BO (C)	Haut niveau de contamination du FC et de l'air IgG positifs avec FC problématique et avec souches bactériennes isolées

\* AAE = Alvéolite allergique, AO = Asthme occupationnel, BO = Bronchite occupationnelle, (C) = Confirmé, (P) = Possible

## Maladies cutanées

- Folliculite (huiles insolubles)
- Dermatite de contact (huiles solubles)
  - Irritative
    - pH alcalin
    - Saponifiants
  - Allergique
- Aucune étude canadienne
- Estimé entre 10 et 30% des travailleurs atteints

## Résultats préliminaires et état des connaissances

- FC fortement contaminé par des bactéries (IRSST)
- Vidange, nettoyage et recharge des systèmes de FC: ne permettent pas de diminuer la contamination des FC par les mycobactéries (MWFSG)
- Mise au point des méthodes de quantification des mycobactéries dans les FC par approches moléculaires (J-D Bégin) (Veillette, 2005, 2008)
- Task Force de l'ASTM pour l'évaluation des concentrations de mycobactéries dans les FC
- Les comptes en culture sous-estiment grandement les concentrations réelles de mycobactéries (Veillette 2004)

# Hypothèses

- H1 : Les systèmes de FC sont universellement contaminés par de grandes concentrations de bactéries
- H2 : Il est possible de détecter précocement l'apparition de mycobactéries dans les systèmes de FC à l'aide de la PCR quantitative et éviter la contamination massive des systèmes.
- H3 : Sachant que des bioaérosols sont générés lors des opérations de tournage impliquant des FC :
  - H3a : Il est possible d'étudier les bioaérosols avec des méthodes alternatives à la culture (PCR quantitatif) et ainsi qualifier et quantifier les microorganismes

- H3b : La composition quantitative et qualitative des bioaérosols est tributaire de deux variables :
  - La nature de la microflore présente dans les FC
  - Le type d'opération de tournage effectuée et la ventilation locale ou générale
- H4: Les effets sur la santé respiratoire des travailleurs sont fonction des bioaérosols générés lors des opérations de tournage
  - H4a : Les travailleurs possèdent des IgG sériques dirigés contre les bactéries du FC (IgG comme mesure d'exposition)
  - H4b : Les travailleurs exposés à des systèmes de FC contaminés par des mycobactéries sont plus à risque de développer de l'alvéolite allergique.

- H5 : Les opérations de tournage exposent les travailleurs au contact cutané direct et aéroporté de FC.
- H6 : La dermatite de contact allergique chez les travailleurs exposés aux FC est probablement plus fréquente que ce que l'on soupçonne.

## Objectifs environnement

- Objectif A1: Caractériser les FC en utilisant des méthodes modernes et des méthodes dites traditionnelles de culture sur gélose.
- Objectif A2 : Caractériser la qualité et la concentration des brouillards d'huile et le nombre de changements d'air frais à l'heure (CAH) avec des méthodes traditionnelles d'hygiène industrielle et des bioaérosols générés lors des opérations de tournage utilisant des FC solubles en utilisant des méthodes non reliées à la culture (microscopie à épifluorescence, PCR-DGGE, biodiversité). Comparer la biodiversité des bioaérosols et des FC entre les usines et selon le type de système (fluide, entretien, biocide, CAH, etc.) et mesurer les endotoxines

- Objectif A3 : Identifier les opérations de tournage impliquées dans la génération de bioaérosols et la grosseur des aérosols générés. De plus, déterminer les tâches de travail et les configurations de postes de travail les plus susceptibles de générer des brouillards et des bioaérosols.
- Objectif A4: Poursuivre la validation d'une méthode de détection et de quantification précoce de mycobactéries dans les FC à l'aide du PCR quantitatif et des sondes moléculaires fluorescentes. Appliquer cette méthode aux bioaérosols.

## Objectifs santé des travailleurs

- B1 : Vérifier l'impact de différentes expositions aux bioaérosols générés lors des opérations de tournage sur la santé respiratoire des travailleurs ainsi que sur la réponse immune de ces derniers.
- B2 : Documenter l'étendue de la présence ou l'absence de mycobactéries dans les fluides de coupe et dans les bioaérosols en industries et les taux d'AAE.
- B3 : Identifier les sites, les opérations de tournage et les tâches connexes désignées aux travailleurs qui génèrent une plus grande exposition cutanée.
- B4 : Documenter l'étendue de la problématique des dermatites de contact dans la population étudiée et, par extrapolation, dans toute la population des machinistes du Québec.

## Méthode: usine et sites

- 44 sites
- 25 établissements
- 7 régions administratives
- Visites en période hivernale (2006-2008)

# Échantillons

- FCM
  - 200ml
  - Culture (TSA, Middlebrook 7H10 OADC, RBA)
  - ADN extrait
- Eau
  - Filtrée
  - Culture (TSA, Middlebrook 7H10 OADC, RBA)
- Air
  - 1m du sol
  - 1 à 2m de la machine
  - Andersen 6 étages
  - TSA et RBA

# Échantillons

- Poussières inhalables
  - IOM avec PVC
  - 120 minutes @ 2L/min
  - Gravimétrie
- Endotoxines
  - Cassettes 37mm fermées
  - Fibre de verre
  - 120 minutes @ 2L/min
  - LAL chromogénique

# Échantillons

- Brouillards d'huile
  - IRSST 365-1
  - Casette 37mm fermée, Teflon
  - 8 heures@ 2L/min
  - Gravimétrie
- Changements d'air
  - Gaz traceurs SF6 (ASTM)
  - 4 ponts d'échantillonnage par zone
  - Chromatographe portatif Model 101
- Particules aéroportées
  - APC MetOne 3313
  - 3X 30 minutes

# Identification des isolats microbiens

- Bactéries
  - ADN isolé
  - Séquence de l'ADNr 16S (63f et 1387r)
  - Bases de données
- Moisissures
  - Microscopie

## Quantification des bactéries et de *M. immunogenum*

- PCR quantitative
- Amorces universelles (bactéries) et spécifiques (*M. immunogenum*)

# Biodiversité

- Gels DGGE
- Analyse des profils
- Séquençage des bandes importantes pour identification
- Bases de données

## Santé des travailleurs

- Santé respiratoire
  - Questionnaire
    - Symptômes, histoire, tabagisme, etc.
  - Spirométrie (VEMS et CVF)
  - Auscultation
  - Prise de sang
    - IgG
  - Témoins : même ville et pairés pour âge et sexe
- Santé cutanée
  - Examen par les infirmières
  - Prise de photo des lésions
  - Examen par le dermatologue

## Analyses statistiques

- La représentation des mesures centrales des données a été faite en utilisant la moyenne  $\pm$  l'écart- type
- La comparaison entre les groupes a été faite par une analyse de la variance
- La technique de Tukey a été utilisée pour les comparaisons à posteriori entre les groupes
- Le niveau de significativité fut établi à  $P < 0,05$
- L'homogénéité des variances fut analysée à l'aide du test statistique de Levene
- L'ajustement de Satterthwaite a été utilisé dans les cas où les variances étaient significativement inégales

# Résultats

[www.ulaval.ca](http://www.ulaval.ca)



**Tableau 3: Description des usines visitées lors de l'étude**

Usine	Ville	MRC	Nombre d'employés évalués
1	Québec	Québec	2
2	Joliette	Lanaudière	7
3	Saguenay	Saguenay	2
4	Joliette	Lanaudière	16
5	Joliette	Lanaudière	9
6	Sorel	Montérégie	7
7	St-Jean-sur-Richelieu	Montérégie	3
8	Québec	Québec	3
9	Québec	Québec	2
10	Québec	Québec	2
11	Québec	Québec	4
12	Québec	Québec	5
13	Montréal	Montréal	71
14	Saguenay	Saguenay	3
15	St-Nicolas	Québec	0
16	Québec	Québec	3
17	Amos	Abitibi-T	1
18	Amos	Abitibi-T	7
19	Roberval	Saguenay	4
20	Lyster	Centre-du-Québec	10
21	Gatineau	Outaouais	13
22	Québec	Québec	21
23	Québec	Québec	3
24	Sorel	Montérégie	3
25	Québec	Québec	8

**Tableau 4: Identification des fluides utilisés aux différents sites à l'étude**

Site	Fluide	Producteur	Type
1	Cimstar 60C	Milacron	Synthétique
2	Vegetoil	Vulcan Intermac	Minéral/Végétal
3	Blasocut 2000X	Blaser Swissslube	Minéral
4	Unicool	National Chemsearch	Minéral
5	Cimtech 410C	Milacron	Synthétique
6	Chromac 2215	Chromac inc.	Semi-Synthétique
7	Cimstar 60C	Milacron	Synthétique
8	Hocut 795 FD	Houghton	Minéral
9	Hocut 795 FD	Houghton	Minéral
10	Hocut 795 FD	Houghton	Minéral
11	Oracoup 252	Orapi	Semi-Synthétique
12	Oracoup 252	Orapi	Semi-Synthétique
13	Blasocut 2000X	Blaser Swissslube	Minéral
14	Valcool VP700	Valenite	Semi-Synthétique
15	Valcool VP700	Valenite	Semi-Synthétique
16	WS-5050	Rustlick	Minéral
17	Solumag 1000	Magnus	Minéral
18	Solumag 1000	Magnus	Minéral
19	Blasocut 2000X	Blaser Swissslube	Minéral
20	Blasocut 2000X	Blaser Swissslube	Minéral
21	Blasocut 2000X	Blaser Swissslube	Minéral
22	B-Cool 655	Blaser Swissslube	Minéral
23	B-Cool 655	Blaser Swissslube	Minéral
24	B-Cool 655	Blaser Swissslube	Minéral
25	Blasocut 2000X	Blaser Swissslube	Minéral
26	WS-5050	Rustlick	Minéral
27	Valcool VP700	Valenite	Semi- Synthétique
28	Valcool VP700	Valenite	Semi- Synthétique
29	Hocut 795 FD	Houghton	Minéral
30	Hocut 795 FD	Houghton	Minéral
31	Cimstar 700	Milacron	Semi- Synthétique
32	Cimstar 700	Milacron	Semi- Synthétique
33	Valcool VP700	Valenite	Semi- Synthétique
34	Valcool VP700	Valenite	Semi- Synthétique
35	Blasocut BC40NF	Blaser Swissslube	Minéral
36	Blasocut BC40NF	Blaser Swissslube	Minéral
37	Blasocut BC40NF	Blaser Swissslube	Minéral
38	Vasco 1000	Blaser Swissslube	Semi- Synthétique
39	Trim C270	Master Chemical Corporation	Synthétique
40	Blasocut 4000 strong	Blaser Swissslube	Minéral
41	Valcool VP700	Valenite	Semi- Synthétique
42	Chemcool 2000		Synthétique
43	Chemcool 2000		Synthétique
44	S500	Hangsterfer's	Minéral

## Bactéries et moisissures dans les fluides

- 44 fluides de 25 ateliers
- Bactéries totales: ND à  $10^9$  16S/ml (médiane  $10^8$ )
- Bactéries cultivables: ND à  $10^9$ /ml (médiane  $10^7$ )
- Majorité des isolats: espèces de *Pseudomonas*
- *M. immunogenum*: seulement dans 2 échantillons
- *Fusarium* présent dans 24/44 fluides

# Bactéries: DGGE

**Tableau 6: Affiliation des différents ribotypes retrouvés dans les profils DGGE réalisés avec les échantillons de fluides de coupe.**

Ribotypes	Fréquence (sur 44)	Identité des bandes DGGE	pb	% similarité
1	3	<i>Chryseobacterium</i> sp. EF540483	526	97,0
2	33	<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i> EU815635	522	100
3	32	<i>Ochrobactrum anthropi</i> FJ374126	496	98,6
4	1	<i>Cupriavidus gilardii</i> AY860227	508	99,4
5	4	<i>Sphingomonas paucimobilis</i> EU931555	519	99,6
6	17	<i>Ochrobactrum</i> sp. DQ486949	508	99,8
7	4	<i>Acidovorax</i> sp. AJ277707	518	97,9
8	8	<i>Clostridium sticklandii</i> M26494	485	97,1
9	4	<i>Brevundimonas diminuta</i> FJ266339	508	99,6
10	14	<i>Comamonas terrigena</i> AJ430343	516	100
11	15	<i>Bacillus</i> sp. EU004568	520	99,8
12	5	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> EU239195	533	93,0
13	2	<i>Mycobacterium immunogenum</i> AJ812215	518	100
14	1	<i>Methylobacterium extorquens</i> EU855844	506	99,8

# Bioaérosols

**Tableau 8: Fréquence et affiliation des isolats de bactéries aéroportées issues des échantillons d'air des ateliers d'usinage**

Affiliation de l'isolat	pb	% Identité	Fréquence (sur 44)	Exemples d'habitats cités dans la littérature
<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i> FJ418771	517-811	94,2-100	13	Sinus humains, piscines, eau, sol, FC
<i>Arthrobacter</i> sp. DQ667118	465-927	85,0-100	10	Sol
<i>Rhodococcus</i> sp. EU016150	584-829	95,5-100	10	Sol, FC
<i>Brevundimonas diminuta</i> FJ266339	687-881	99,9-100	9	Eau, FC
<i>Psychrobacter</i> sp. FJ546058	609-831	97,4-100	9	Eau de mer, sol, poissons
<i>Ochrobactrum</i> sp. DQ486949	679-801	99,2-100	7	Sol, FC
<i>Citrobacter freundii</i> FJ542329	503-699	93,7-99,9	6	Eau, Égouts, Sol, FC
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> EU239210	499-751	93,1-100	6	Sol, flore humaine, FC
<i>Micrococcus luteus</i> EU418716	451-831	94,2-99,8	5	Peau mammifères, FC
<i>Kocuria</i> sp. AM990819	501-668	99,2-99,7	4	Sol, nourriture, FC
<i>Pseudomonas mendocina</i> EU395787	579-699	99,0-100	3	Sol, eau
<i>Paenibacillus illinoisensis</i> AB073192	645-715	96,3-99,7	3	Sol
<i>Sphingomonas paucimobilis</i> EU931555	583-709	99,3-100	3	Ubiquitaire, FC
<i>Microbacterium</i> sp. AB330407	609-726	88,0-100	3	Ubiquitaire
<i>Pseudomonas fluorescens</i> FJ147200	651-758	86,0-100	2	Ubiquitaire, bioaérosols d'ateliers d'usinage, FC
<i>Staphylococcus epidermidis</i> FJ613577	276-526	94,9-100	2	Peau humaine

12 à 520 UFC/m<sup>3</sup>

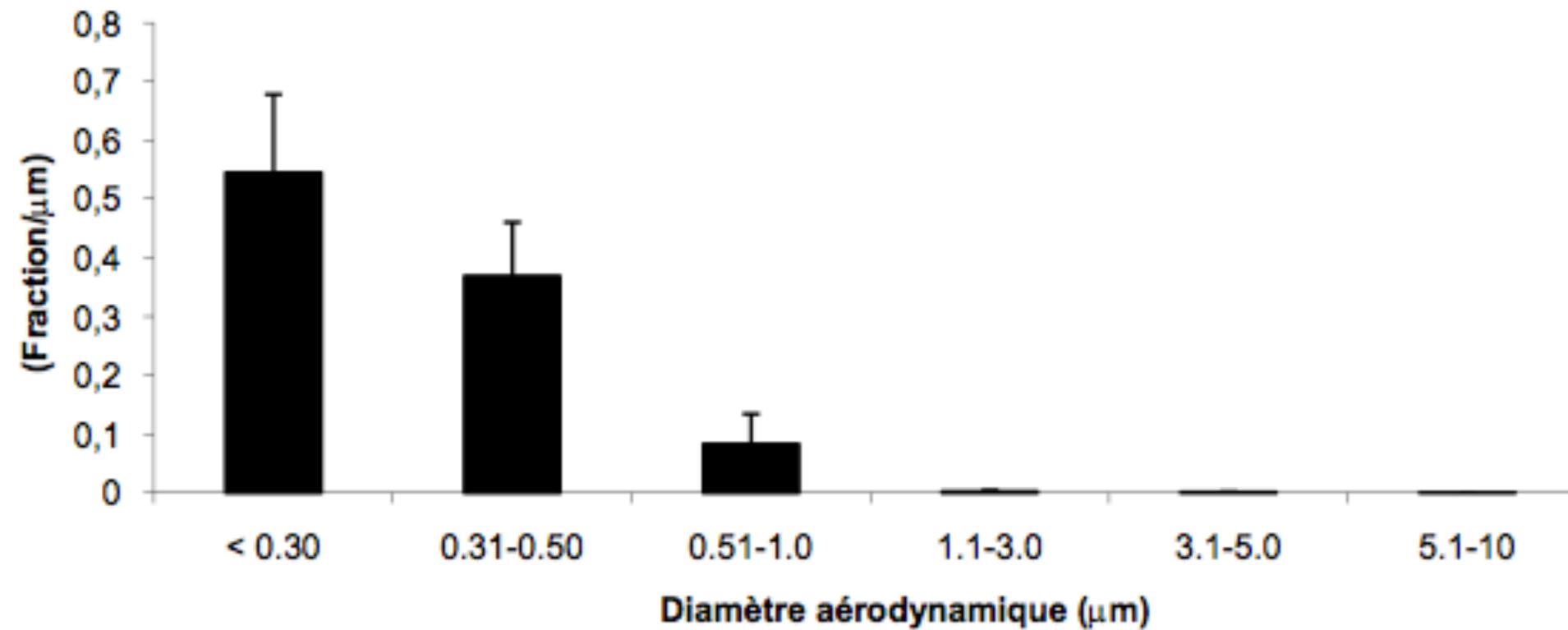
## Moisissures, endotoxines et brouillards d'huile

- À l'exception de l'usine #4 (220 à 17 000 UFC/m<sup>3</sup>), les concentrations de moisissures: 7 à 630 UFC/m<sup>3</sup>
- Endotoxines: ND à 186 EU/m<sup>3</sup>, médiane 25 EU/m<sup>3</sup>
- Brouillards: 0,02 à 0,89 mg/m<sup>3</sup>, soit bien en dessous des limites d'expositions de 5 mg/m<sup>3</sup>

## Changements d'air et poussières

- Seulement 9 sites respectaient la recommandation ACGIH de 4 changements d'air à l'heure
- Entre 0,6 et 14
- Aucune corrélation entre ce paramètre et les autres
- Poussières inhalables: sous le seuil recommandé ( $10 \text{ mg/m}^3$ ): ND à  $2,6 \text{ mg/m}^3$

# Particules



**Figure 2: Fractions des concentrations de particules totales dans l'air pour chaque intervalle de grosseurs aérodynamiques mesurées à l'aide du compteur de particules MetOne.**

## Population étudiée

- 209 travailleurs (2F:207H)
- 205: positifs pour contact avec les fluides (4 omissions)
- Moyenne d'heures travaillées: 23 769
  - 195 machinistes
  - 1 opérateur
  - 1 huileur
  - 1 soudeur
  - 6 étudiants
  - 5 techniciens
- Age moyen: 38 (18-61)
- Tabagisme: 48% (53 fumeurs, 47 anciens fumeurs)

# Santé respiratoire

**Tableau 9: Symptômes respiratoires actuels chez les travailleurs**

		tabac	pas de tabac
Symptômes respiratoires actuels	27/209	15	12
Symptômes s'améliorent après le travail	16/27		

**Tableau 10: Symptômes reliés au travail chez les travailleurs**

		tabac	pas de tabac
dyspnée reliée au travail	8/209	6	2
	1 non-répondant		
sibilance reliée au travail	21/209	12	9
	1 non-répondant		
fièvre ou frissons	24/209	9	15
	1 non-répondant		

# Toux

- 59 avec pb de toux

**Tableau 11: Toux chez les travailleurs**

		tabac	(%)	pas de tabac	(%)	total	risque relatif
toux le matin l'hiver	41/209	27	12,92	14	6,70	19,62	2,10
toux le matin l'été	22/209	17	8,13	5	2,39	10,53	3,71
toux le jour l'hiver	41/209	30	14,35	11	5,26	19,62	2,97
toux le jour l'été	23/209	17	8,13	6	2,87	11,00	3,69
bronchite chronique	18/209	16	7,66	2	1,96	8,61	8,72

## Anticorps

- *Fusarium monoliforme*, *F. solani*, mycobactéries, *Pseudomonas*
- Plus de travailleurs sensibilisés à *Pseudomonas* que de contrôles

Groupe	Cotes d'anticorps pour <i>Pseudomonas</i>		
	0-1	2-3-4	Total
Témoins (%)	62 (95,4)	3 (4,6)	65
Travailleurs (%)	164 (83,7)	32 (16,3)	196
Total	226	35	261

Cotes manquantes : 13

$p = 0,0259$

# Spirométrie

- CVF, VEMS, Tiffeneau (VEMS/CVF)
- 7 valeurs MPOC (2 légères, 4 modérés, 1 sévère)
- Aucun syndrome restrictif
- Corrélation significative entre moisissures et Tiffeneau
- Corrélations inexplicables entre poussières et spirométries (corrélations inverses): sélection?

# Spirométrie

**Tableau 16 : Corrélation de Spearman entre les valeurs de spirométrie et les décomptes des bioaérosols**

Spirométrie		Décomptes						
		bactéries totales dans l'air (culture)	Moisissures dans l'air (culture)	Bactéries totales dans les fluides		Moisissures dans les fluides (culture)	Poussières inhalées	Brouillard d'huile
				(culture)	(PCR)			
CVF	corrélation	-0,29217	0,18874	-0,09176	-0,11739	-0,14526	0,48617	0,11785
	p	0,1659	0,3884	0,6698	0,5849	0,4983	0,0187	0,5834
VEMS	corrélation	-0,19565	0,19862	-0,08698	-0,09478	-0,22097	0,50395	0,17743
	p	0,3595	0,3636	0,6861	0,6595	0,2994	0,0142	0,4069
TIFF	corrélation	0,09478	0,00395	0,17526	0,04261	-0,42961	-0,03063	-0,02653
	p	0,6595	0,9857	0,4127	0,8433	0,0362	0,8896	0,9021

# Dermatologie

**Tableau 12: Impact dermatologique chez les travailleurs  
(Problèmes aux doigts, mains, poignets avant-bras ou  
visage)**

Rougeur ou enflure	58/209
Fissure ou gerçure	89/209
Dessèchement, cloches d'eau, peau pèle	68/209
Démangeaisons	78/209
Douleur	22/209
<b>Total de personnes avec problèmes cutanées</b>	<b>137/209</b>
Problèmes s'améliorent lors d'arrêt de travail	88/209

**Tableau 13: Protections cutanées utilisées**

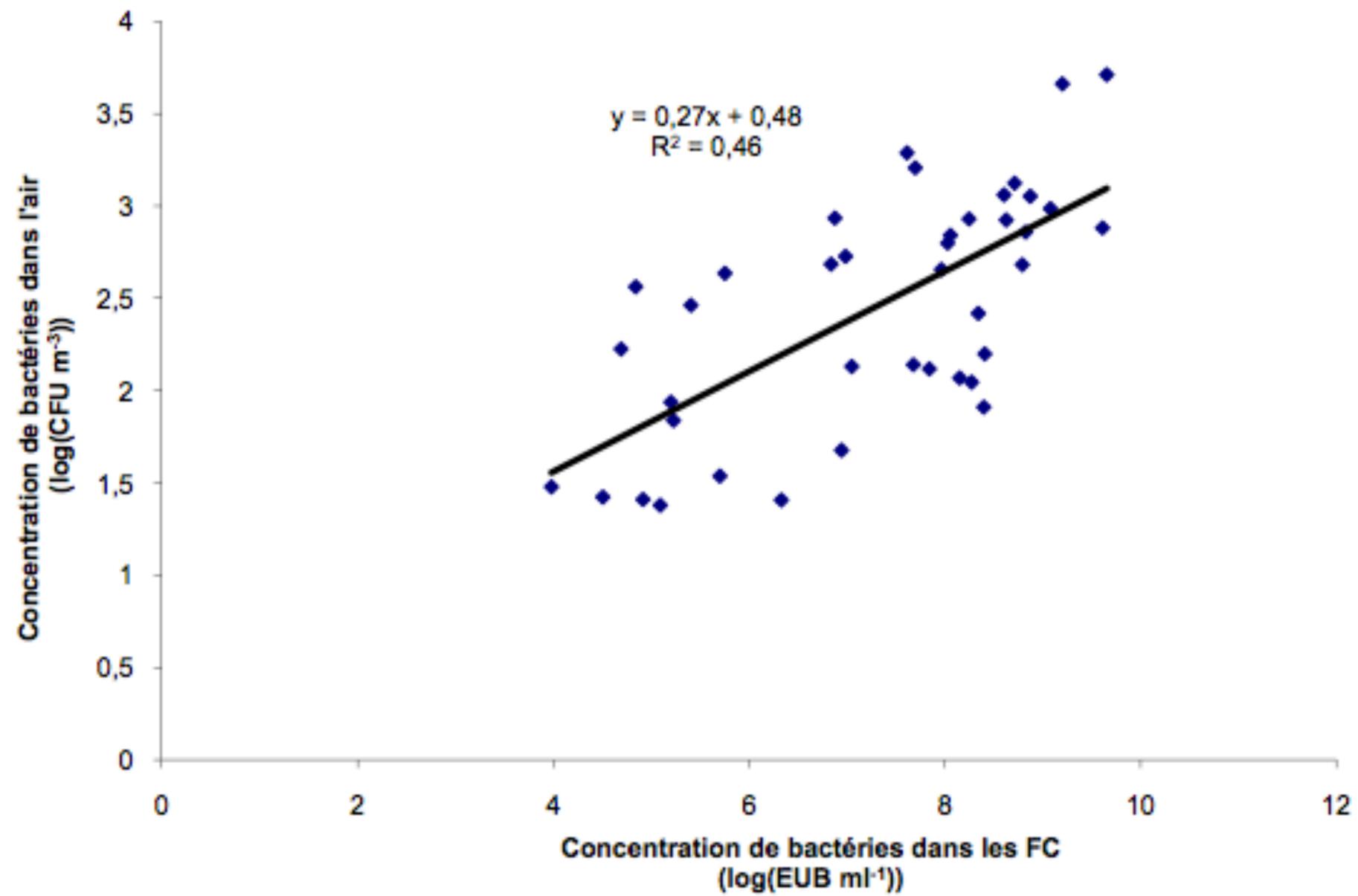
<b>Total de personnes avec problèmes cutanées</b>	<b>137/209</b>	
Utilisation de gants imperméables	OUI	42
	NON	95
	non répondant	2
Utilisation de crème protectrice	OUI	53
	NON	74
	non répondant	1

# Dermatologie

- 13 travailleurs avec lésions
- 1 seul avec diagnostic de dermatite de contact

## Discussion

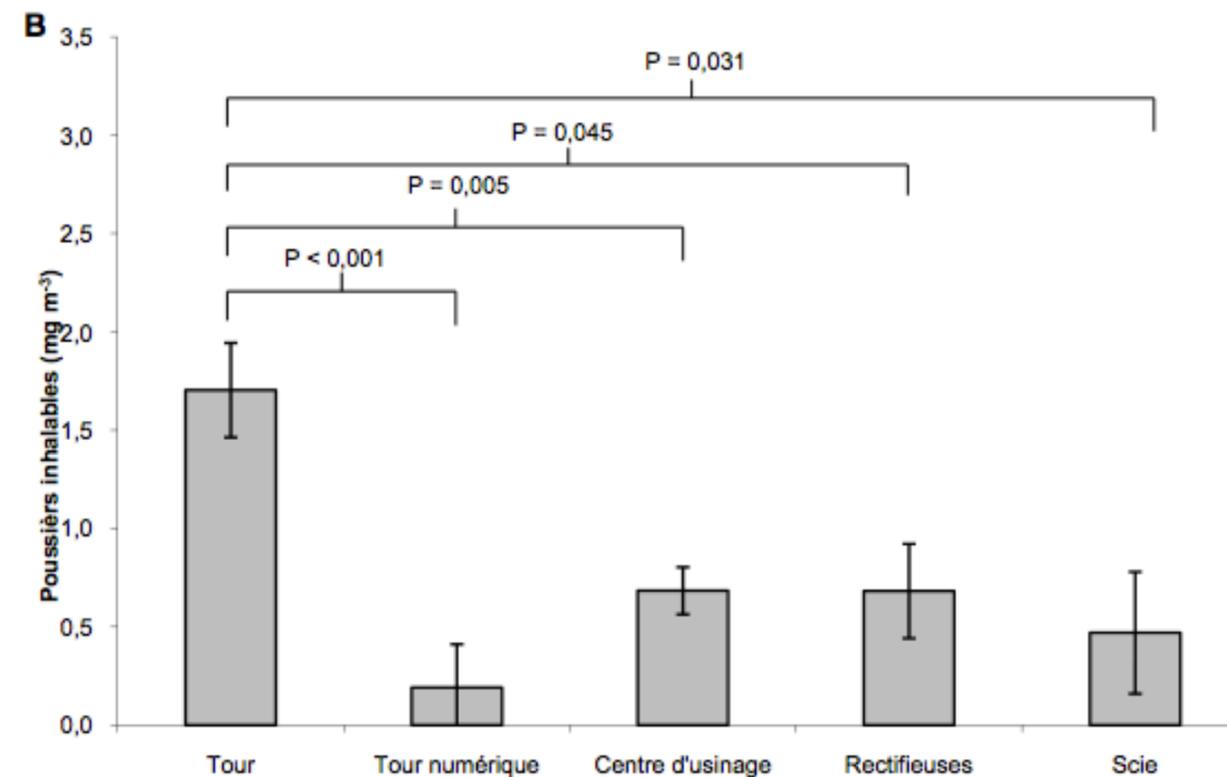
- Application de méthodes complémentaires à la culture
- PCR: révèle plus de bactéries dans les fluides que la culture (5 logs)
- *Pseudomonas* est le genre le plus fréquemment retrouvé, sans égard au type de fluide, de machine ou de site (52% des sites en culture et 77% en DGGE) et aussi le plus fréquent dans l'air
  - Endotoxines
- *M. immunogenum*: dans 2 fluides d'un même atelier: PCR (culture seulement 1 échantillon)
- Microscopie à fluorescence: non applicable à cause du bruit de fond
- Corrélation entre bactéries du fluide et de l'air



**Figure 3 : Relation entre la concentration de bactéries cultivables trouvées dans l'air et les bactéries totales dans les FC quantifiées par PCR quantitative**

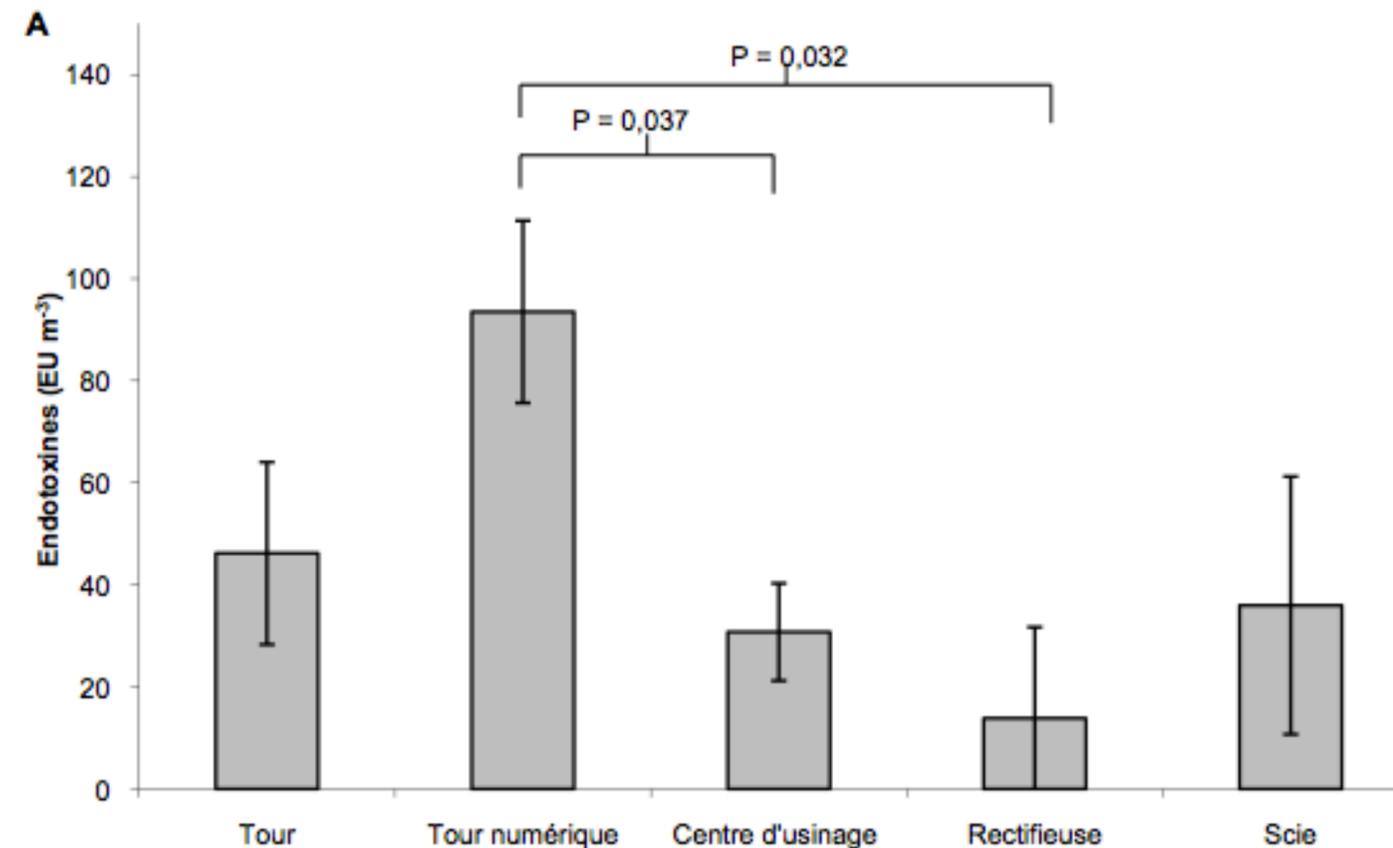
## Discussion (suite)

- Concentration de moisissures similaires aux études précédentes ( $<1000$  UFC/m<sup>3</sup>)
- Concentrations de poussières inhalables similaires aux études précédentes mais plus élevées au tour d'usinage: confinement et air comprimé



**Figure 4 : Comparaison entre les concentrations de poussières inhalables en fonction des différents types d'équipements utilisés pour la transformation du métal (Tour n=6; Tour numérique n=6; Centre d'usinage n=21; Rectifieuse n=6, Scie n=3).**

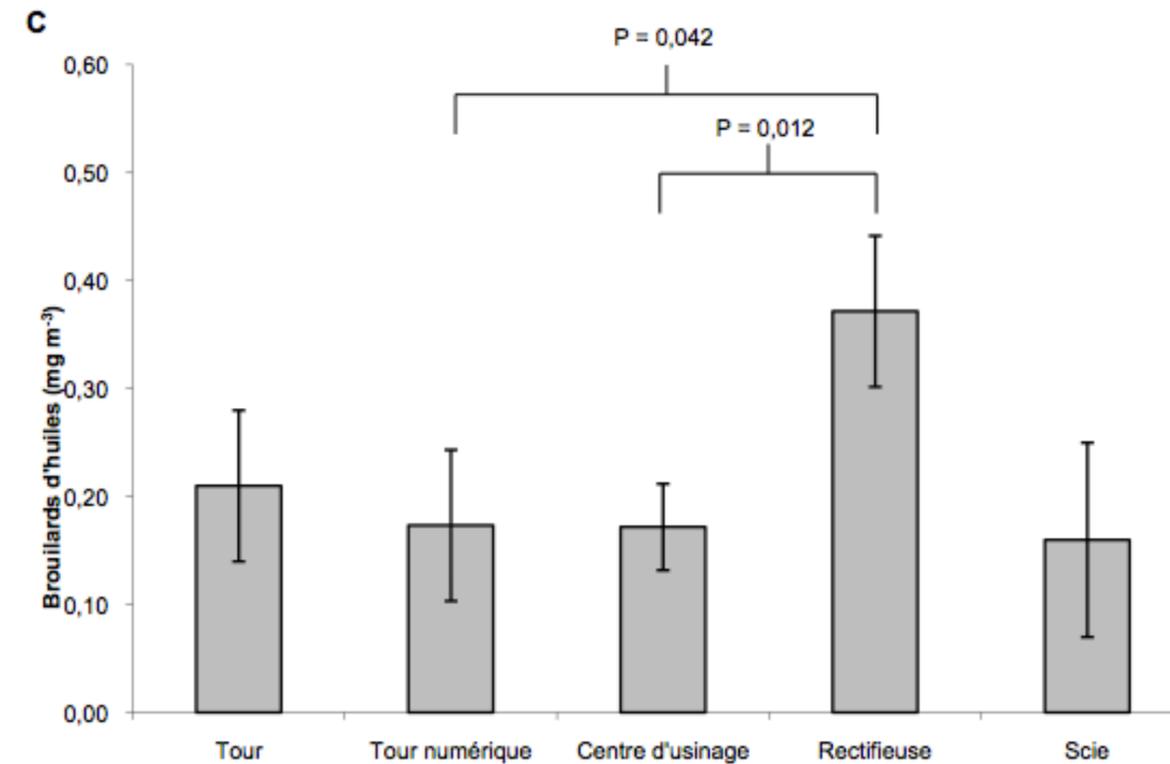
- Endotoxines: pas de corrélation avec les bactéries et concentrations faibles;  
Tour numérique: concentrations plus élevées



**Figure 5 : Comparaison entre les concentrations d'endotoxines en fonction des différents types d'équipements utilisés pour la transformation du métal (Tour n=6; Tour numérique n=6; Centre d'usinage n=21; Rectifieuses n=6, Scie n=3).**

## Discussion (suite)

- Brouillards d'huile: 0,22 mg/m<sup>3</sup>
- Pas de lien avec le confinement des machines: taille des particules et des méthodes d'échantillonnage



**Figure 6 : Comparaison entre les concentrations de brouillards d'huile en fonction des différents types d'équipements utilisés pour la transformation du métal (Tour n=6; Tour numérique n=6; Centre d'usinage n=21; Rectifieuse n=6, Scie n=3).**

## Discussion (suite)

- Santé des travailleurs: population recrutée représentative des travailleurs du Québec (PME)
- Aucun cas d'alvéolite allergique et 7 patients MPOC (plus sévères avec histoire de tabac)
- Toux en période hivernale: manque d'aération, humidité, infections
- 34 travailleurs: troubles respiratoires en lien avec le travail

# Applicabilité

- Des concentrations importantes de microorganismes furent observées dans la plupart des échantillons de fluide (jusqu'à  $10^9$  totales et cultivables)
  - Un entretien des systèmes et des changements dans les types de fluides sont essentiels. Le suivi régulier de la contamination microbienne demeure une action très importante
- Les concentrations de *Mycobacterium immunogenum* étaient significatives seulement dans 2 échantillons.
  - Il est très important d'effectuer le dépistage précoce de *M. immunogenum*, car lorsque cette bactérie est présente, elle domine la microflore.
- *Pseudomonas pseudoalcaligenes* et ses proches parents ont été observés dans une grande proportion de fluides
  - Les bactéries à gram négatif sont les colonisateurs principaux des fluides. L'exposition aux endotoxines et aux pathogènes opportunistes est à surveiller chez les travailleurs.

- Malgré des fluides fortement colonisés, la qualité microbiologique de l'air était très bonne (max de 5 000 UFC bactéries /m<sup>3</sup> d'air et très peu de moisissures)
  - Les conditions de ventilation et de machinage ne semblent pas générer beaucoup de bioaérosols.
- Les taux de changements d'air des bâtiments visités étaient pour la plupart sous le standard recommandé (RSST, 2008) de quatre changements d'air par heure
  - Un suivi rigoureux des normes de ventilation est recommandé ainsi l'utilisation de systèmes de ventilation locale d'aspiration à la source.
- Les poussières inhalables étaient sous les limites d'expositions suggérées par l'ACGIH
  - Les usines de machinage ne présentent pas de problématique de poussières

- Les poussières inhalables étaient significativement plus élevées en présence des tours d'usinage conventionnels lorsque comparées aux autres types d'équipements
  - Cette observation est probablement due au manque de confinement de ces appareillages. On remarque aussi que les équipements les mieux confinés (tours numériques et centre d'usinage) génèrent moins de poussières inhalables. Il semble donc qu'un meilleur confinement et l'élimination de l'utilisation de l'air comprimé pourraient être des mesures pour réduire les concentrations de poussières inhalables
- La taille des aérosols générés se situe dans l'intervalle des particules respirables
  - Sachant que les particules générées sont très petites, il est important de maintenir des taux d'exposition bas

- Les concentrations en endotoxines et en brouillards d'huile étaient plus faibles que ce qui a été décrit dans la littérature pour ce genre d'environnement
  - Le maintien des bonnes conditions de ventilation et de confinement des appareils assure la faible contamination par les endotoxines et les huiles
- Des 137 travailleurs ayant déclaré des problèmes cutanés au questionnaire, seulement 42 d'entre eux faisaient usage de gants imperméables (30%) et 53 de crème protectrice (38%)
  - Il est très important d'appliquer les méthodes de protection cutanée de base (gants et crème protectrice)
- Un seul travailleur s'est vu diagnostiquer par le dermatologue une pathologie cutanée possiblement reliée au travail (dermatite de contact irritative ou allergique)
  - Ce nombre est très encourageant et suggère que les travailleurs du Québec ne présentent pas de lésions importantes liées au travail avec les fluides de coupe

- Sept travailleurs correspondaient à des valeurs de MPOC, dont 2 légères, 4 modérées et une sévère. Aucune spirométrie ne rencontrait les critères de syndrome restrictif
  - Le tabagisme important chez cette population de travailleurs explique ces observations
- Une corrélation faible mais statistiquement significative ( $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,46$ ) fut observée entre les concentrations de bactéries présentes dans les fluides et dans l'air
  - Ceci suggère que la concentration de bactéries dans les FC peut influencer le degré d'exposition des travailleurs

- *Il semble que les tours à contrôles numériques produisent une plus grande quantité d'endotoxines que les autres types d'équipements servant à la transformation du métal. Par contre, la différence est seulement significative lorsque comparée aux centres d'usinage numérique et aux rectifieuses*
- *Des corrélations significatives inattendues se sont également produites lorsque les CVF et VEMS ont été associés aux valeurs de poussières inhalées. Effectivement, selon les données obtenues, une augmentation de poussières inhalées augmenterait de façon statistiquement significative les valeurs de CVF et de VEMS*

## Retombées

- Cette étude permet de faire la lumière sur la santé respiratoire, cutanée et l'exposition des travailleurs en contact avec les fluides de coupe de métaux au Québec. Bien que non exhaustive, cette étude se voulait une première et a permis de cibler les forces et les faiblesses de cette industrie très importante. Les résultats pourront servir de base de comparaison de la salubrité des fluides et du suivi de l'hygiène du travail.

## Publications

- Gilbert Y, Veillette M, Duchaine C. (2009) Metalworking fluids biodiversity characterization. J Appl Microbiol. 2010 Feb;108(2):437-49
- Gilbert Y, Veillette M, Mériaux A, Lavoie J, Cormier Y, Duchaine C. (2010) Metalworking Fluids Related Aerosols in Machining Plants. J Occup Environ Hyg. 2010 May;7(5):280-9 *\*BEST PAPER AWARD, MICHIGAN INDUSTRIAL HYGIENE SOCIETY 2010*
- Duchaine C, Touzel C, Mériaux A, Poulin Y, Sasseville D, Veillette M and Cormier Y. Health status of machining workers in Eastern Canada: low response despite important fluid contamination (en préparation)

- Gilbert Y, Veillette M, Lavoie J, Cormier Y, Duchaine C (2009). Workers' Exposure to Bioaerosols from Soluble Metalworking Fluids. American Thoracic Society San Diego, May 2009.
- Veillette M, Gilbert Y, Touzel C, Mériaux A, Lavoie J, Cormier Y, Duchaine C (2009). Exposition des travailleurs Québécois aux Fluides de coupes de métaux. Réunion annuelle conjointe Association des pneumologues de la province de Québec et Réseau en santé respiratoire du FRSQ, Montréal, novembre 2009.
- Duchaine C, Veillette M and Gilbert Y (2008). Comparison of Molecular Biodiversity approaches and Culture for Microbial Characterization of Metalworking Fluids. 3rd Symposium on the Assessment and Control of Metal Removal Fluids, Dearborn, MI October 5-8 2008
- Gilbert Y, Veillette M, Duchaine C (2008). Metalworking Fluid Biodiversity Comparison by Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. American Society for Microbiology 108th General Meeting, Boston, MA June 1-5 2008.

## Remerciements

- Usines et travailleurs
- Infirmières de recherche: Mylène Duchaine et Joanne Talbot
- Yves Beaudet et Claude Létourneau (IRSST)
- Serge Simard, biostatisticien
- Yan Gilbert: Réseau en santé respiratoire FRSQ
- Caroline Duchaine: Chercheure boursière Junior 2