Évaluation de la biomasse mycologique sur les surfaces des réseaux aérauliques des systèmes de ventilation

Geneviève Marchand
Jacques Lavoie et Yves Cloutier
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité au travail

Maximilien Debia
École de santé publique, Université de Montréal,
Institut de recherche en santé publique de l'Université de Montréal (IRSPUM)

Rendez-vous de la science

Mise en contexte

- 80 % à 90 % du temps à l'intérieur
- 34 % pollution intérieure : origine biologique

Système CVCA mal entretenu

Accumulation de poussière déposée

Source de nutriments

Croissance microorganismes

Remise en suspension des poussières :
bactéries, moisissures, virus, mites de poussières ou sous-produit

Effets à la santé
Syndrome des édifices hermétiques
rhinite
fièvre des humidificateurs
asthme
pneumonie d'hypersensibilité

Mandal et Brandl 2011
Ager et Tickner 1983; Ahearn *et al.* 1996; Mendell *et al.* 2003; Krauter et Biermann 2007

Mise en contexte

Nettoyage des conduits de ventilation

Essentiellement

✓ Inspection visuelle du dépôt de poussières

Occasionnellement

✓ Méthode gravimétrique (poussières déposées)

		Critère	
		Déclenchement (mg/100cm²)	Post nettoyage (mg/100cm²)
NADCA (2006)	(post-nettoyage)		0,75
Rask 2002 (NADCA ACR 2002)		20	
Nordic ventilation group (1993)	Risk factor (dust)	2 à 5	
Italie, Angleterre, Suède, Japon		10	
ASPEC (2012)	FiSIAQ (Finlande 2008)	20 à 50	5 (2001)
	COSTIC (France 2009)	4	1

Rask 2002, Carletti 2003, Lavoie *et al.* 2010

Mise en contexte

Nettoyage des conduits de ventilation

	Critère (UFC/g)
NADCA 92-01 et Liguria Italie 2002	15 000
Rask *et al.* 2002 (NADCA ACR 2002)	10^5 -10^6
Nordic ventilation group 1993	3 000

Rarement

✓ **Charge mycologique dans les poussières (biomasse mycologique)**

Rask 2002, Carletti 2003, Lavoie *et al.* 2010

Objectifs

- Rendre disponible une **méthode de prélèvement** des poussières déposées **adaptée** à l'évaluation de la biomasse mycologique
- Mettre au point, valider et comparer une ou des méthodes analytiques **d'évaluation de la biomasse** mycologique

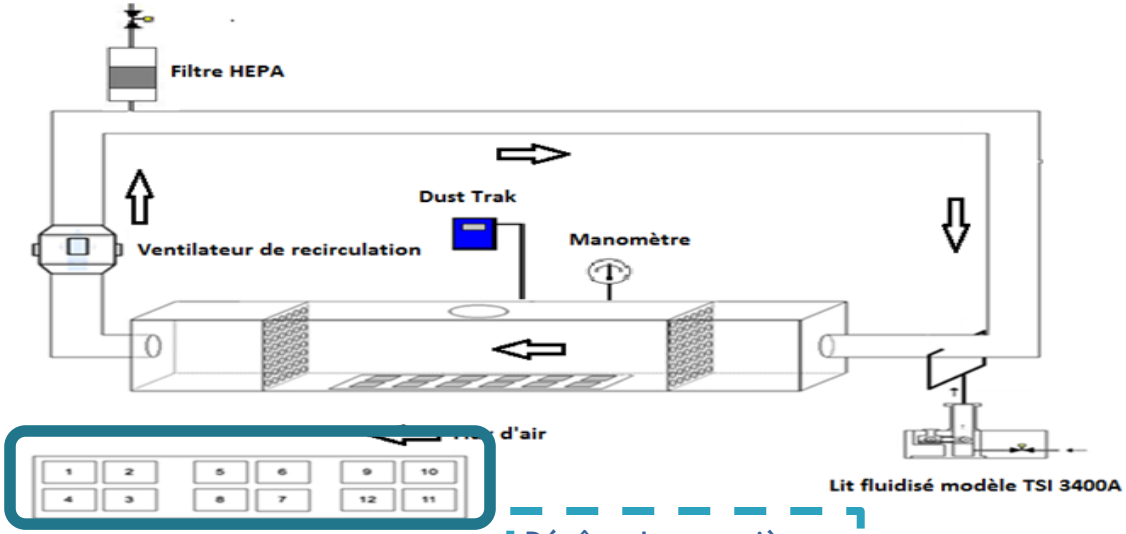
Méthodologie

Première partie

➢ **Échantillonnage** des poussières sur surface

- Enceinte d'exposition

Masse de poussière déposée CONNUE



Lit fluidisé modèle TSI 3400A

Dépôts de poussière contrôlés et uniformes

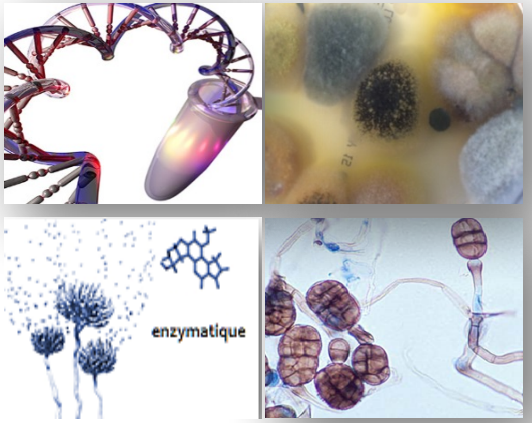
Méthodologie

PREMIÈRE PARTIE

- ➢ **Échantillonnage** des poussières sur surface
  - Enceinte d'exposition

DEUXIÈME PARTIE

- ➢ Méthodes **analytiques** (biomasse mycologique)
  - Mise au point (4 méthodes)
  - Enceinte d'exposition



Méthodologie

Première partie

- ➢ **Échantillonnage** des poussières sur surface
  - Enceinte d'exposition

Deuxième partie

- ➢ Méthodes **analytiques** (biomasse mycologique)
  - Mise au point (4 méthodes)
  - Enceinte d'exposition

Troisième partie

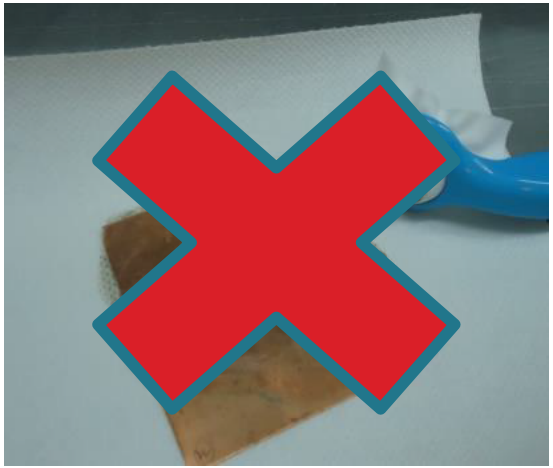
- ➢ En **situations réelles**
  - 300 échantillons

Usines, hôpitaux, CLSC et centres d'hébergement, établissements scolaires, tours à bureaux

Résultats

Première partie

➢ **Échantillonnage** des poussières sur surface



Méthode par essuyage

Saturation rapide

Élimination du projet

Résultats

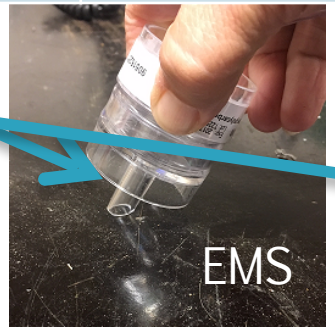
Première partie

➢ **Échantillonnage** des poussières sur surface

Méthode	Effectif	Moyenne (Écart-type)
		mg
ASPEC	12	0,42 (0,27)
EMS	12	1,07 (0,22)

X 2,5

Embout rigide incorporé
vs
Tygon® flexible coupé
pour chaque utilisation

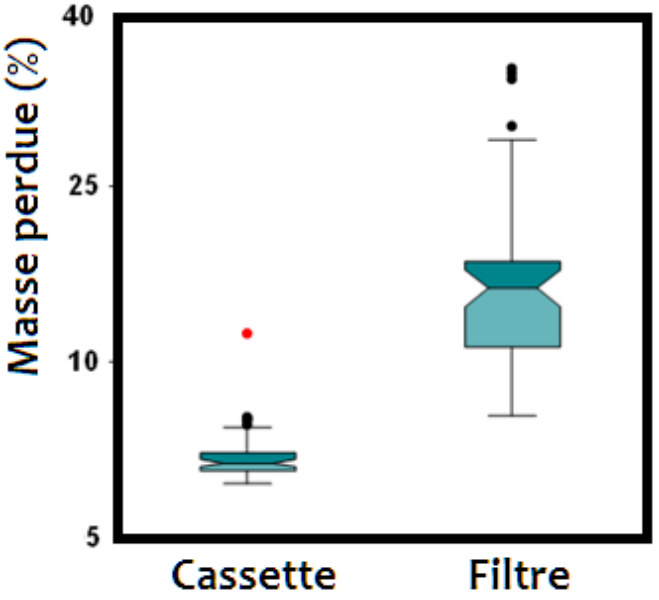


Lavoie *et al.* 2007-2010

Résultats

Première partie

➢ **Échantillonnage** des poussières sur surface

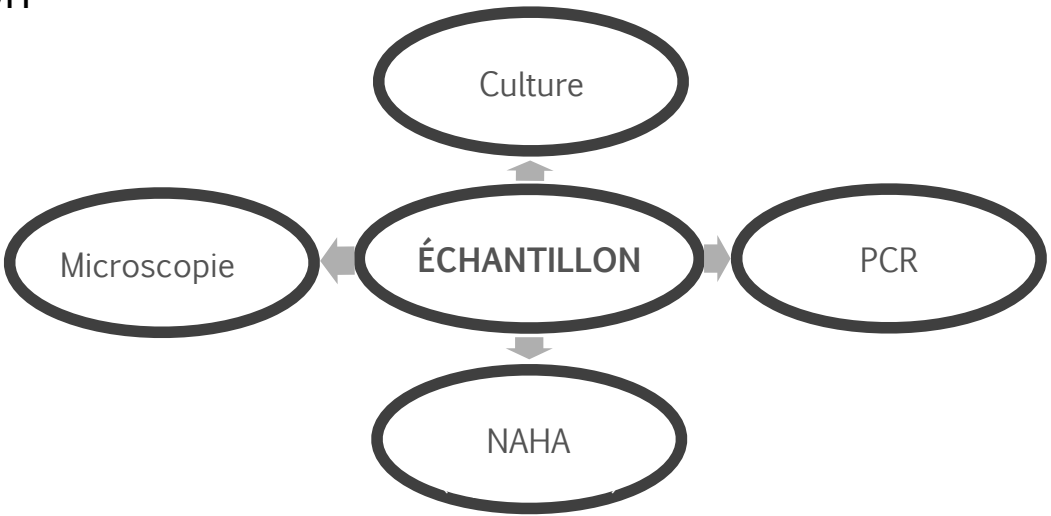


Résultats

DEUXIÈME PARTIE

➢ Méthodes **analytiques** (biomasse mycologique)

- Mise au point (4 méthodes)
- Enceinte d'exposition



Résultats

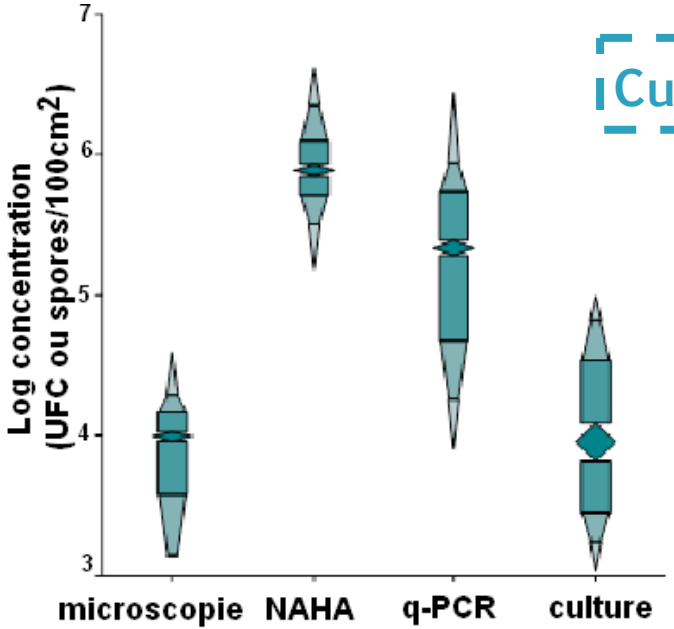
Deuxième partie

Méthode	LD	Réplicabilité (%)	Répétabilité (%)
Culture (UFC/100 cm²)	120	12	11
Filtre (spores/100 cm²)	1 980	4,7	9,6
Mycomètre (spores/100 cm²)	218 000	5,6	15,4
PCR (spores/100 cm²)	132	1,3	1,4

Meilleures performances = PCR

Résultats

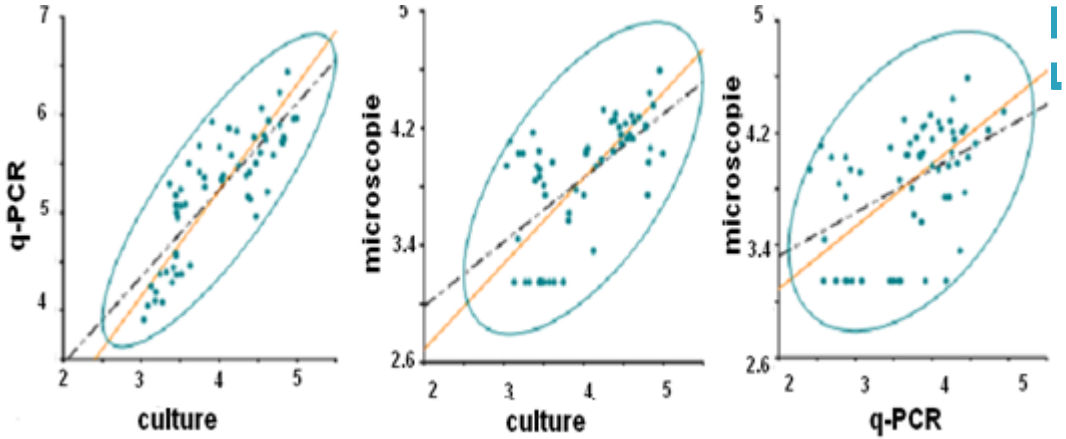
Deuxième partie



Culture ≈ Filtre < PCR < Mycometer

Résultats

DEUXIÈME PARTIE



Meilleure corrélation
Culture et q-PCR
r=0,83

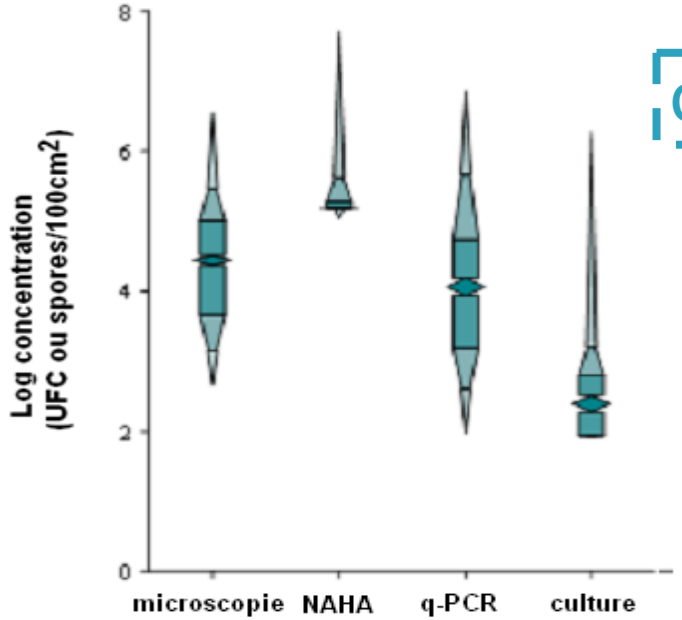
Résultats

TROISIÈME PARTIE

- En **situations réelles**
  - 300 échantillons

Résultats

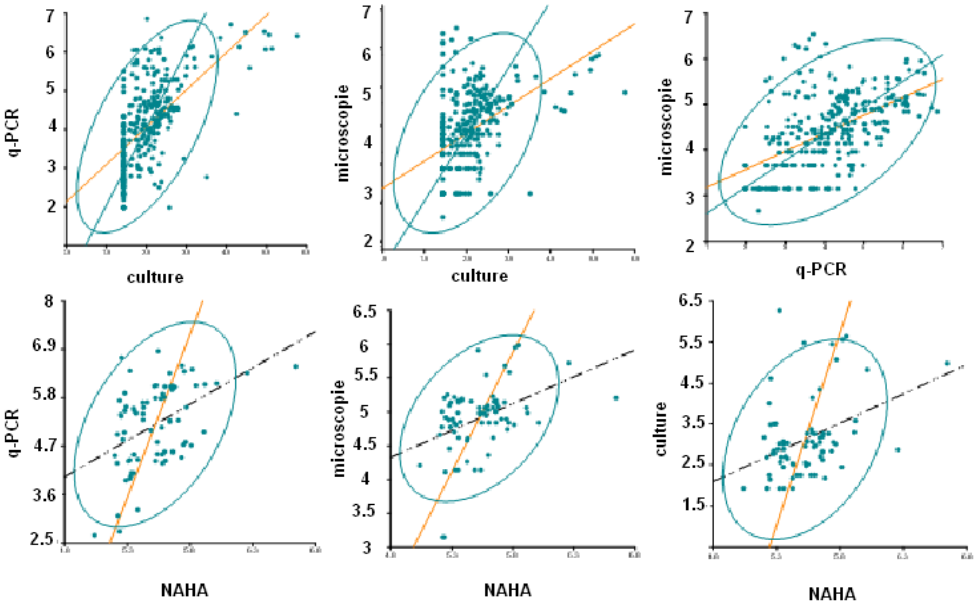
TROISIÈME PARTIE



Culture < PCR< Filtre < Mycometer

Résultats

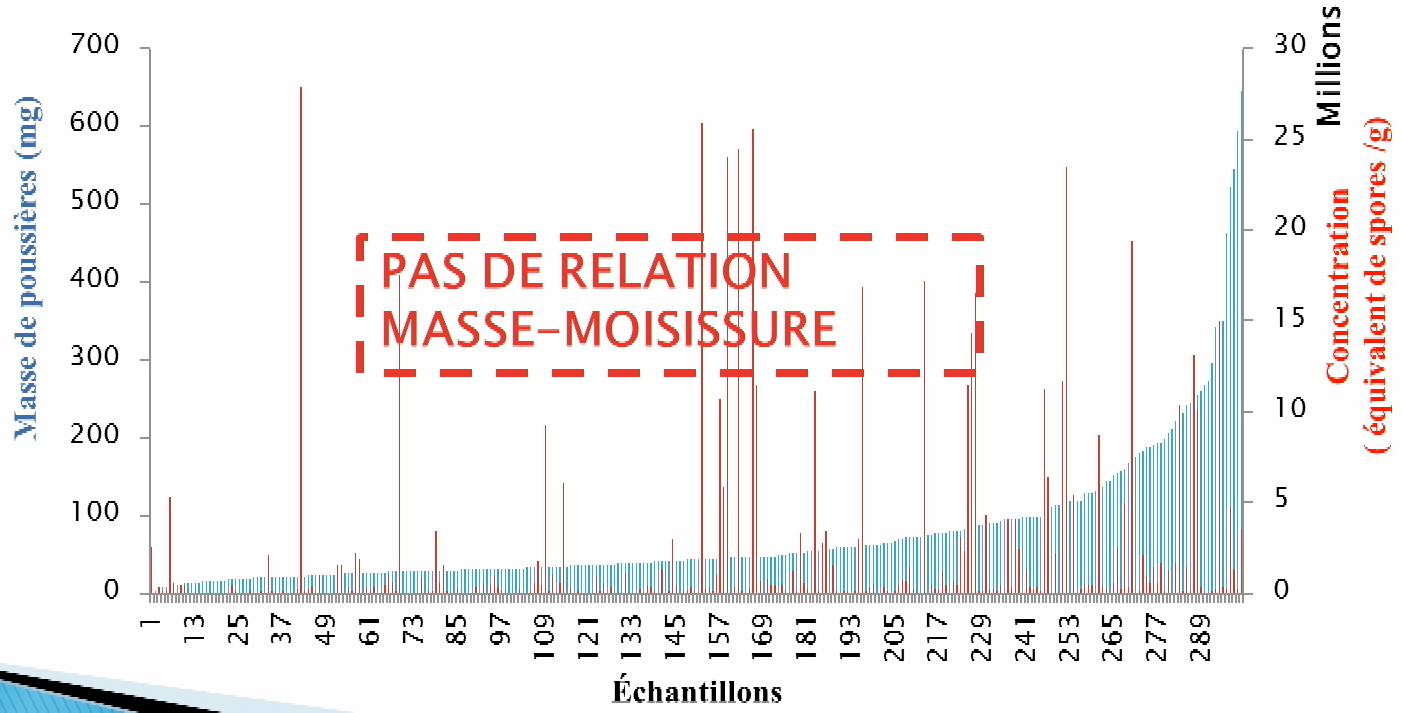
TROISIÈME PARTIE



Meilleure corrélation
Culture et q-PCR
r=0,65

Résultats

Troisième partie



Discussion

Méthode de prélèvement

Méthodologie enceinte et plaques de cuivre

- ✓ **Quantifier les pertes de façon absolue**

Filtre seulement : 13,6 %

Cassette intégrale : 1,4 %

Pertes sur parois rapportées : 13 à 45 %

Holopainen *et al.* 2002; Ashley *et al.* 2007; Hee *et al.* 1985
Reynolds *et al.* 1997; Ashley *et al.* 2007; Ashley *et al.* 2009

Discussion

Méthode d'analyse

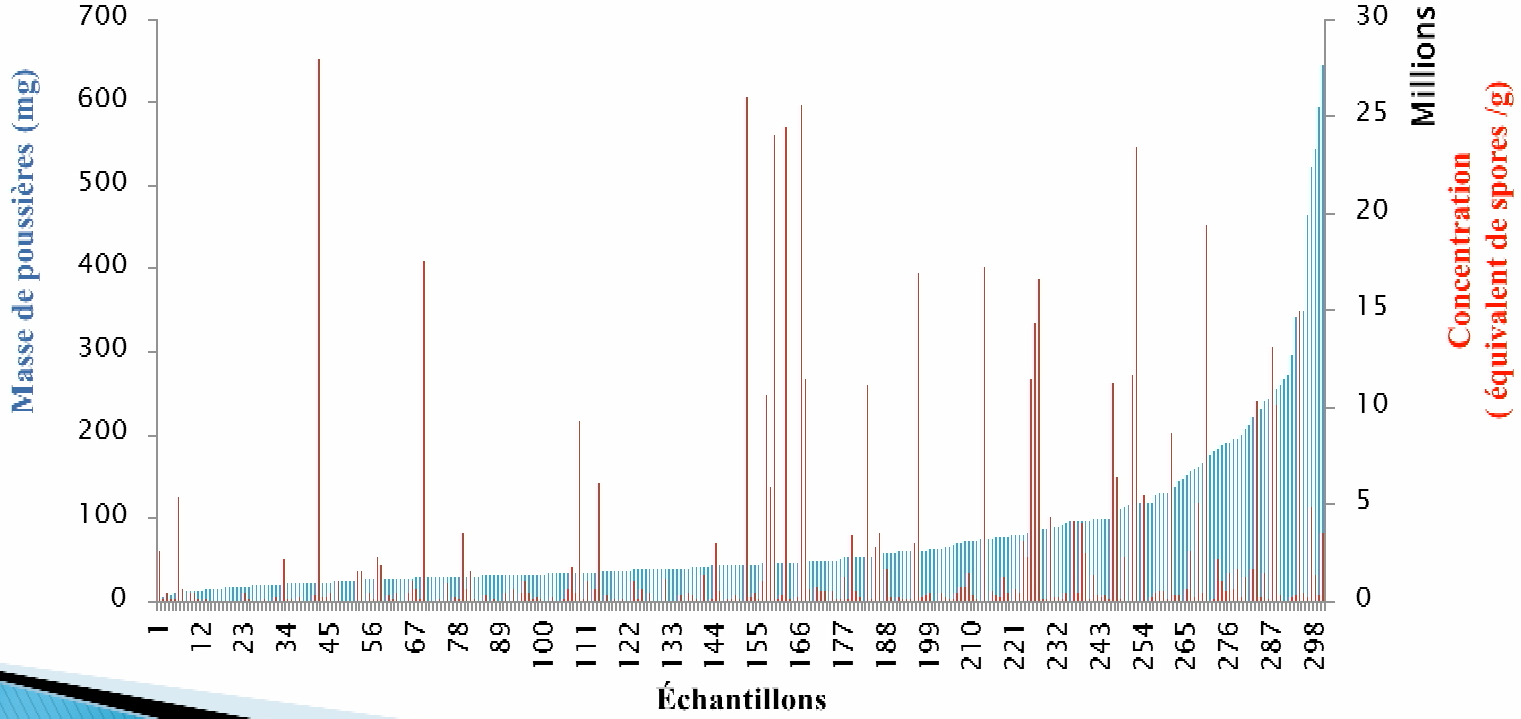
Méthode	Culture	Microscopie	NAHA	qPCR
Flore	cultivable	totale	totale	totale
Analyste	qualifié	**hautement qualifié**	tout le monde	qualifié
Temps technique	moyen	moyen	faible	élevé
Répétabilité %	11	9,6	16,4	1
LD (spores/100 cm^2)	120	1980	**218 000**	130
Délais résultats	**élevé**	moyen	faible	faible
Coût $	10	2	25	15
Autres		3 % de l'échantillon	appareil	appareil

Godish 2001; Eduard 2007; Mandal et Brandl 2011

Discussion

La charge mycologique DOIT être considérée

Évaluation sur le terrain



Discussion

Évaluation sur le terrain

	Critère (UFC/g)
NADCA 92-01 et Liguria Italie 2002	15 000
Rask *et al.* 2002 (NADCA ACR 2002)	10^5 -10^6
Nordic ventilation group 1993	3 000

En considérant la **proposition intermédiaire (15 000 UFC/g)**

15 000 * 5/100 = 300 000 spores/g

Discussion

Évaluation sur le terrain PROPOSITION CRITÈRE-BIOMASSE

	Critère (UFC/g)	% de système nécessitant un nettoyage
NADCA 92-01 et Liguria Italie 2002	15 000	20
Rask *et al.* 2002 (NADCA ACR 2002)	10^5 -10^6	2
Nordic ventilation group 1993	3 000	70
IRSST-BIOMASSE	300 000 spores/g	46

Discussion

Évaluation sur le terrain PROPOSITION CRITÈRE-POUSSIÈRE

	Critère de déclenchement
ASPEC/IRSST (Lavoie 2007-2010)	23 mg / 100 cm²
IRSST/EMS	**58 mg/100 cm²**

Basée sur la comparaison **ASPEC/IRSST** et **EMS/IRSST**
Et le facteur de **2,5**

23 * 2,5 = 58 mg/100 cm²

Discussion

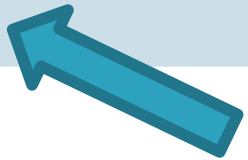
Évaluation sur le terrain PROPOSITION CRITÈRE-POUSSIÈRE

	Critère de déclenchement	% nettoyage selon ce projet
ASPEC/IRSST (Lavoie 2007-2010)	23 mg / 100 cm²	85
IRSST/EMS	**58 mg/100 cm²**	37

Discussion

Évaluation sur le terrain PROPOSITION CRITÈRE-POUSSIÈRE

	Critère de déclenchement	% nettoyage selon ce projet
ASPEC/IRSST (Lavoie 2007-2010)	23 mg / 100 cm^2	85
IRSST/EMS	**58 mg /100 cm^2**	37
Inspection visuelle	moyen et élevé	30



Discussion

Évaluation sur le terrain PROPOSITION CRITÈRE-POUSSIÈRE

	Critère de déclenchement	% nettoyage selon ce projet
IRSST-BIOMASSE	300 000 spores/g	46
IRSST/EMS-POUSSIÈRE	58 mg/100 cm^2	37
IRSST COMBINÉS	**Poussière et biomasse**	**50 %**

Plusieurs prélèvements dans les retours d'air

Limites

Pas conçu à l'origine pour proposer des critères

- **Des suggestions**

Pas de stratégie d'intervention

- **Nombre minimal de prélèvements**
- **Choix des sites de prélèvement**

Conclusion

Dans une approche préventive

Charge mycologique et
Masse de poussière

Les critères doivent être validés et une stratégie d'intervention développée

Remerciements

- **Techniciennes de laboratoire**
  - Carole Pépin
  - Nancy Lacombe

- **Agentes de recherche**
  - Marie Gardette
  - Eve Neesham-Grenon

- **Étudiantes**
  - Marie-Jeanne Biyeyeme, maîtrise de recherche
  - Carol-Anne Villeneuve, stagiaire

Environ Monit Assess (2017) 189:8
DOI 10.1007/s10661-016-5682-8

Comparison of methods to evaluate the fungal biomass in heating, ventilation, and air-conditioning (HVAC) dust

Marie-Jeanne Biyeyeme Bi Mve · Yves Cloutier · Nancy Lacombe · Jacques Lavoie · Maximilien Debia · Geneviève Marchand

Received: 9 February 2016 / Accepted: 7 November 2016
© Springer International Publishing Switzerland 2016

Abstract Heating, ventilation, and air-conditioning (HVAC) systems contain dust that can be contaminated with fungal spores (molds), which may have harmful effects on the respiratory health of the occupants of a building. HVAC cleaning is often based on visual inspection of the quantity of dust, without taking the mold content into account. The purpose of this study is to propose a method to estimate fungal contamination of dust in HVAC systems. Comparisons of different analytical methods were carried out on dust deposited in a controlled-atmosphere exposure chamber. Sixty samples were analyzed using four methods: culture, direct microscopic spore count (DMSC), β-*N*-acetylhexosaminidase (NAHA) dosing and qPCR. For each method, the limit of detection, replicability, and repeatability were assessed. The Pearson correlation coefficients between the methods were also evaluated. Depending on the analytical method, mean spore concentrations per 100 cm^2 of dust ranged from 10,000 to 682,000. Limits of detection varied from 120 to 217,000 spores/100 cm^2. Replicability and repeatability were between 1 and 15%. Pearson correlation coefficients varied from −0.217 to 0.83. The 18S qPCR showed the best sensitivity and precision, as well as the best correlation with the culture method. PCR targets only molds, and a total count of fungal DNA is obtained. Among the methods, mold DNA amplification by qPCR is the method suggested for estimating the fungal content found in dust of HVAC systems.

Keywords Indoor air quality · HVAC systems · Sampling methods · Dust · Fungal biomass

Introduction

In North America, the decision to have a ventilation duct system cleaned is based on a visual assessment of the amount of dust accumulated on the inner duct surfaces (Lavoie et al. 2010, 2011; NADCA 2006). To address the subjective nature of this method of assessment, various organizations have proposed quantitative criteria for evaluating HVAC cleanliness (Lavoie et al. 2010, 2011; NADCA 2006). However, none of these criteria takes into account the mycological content of the deposited dust. A number of authors have shown that poorly maintained HVAC systems can be contaminated by fungal particles (Burge et al. 1985; Krause and Hammad 2002; Mendell et al. 2003). The dust deposited in HVAC systems is a source of nutrients that in the right conditions can support the growth of mold (Foarde et al. 1996; Mensah-Attipoe et al. 2015). Xerophilic molds can grow easily in low water environments such as HVAC dust. Krause and Hammad (2002) have shown

M.-J. Biyeyeme Bi Mve · Y. Cloutier · N. Lacombe · J. Lavoie · G. Marchand
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail, 505 Boul. de Maisonneuve Ouest, Montréal H3A3C2, Canada

M.-J. Biyeyeme Bi Mve · J. Lavoie · M. Debia · G. Marchand (✉)
Département de santé environnementale et santé au travail, École de santé publique, Université de Montréal, Pavillon Marguerite d'Youville, 2375 Chemin de la côte Ste-Catherine, Montréal H3T 1A8, Canada
e-mail: marchand.genevieve@irsst.qc.ca

Published online: 06 December 2016

irsst Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

Évaluation de la biomasse mycologique sur les surfaces des réseaux aérauliques des systèmes de ventilation

Geneviève Marchand
Nancy Lacombe
Carole Pépin
Marie-Jeanne Biyeyeme Bi Mve
Carol-Anne Villeneuve
Marie Gardette
Jacques Lavoie
Maximilien Debia
Yves Cloutier

RAPPORTS SCIENTIFIQUES

R-965

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES