



# L'entretien des systèmes de ventilation: critères de nettoyage

---

Par: Jacques Lavoie,  
Service de la recherche  
ASHRAE Montréal 2012

# ➤ Introduction

- L'âge, l'endroit où sont situés les prises d'air, la filtration et les opérations de ces systèmes sont tributaires du degré de propreté
- Selon la US-EPA (2001), il n'y a pas d'évidences que le nettoyage des systèmes CVCA améliore la santé des occupants

# Évacuation d'air à proximité d'une prise d'air neuf



# Unité de filtration



# Tour de refroidissement



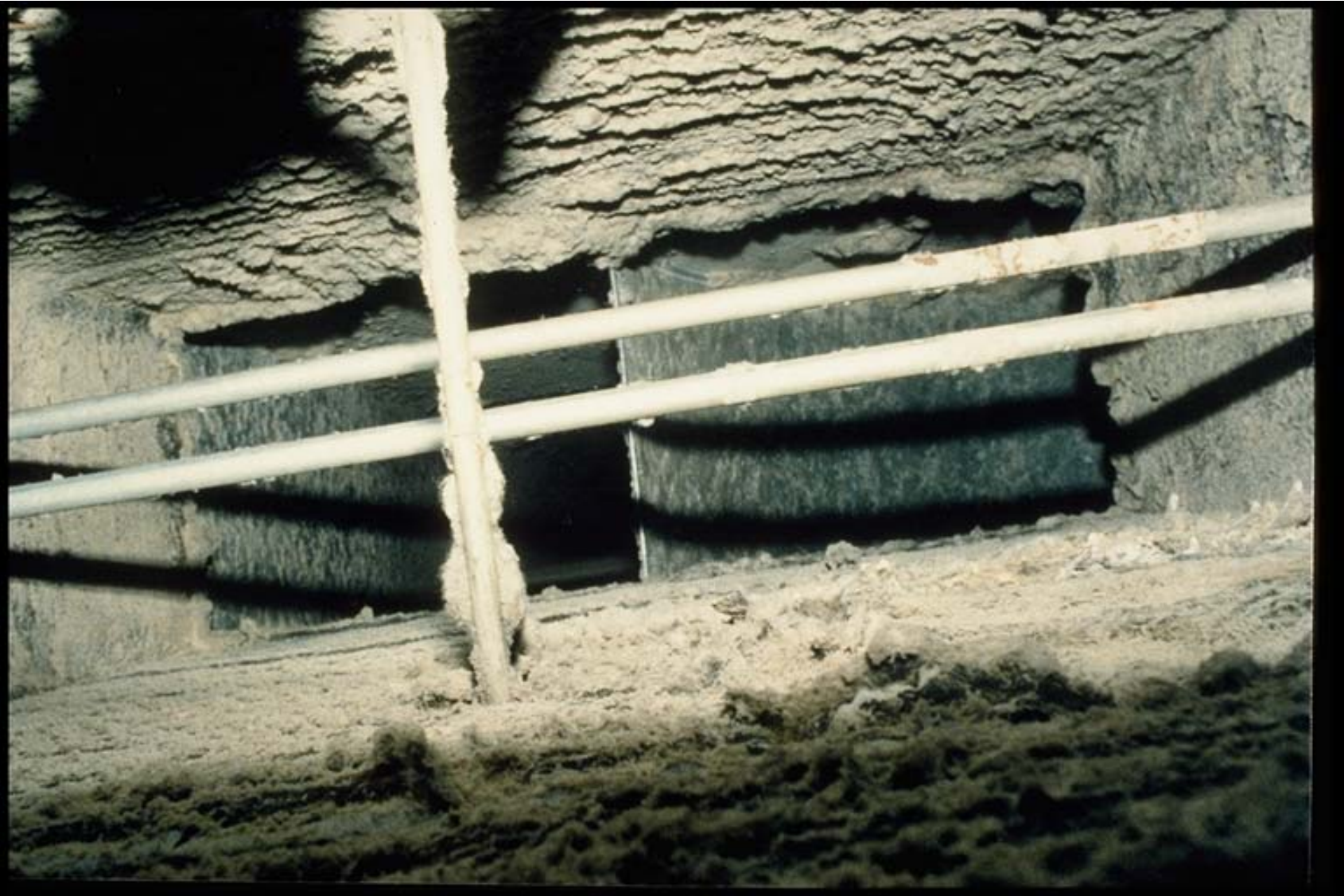
# Prise d'air neuf



# Filtration



# Accumulation de poussière

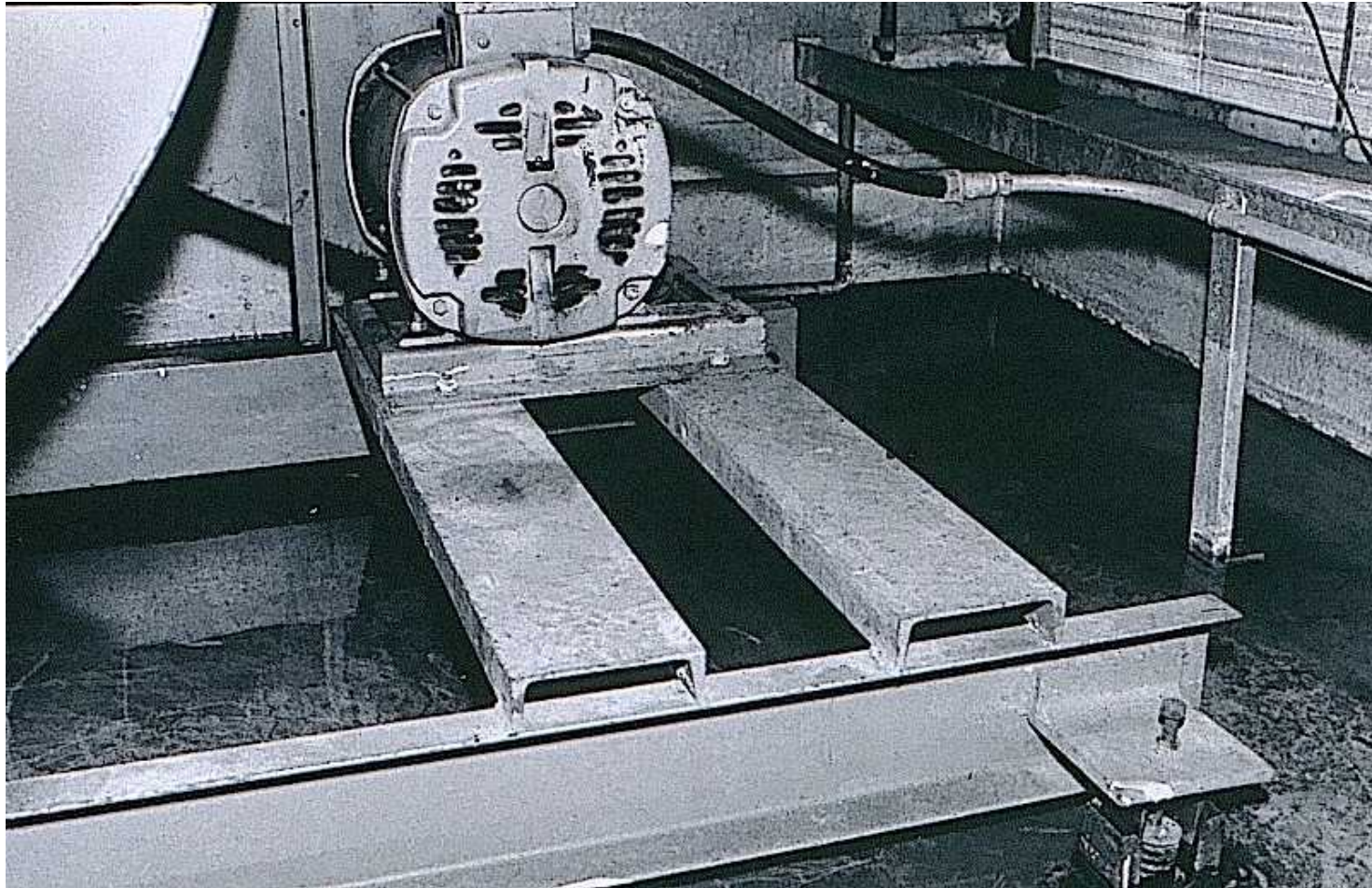


ASHRAE Montréal 2012

# Chambre de mélange



# Accumulation d'eau



# Présence de moisissures



# Introduction

- Selon la Federation of European Heating and Air-Conditioning Associations (REHVA, 2007), les conditions de l'environnement intérieur influencent substantiellement la santé et la productivité des occupants
- Les systèmes de ventilation peuvent être des sources potentielles de polluants à l'intérieur d'un édifice
- Des conduits poussiéreux peuvent entraîner une surconsommation d'énergie, une diminution des débits d'air et des mauvais fonctionnements des systèmes

# Introduction

- La santé et la productivité devraient prioritaires dans les édifices
- Une mauvaise qualité de l'air réduit la productivité et conséquemment les profits (REHVA, 2007)
- Un mauvais fonctionnement des systèmes peut entraîner des effets négatifs sur la santé des occupants causés par la croissance microbienne

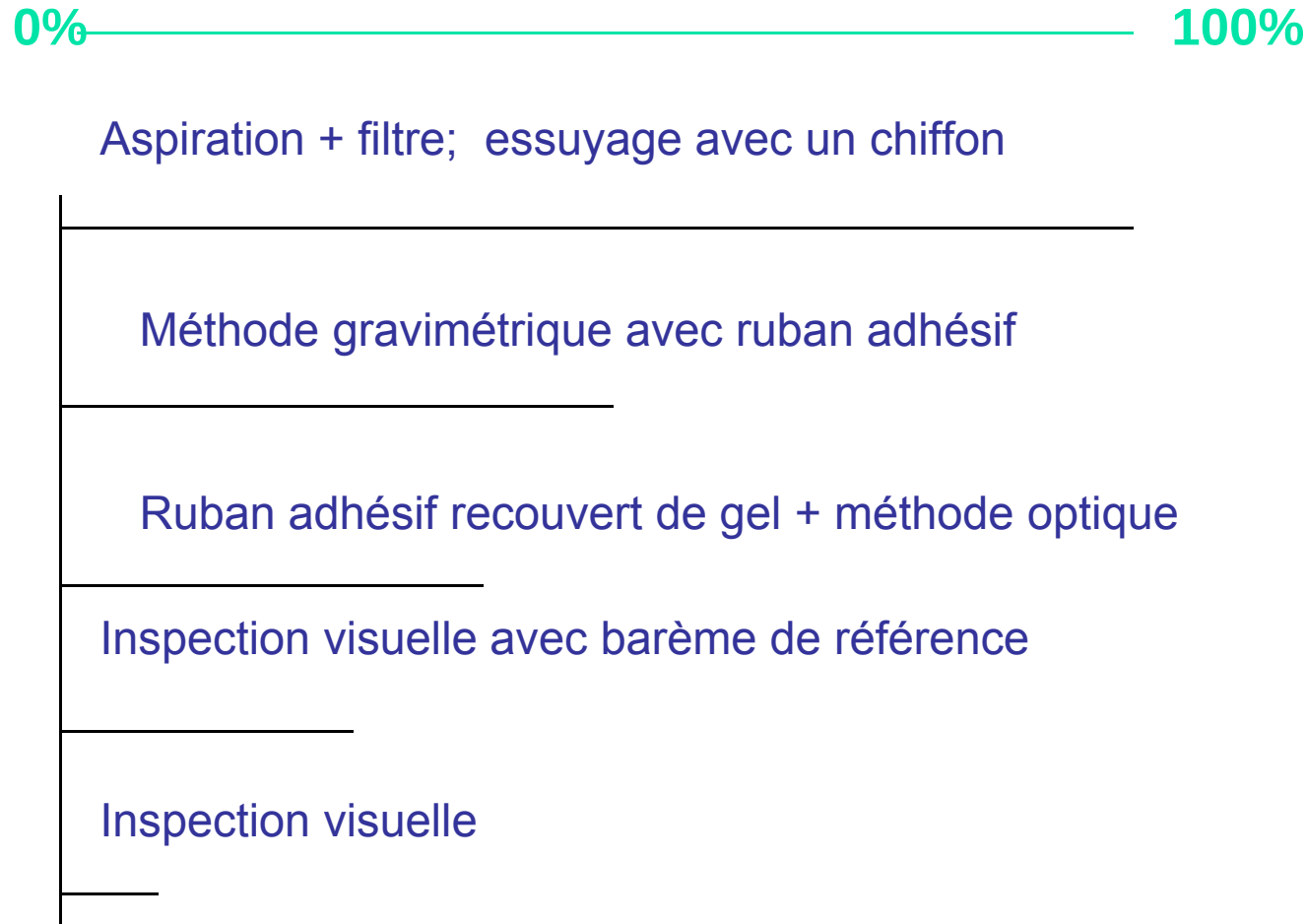
# Introduction

- Il y a donc de bonnes raisons à maintenir une bonne qualité de l'air dans les édifices
- Les systèmes de ventilation devraient être inspectés régulièrement et nettoyés si la quantité de poussière accumulée dépasse une limite acceptable

# Introduction

- Selon le RSST:
  - Tout système de ventilation mécanique doit être inspecté et réglé au moins une fois l'an et les filtres entretenus et remplacés au besoin (art. 104)
  - Les prises d'air doivent être placées de façon à ne pas introduire dans l'établissement de l'air préalablement contaminé ou malsain (art. 106)

# Fiabilité des méthodes



(source : REHVA Guidebook NO 8, 2007)

# Introduction

- En Amérique, il n'y a pas de méthode officielle pour évaluer la quantité de poussière dans les systèmes
- L'initiation du nettoyage des systèmes CVCA est **subjective**
  - **basée sur l'inspection visuelle**

# Introduction

- La National Air-Duct Cleaner Association (NADCA) américaine a publié un **critère de propreté post nettoyage**
- Toutefois, ces critères son inadéquats pour savoir quand il faut nettoyer les systèmes CVCA
- Des méthodes de diagnostics **objectives** sont nécessaires afin d'éviter les nettoyages inutiles

# Introduction

- Quelques critères pour le déclenchement du nettoyage ou du post-nettoyage ont été proposés :

Royaume Uni (1998)

Finlande (2001)

France (ASPEC 2004)

États Unis (NADCA 2006)

# Critères de nettoyage des systèmes CVCA

| Pays                    | Nettoyage basé sur la masse surfacique (g/m <sup>2</sup> ) | Nettoyage basé sur l'épaisseur (µm)           | Critère post nettoyage (g/m <sup>2</sup> ) | Méthode de prélèvement                |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| États-Unis (NADCA 2006) | -                                                          | -                                             | 0,075                                      | Membrane à 15L/min (cassette ouverte) |
| Grande-Bretagne (1998)  | Soufflage et reprise : 1<br>extraction : 6                 | Soufflage et reprise : 60<br>extraction : 180 | 0,1                                        | Membrane à 15 L/min                   |
| Finlande (1995)         | Soufflage et reprise : 2<br>extraction : 5                 | -                                             | -                                          | Membrane à 15L/min (avec tube)        |
| France ASPEC (2004)     | Soufflage et reprise : 0,4<br>extraction : 6               | -                                             | 0,1                                        | Membrane à 15L/min ( avec tube)       |

# Introduction

- Les prélèvements doivent se faire sur des couches uniformes de poussières, sur la surface du bas (le radier) non poreuse
- Les méthodes de prélèvement ont certaines lacunes:
  - L'absorption de l'humidité de l'air par les membranes en ester de cellulose affecte la pesée
  - L'adhésion de la poussière sur les parois des cassettes et des tubes de prélèvement

# Étude en laboratoire (2007)



Jacques Lavole  
Rodrigo Gravel  
Yves Cloutier  
Ali Bahloul



# Projet R-525 (étude en laboratoire)

Les objectifs étaient :

- De reproduire, en laboratoire, différentes concentrations de poussières sur la surface d'un conduit métallique non poreux
- 
- De comparer différentes méthodes de prélèvement de surfaces citées dans la littérature
- De comparer ces méthodes d'évaluations numériques (objectives) avec la méthode visuelle (subjective)
- De proposer un critère numérique (objectif) pour déclencher le nettoyage des conduits

# Chambre de génération



# Substrats témoins

- 12 substrats témoins ( supports en aluminium de 47 mm (1,9 po.) de diamètre distribués sur toute la surface)
- Les dépôts ont été évalués en pesant les substrats avant et après les générations de poussière



# Évaluation visuelle (étude labo.)

## Accumulation de poussière

- Évaluation visuelle par 7 experts (chimistes, hygiéniste industriel, ingénieur en bâtiment et microbiologiste)
- Valeurs subjectives :
  - Niveau 1 (propre ou mince couche de poussière sur le radier)
  - Niveau 2 (au-dessus de la normale)\*
  - Niveau 3 (accumulation importante)

\* Critère de nettoyage

➤ Propre ou mince couche de poussière

➤ Niveau 1



➤ Au-dessus de la normale

➤ Dépôts uniformes

➤ Niveau 2



➤ Accumulation sérieuse

➤ Niveau 3



# Methode (étude labo.)

- Méthode de la NADCA 2006
  - Membrane en ester de cellulose de 37 mm, cassette ouverte, débit de 15 L/min sur une surface prédéfinie de 100 cm<sup>2</sup> à partir d'un gabarit
- Avantages :
  - Méthode reconnue en hygiene industrielle
- Désavantages :
  - Adhésion de la poussière sur les parois de la cassette (non pesée)
  - Absorbction de l'humidité par les membranes en ester de cellulose



# Méthode (étude labo.)

## ➤ Méthode de l'ASPEC

- Membrane en ester de cellulose de 37 mm, cassette fermée reliée à un tube biseauté, débit de 15 L/min sur une surface pré-définie de conduit de 50 cm<sup>2</sup>

### ➤ Avantages:

- Le tube favorise une meilleure suction
- Le contact direct avec la poussière

### ➤ Désavantages:

- Absorption de l'humidité par la membrane en ester de cellulose
- Adhésion de la poussière sur les parois de la cassette et du tube



# Méthode (étude labo.)

- Méthode de l'IRSST (cassette IOM)
  - Membrane en CPV, 15 L/min, cassette de 25 mm, gabarit de 33,8 cm<sup>2</sup> de surface
  - Avantages:
    - Membrane en PVC moins sensible à l'humidité
    - Toute la cassette est pesée (aucune perte)
  - Désavantages:
    - Adaptation du gabarit à la circonférence de la cassette de prélèvement



# Plan expérimental (étude labo.)

- 9 échantillons (3 par méthode) ont été prélevés chaque fois
- Les méthodes ont été comparées avec des tests statistiques
- 22 évaluations différentes ont été réalisées en variant les temps d'opération du ventilateur et la quantité de poussière dans le générateur

# Résultats (étude labo.)

## Uniformité des dépôts

- À partir des substrats témoins, les tests de comparaison statistique entre le 1er tiers et le 2e tiers de la surface, le 2e et le 3e tiers et le 1er et le 3e tiers ont tous été non-significatifs ( $p \geq 0,05$ )
- Les dépôts dans la chambre sont donc uniformes pour la toute la surface (moyenne de 396 pesées)

# Résultats (étude labo.)

| Substrats<br>Témoins* | IRSST** | ASPEC** | NADCA** | Vote moyen<br>du comité<br>(n=6) |
|-----------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|
| 0,27                  | 0,23    | 0,09    | 0,07    | 1                                |
| 0,6                   | 0,6     | 0,3     | 0,2     | 2***                             |
| 1,3                   | 1,0     | 0,8     | 0,5     | 3                                |

\*moyenne de 3 pesées, en g/m<sup>2</sup>

\*\*Significativement différents l'un de l'autre dans 95% des cas

\*\*\* Critère de nettoyage

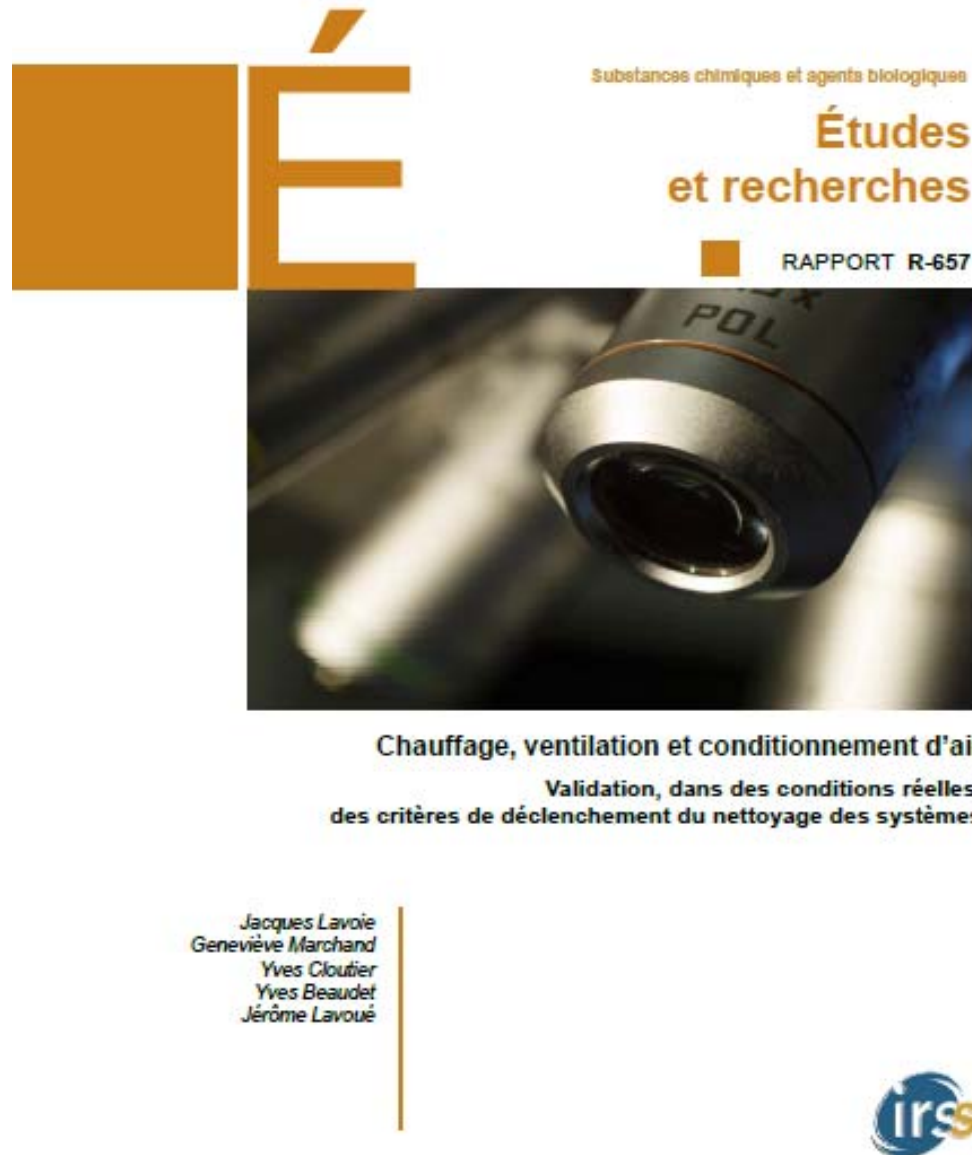
# Portées et limites

- Condition de laboratoire avec de la poussière standard de l'ASHRAE :
  - Les condition d'application devront être déterminées avec de la vraie poussière provenant de conduits réels
- La méthode recommandée par l'IRSST demande également certains ajustements :
  - L'humidité relative peut affecter le poids de la cassette IOM en plastique dans laquelle la membrane est placée
  - Pour éviter des variations de poids, une cassette métallique serait préférable

# Conclusion (étude labo.)

- Cette étude a également démontré que les trois méthodes sont valables, en autant que son propre critère soit utilisé
- Cette conclusion est basée sur des conditions idéales, en laboratoire, avec une poussière de référence
- Elle demande donc une validation sous des conditions réelles, dans de vrais conduits

# Validation en conditions réelles (2010)



36

# Objectifs

- Valider les résultats de laboratoire sur le terrain
- Tous les autres paramètres de l'étude étaient identiques

# Méthode

- 44 sites ont été évalués, pour un total de 132 prélèvements (44 sites X 3 méthodes)
- Onze de ces 44 sites étaient des conduits de retour
- Il s'agissait d'établissements d'enseignement, d'édifices à bureaux et d'hôpitaux

# Accumulation de poussière



39

Gabarit

# Méthode

- Des régressions ont été effectuées afin d'évaluer la relation entre les 3 méthodes
- De même, l'accord entre les experts lors de leurs évaluations visuelles a été quantifié par le calcul de l'indice Krippendorff's alpha
- Cet indice permet d'évaluer la concordance entre les votes

# Niveau 3 (grave)



# Résultats

| Condition                             | IRSST | ASPEC | NADCA |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| Critères <sup>1</sup><br>terrains     | 0,6   | 2,3   | 0,2   |
| Critères <sup>1</sup><br>laboratoires | 0,6   | 0,3   | 0,2   |

(en g/m<sup>2</sup>)

<sup>1</sup>: Différences statistiquement significatives entre les 3 méthodes

# Résultats

- Des corrélations statistiquement significatives existent également entre les 3 méthodes
- Cela signifie que n'importe quelle des trois méthodes peut être utilisée, en autant qu'on la compare avec son critère de déclenchement de nettoyage correspondant

## Conduits de retour

- L'hypothèse que les conduits de retour sont toujours plus sales que ceux de l'alimentation a également été vérifiée
- 11 conduits de retour ont été comparés avec 33 conduits d'alimentation
- Aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée

# Fiabilité des experts

L'indice Krippendorff alpha calculé = 0,37

- Un indice de 1 indique que les experts ont tous donné la même valeur pour chacun des conduits évalués visuellement
- Un indice de 0 indique l'absence de concordance
- 0,37 correspond tout au plus à un accord modéré entre les experts

# Portées et limites

- La méthode de l'ASPEC est la même que celle recommandée dans la norme de l'ASTM D7144 pour la collecte de poussière de surface
- Dans cette norme, avec un débit de 2,5 L/min, les dépôts dans les tubes sont significatifs
- Tout le train d'échantillonnage est pesé
- Ce système est sensible aux manipulations, à la poussière de l'environnement et à la quantité prélevée

# Portées et limites

- Les auteurs mentionnent que l'utilisation d'un débit  $> 10\text{L/min}$  devrait augmenter significativement l'efficacité de prélèvement
- Nos méthodes utilisent  $15\text{ L/min}$
- Selon ces mêmes auteurs, aucune méthode n'est parfaite (Ashley, K., et coll., JOEH 4:215, 2007)

# Conclusion

- Les méthodes d'évaluations numériques d'empoussièrlements surfaciques ont été comparées avec la méthode visuelle dans des conditions réelles
- Les critères numériques de déclenchement du nettoyage ont été déterminés
- N'importe quelle méthode peut être utilisée si on la compare avec son critère de déclenchement correspondant

# Conclusion

- Ces critères de déclenchement du nettoyage dans des conditions réelles sont:
  - **Pour la NADCA: 0,2 g/m<sup>2</sup>**
  - **Pour l' ASPEC: 2,3 g/m<sup>2</sup>**
  - **Pour l'IRSST: 0,6 g/m<sup>2</sup>**
- Ces critères sont tous significativement différents l'un de l'autre
- C'est la méthode de l'ASPEC qui recueille le plus de poussière et est la plus précise

# Conclusion

- C'est cette méthode qui est recommandée par les Finlandais (rehva 2007) et la norme ASTM D7144
- C'est également celle qui ressemble le plus aux techniques de nettoyage

# Publications

- **Lavoie, J.**, Gravel, R., Cloutier, Y., Bahloul, A. Critères de déclenchement du nettoyage des systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air (CVCA) d'édifices non industriels. Études et recherches, rapport R-525, IRSST, 26 pages, 2007.
- **Lavoie, J.**, Marchand, G., Cloutier, Y., Beaudet, Y., Lavoué, J. Heating, Ventilation and Air Conditioning. Validation of System Cleaning Initiation Criteria under Real Conditions. Études et recherches, IRSST, rapport R-666, 15 pages, 2010.
- **Lavoie, J.**, Marchand, G., Cloutier, Y., Beaudet, Y., Lavoué, J. Chauffage, ventilation et conditionnement d'air. Validation, dans des conditions réelles, des critères de déclenchement du nettoyage des systèmes. Études et recherches, IRSST, rapport R-657, 15 pages, 2010.

# Publications (suite)

- **Lavoie, J.,** Bahloul, A., Gravel, R., Cloutier, Y. Cleaning Initiation Criteria for Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems in Non-industrial Buildings. Actes scientifiques sur CD-ROM du Congrès CLIMA, WellBeing Indoors, 10-14 juin 2007, Helsinki, Finland, 8 pages, 2007.
- **Lavoie, J.,** Cloutier, Y., Bahloul, A., Gravel, R. Cleaning initiation criteria for heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) systems in non industrial buildings. ASHRAE Transactions Vol. 116, Part 2, 1-7, 2010.
- **Lavoie, J.,** Marchand, G., Cloutier, Y., lavoué, J. Validation of the criteria for initiating the cleaning of heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems under real conditions. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 8(8) :467-472, 2011.
- **Lavoie, J.,** Marchand, G., Cloutier, Y. Cleaning initiation Criteria for heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC) Systems in Non-Industrial Buildings. NADCA Ductales, March/April 2011, pp.36-40.

# Questions?



53

[Lavoie.jacques@irsst.qc.ca](mailto:Lavoie.jacques@irsst.qc.ca)  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)