

Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-657



Chauffage, ventilation et conditionnement d'air Validation, dans des conditions réelles, des critères de déclenchement du nettoyage des systèmes

*Jacques Lavoie
Geneviève Marchand
Yves Cloutier
Yves Beaudet
Jérôme Lavoué*



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

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

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

Pour en savoir plus

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

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2010
ISBN : 978-2-89631-480-5 (version imprimée)
ISBN : 978-2-89631-481-2 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
août 2010

Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-657

Chauffage, ventilation et conditionnement d'air Validation, dans des conditions réelles, des critères de déclenchement du nettoyage des systèmes

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Jacques Lavoie,
Service de la recherche, IRSST*

*Geneviève Marchand et Yves Cloutier,
Service soutien à la recherche et à l'expertise, IRSST*

*Yves Beaudet,
Services et expertises de laboratoire, IRSST*

*Jérôme Lavoué,
Centre de recherche, CHUM*

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



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

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

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

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les entreprises qui nous ont donné accès à leurs systèmes, les compagnies de nettoyage des systèmes CVCA qui nous ont facilité l'entrée ainsi que M. Laurent Gratton de l'IRSST et les membres du comité de suivi. Un remerciement spécial aux juges dont MM. Ali Bahloul, Simon Aubin, Louis Lazure et Mme Nicole Goyer ainsi que Mme Zélie Fortin, technicienne et M. Claude Létourneau, technicien, tous de l'IRSST. Un gros remerciement aussi à Mme Sylvie Bédard, de l'association paritaire pour la santé et la sécurité au travail du secteur affaires sociales pour nous avoir ouvert plusieurs portes.

SOMMAIRE

L'accumulation de poussières dans les réseaux des systèmes CVCA est une source potentielle de polluants. Il y a très peu d'informations sur les méthodes reconnues pour juger de l'empoussièrement de ces systèmes. Ces quelques méthodes peuvent être objectives avec des valeurs numériques ou subjectives, à partir du jugement d'experts. Il est donc difficile pour les gestionnaires d'édifices d'évaluer les soumissions des compagnies qui font le nettoyage.

Un projet antérieur visant à évaluer différentes méthodes de prélèvement de poussières dans les conduits a été réalisé dans les laboratoires de l'IRSST. Le but était de reproduire en laboratoire différents niveaux d'empoussièrement dans un conduit métallique non poreux, de comparer différentes méthodes de prélèvement de poussières surfaciques retrouvées dans la littérature, de comparer les méthodes d'évaluation numérique avec la méthode visuelle et d'en fixer les modalités d'application. Cette étude en laboratoire a démontré que toutes les méthodes de prélèvement sont fonctionnelles, à la condition d'utiliser un critère de déclenchement surfacique spécifique à chaque méthode. Toutefois, ces conclusions proviennent de conditions idéales en laboratoire avec une poussière de référence provenant de l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (l'ASHRAE). Une validation de ces conclusions devait être effectuée pour des conditions réelles.

L'objectif de la présente étude est de valider sur le terrain les résultats obtenus en laboratoire. Pour y arriver, les gabarits de prélèvement dans de vrais conduits ont été reproduits et les trois séries de prélèvement (méthodes de l'IRSST, de l'association pour la prévention et l'étude de la contamination (ASPEC) et de l'organisme américain National Air Duct Cleaner Association (NADCA)) dans un nombre statistiquement représentatif de systèmes ont été faits en simultanément. Les conduits de retour et d'alimentation ont également été comparés.

Les critères de déclenchement pour des conditions réelles sont de 6,0 mg/100 cm² pour la méthode de l'IRSST, de 2,0 mg/100 cm² pour la NADCA et de 23 mg/100 cm² pour l'ASPEC. Les critères pour ces mêmes méthodes étaient dans l'étude laboratoire de 6,0 pour la méthode IRSST, de 2,0 pour celle de la NADCA et de 3,0 pour l'ASPEC (rapport R-525 de l'IRSST). Ces critères sont donc validés pour les méthodes de l'IRSST et de la NADCA. Seulement le critère de l'ASPEC a changé. Aucune différence statistique n'a pu être démontrée entre les conduits de retour et d'alimentation.

C'est donc la méthode de l'ASPEC qui permet une meilleure évaluation de l'empoussièrement dans les conduits. C'est aussi celle qu'intuitivement les firmes de nettoyage préfèrent car elle ressemble le plus aux procédés de nettoyage usuels. C'est cette dernière que nous recommandons d'utiliser pour évaluer d'une façon objective le taux d'empoussièrement des systèmes CVCA.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
2. MÉTHODE	5
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	9
3.1 Accord entre les votes d'experts	10
3.2 Critères de déclenchement du nettoyage	10
3.3 Conduits de retour	12
4. PORTÉES ET LIMITES	13
5. CONCLUSION	14
6. BIBLIOGRAPHIE.....	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Critères de déclenchement du nettoyage des conduits non poreux (1) ..	2
Tableau 2 : Avantages et inconvénients des méthodes.....	5
Tableau 3 : Médiane des votes et pesées correspondantes	9
Tableau 4 : Concentrations de poussières en mg/100 cm ²	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Conduit de retour avec le gabarit de prélèvement.....	6
--	---

1. INTRODUCTION

L'accumulation de poussières dans les réseaux de ventilation peut être une source potentielle de polluants. Les pressions se font de plus en plus fortes de la part des occupants des édifices pour que leurs systèmes soient exempts de saletés et de poussières. Il y a peu d'informations sur les méthodes reconnues ou standardisées pour juger de l'empoussièrément de ces systèmes. Il est donc difficile pour les gestionnaires d'évaluer les propositions des compagnies dites spécialisées dans le nettoyage car il n'existe pas de méthodes recommandées objectives pour l'évaluation des concentrations de poussières présentes sur la surface des conduits. Idéalement, les systèmes de ventilation doivent être maintenus dans des conditions de propreté optimales. Pour cela, il est important de disposer d'outils permettant de mesurer la quantité de poussière déposée dans les réseaux de ventilation. Un diagnostic objectif permet d'éviter les abus et les nettoyages de réseaux inutiles (1).

Aux États-Unis et au Canada, le déclenchement du nettoyage des réseaux aérauliques est basé sur l'inspection visuelle (2-4). Toutefois, ces critères sont subjectifs et peu pratiques dans le cas de travaux de grande envergure (5). En 2006, l'organisme américain National Air Duct Cleaner Association (NADCA), a publié des critères d'acceptation de propreté après nettoyage. Par contre, ces critères sont inutiles si l'on veut savoir quand débiter le nettoyage des réseaux des systèmes CVCA (4).

L'association pour la prévention et l'étude de la contamination (ASPEC) de France, a aussi publié un guide sur le maintien en propreté des réseaux aérauliques non poreux pour salles propres et environnements maîtrisés apparentés (1). Dans ce guide, les critères de déclenchement pour les locaux tertiaires (édifices à bureaux) et les méthodes utilisées sont rapportés pour différents pays. Le tableau 1 présente ces critères.

Dans ce tableau, les critères réfèrent à différentes méthodes de prélèvement de la poussière, rendant les comparaisons difficiles. Selon l'ASPEC, ses méthodes ne peuvent être appliquées que sur des conduits rigides et non poreux de dimensions suffisantes, i.e., plus grands que 30 cm de diamètre pour les composantes rondes; de plus, les conduits doivent être horizontaux et les parois sèches (1). Les prélèvements doivent être réalisés sur une couche de poussière répartie sur le plan du radier et non sur un amas de poussière (1). Les méthodes de prélèvement présentent

certaines lacunes, dont notamment l'absorption de l'humidité de l'air par les membranes de prélèvement en esters de cellulose et les pertes de poussières sur les parois des cassettes et des tubes de prélèvement.

Tableau 1 : Critères de déclenchement du nettoyage des conduits non poreux (1)

Pays	Nettoyage basé sur la masse surfacique (g/m²)	Nettoyage basé sur l'épaisseur (µm)	Critère post nettoyage (g/m²)	Méthode de prélèvement
États-Unis (NADCA 2005)	-	-	0,075	Membrane à 15 L/min (cassette ouverte)
Grande-Bretagne (1998)	Soufflage et reprise : 1 extraction : 6	Soufflage et reprise : 60 extraction : 180	0,1	Membrane à 15 L/min
Finlande (1995)	Soufflage et reprise : 2 extraction : 5	-	-	Membrane à 10 L/min (avec tube)
France ASPEC (2004)	Soufflage et reprise : 0,4 extraction : 6	-	0,1	Membrane à 15 L/min (avec tube)

Une méthode voulant réduire ces problèmes est basée sur la pesée de l'ensemble du système de prélèvement et utilisait comme tête de captation la cassette pré-pesée de 25 mm de diamètre IOM (SKC Inc. Eighty Four, PA, USA) équipée d'une membrane en chlorure de polyvinyle ayant 0,8 µm de porosité. Cette méthode de prélèvement a été comparée en laboratoire avec celles mentionnées dans la littérature afin de déterminer la plus appropriée (5). Les objectifs du projet précédent (rapport R-525 de l'IRSST) étaient de reproduire en laboratoire différents niveaux d'empoussièrement dans un conduit métallique non poreux, de comparer différentes méthodologies de prélèvement de poussières surfaciques, de comparer les méthodes d'évaluation numérique aux méthodes visuelles et d'en fixer les modalités d'application.

On a ainsi démontré que toutes les méthodes de prélèvement peuvent être utilisées, à la condition d'utiliser le critère de déclenchement surfacique correspondant. Avec la méthode d'évaluation visuelle, pour un vote moyen de 2 sur une échelle de trois valeurs, les valeurs correspondantes étaient de 2,0 mg/100 cm² pour la méthode de la NADCA, de 3,0 mg/100 cm² pour celle de l'ASPEC et de 6,0 mg/100 cm² pour celle de l'IRSST (5). Le niveau 2 se caractérisait par une couche uniforme et des accumulations localisées dans les conduits et demandait donc à être nettoyés. Le niveau 1 correspondait à un conduit relativement propre et le niveau 3 à un conduit très sale. Ces méthodes ont donné des valeurs de prélèvements surfaciques significativement différentes l'une des autres ($p \leq 0,05$). « P » représente ici le niveau de probabilité, c'est-à-dire, qu'il y a moins de 5 chances sur 100 d'accepter l'hypothèse nulle qu'il n'y a pas de différence entre les méthodes. Notons également que la poussière utilisée était de la poussière standard de l'ASHRAE (6).

Le principal objectif du projet actuel est de valider sur le terrain les résultats obtenus dans l'étude en laboratoire sur les critères de déclenchement du nettoyage des systèmes CVCA (rapport IRSST R-525) non industriels (édifices à bureaux, écoles et hôpitaux), dans des conditions réelles, avec de la poussière accumulée dans les canalisations de ces bâtiments suite à une utilisation normale des systèmes CVCA. Pour y arriver, nous reproduirons les gabarits de prélèvement dans des conduits réels et nous répéterons en simultanément les trois séries de prélèvement (méthode IRSST, ASPEC et NADCA) pour un nombre statistiquement représentatif de systèmes. Nous choisirons la méthode ayant les meilleurs résultats avec l'écart type le plus faible. Les conduits de retour et d'alimentation ont également été comparés.

2. MÉTHODE

Les avantages et inconvénients des trois méthodes évaluées sont rapportés au tableau 2. Contrairement à l'étude en laboratoire, la cassette IOM (méthode IRSST) est maintenant faite en acier inoxydable au lieu de plastique, ce qui élimine les fluctuations de poids dues à l'absorption d'humidité du plastique.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des méthodes

<p>NADCA Vaccum test (membrane en esters de cellulose de 0,8 µm dans une cassette ouverte de 37 mm ; 15 L/min. ; surface aspirée de 100 cm²) (2006)</p>	Avantage	- Méthode reconnue en hygiène du travail
	Inconvénients	- Poussières déposées sur les parois internes de la cassette - Membrane en esters de cellulose fragile et sensible à l'humidité
<p>Méthode française ASPEC (membrane en esters de cellulose de 0,8 µm dans une cassette fermée de 37 mm reliée à un tube biseauté; 15 L/min. ; surface aspirée de 100 cm²) (2004)</p>	Avantages	- Tube biseauté facilite le prélèvement - Le fait de pouvoir coller le tuyau sur la surface facilite l'aspiration de toute la poussière
	Inconvénients	- Filtre en ester de cellulose sensible à l'humidité - Dépôt sur les parois internes du tuyau de la cassette
<p>Méthode en développement à l'IRSST (membrane en CPV de 0,8 µm dans une cassette IOM en acier inoxydable de 25 mm; 15 L/min. ; surface aspirée de 33,82 cm²) (2009)</p>	Avantages	- Filtre est en CPV (moins sensible à l'humidité) - Pas de pertes de poussières sur les parois internes car toute la cassette est pesée
	Inconvénients	- Il faut adapter le gabarit à la circonférence de la tête de prélèvement de la cassette

Les résultats antérieurs de l'étude en laboratoire nous ont permis d'établir que le nombre minimal de prélèvements pour démontrer une différence entre deux moyennes est de 5 ($n = 5$) pour une erreur acceptable de 10% et un niveau de confiance de 95% ($t = 1,96$) (5,7). Une trentaine de systèmes de ventilation non isolés à l'intérieur, avec un maximum de trois systèmes de ventilation par édifice ont été d'abord identifiés. Cette étape a été facilitée par l'implication des membres du comité de suivi (compagnies de nettoyage et gestionnaires d'édifices).

Pour chacun des systèmes, trois prélèvements simultanés ont été effectués en utilisant les trois méthodes préalablement évaluées et décrites au tableau 2 (5). Ces prélèvements ont été effectués, dans la mesure du possible, aux diffuseurs terminaux dans les pièces, à une distance raisonnable du dernier coude et à la limite d'accessibilité dans le conduit aéraulique. Les pesées ont été faites avec la méthode standard de l'IRSST (8). La figure 1 montre un conduit évalué avec le gabarit.



Figure 1 : Conduit de retour avec le gabarit de prélèvement

Des prélèvements ont aussi été effectués dans les conduits de retour pour chacun des édifices. La littérature mentionne le nettoyage de ces conduits lorsque la concentration de poussières surfaciques dépasse les 50 à 60 mg/cm² de surface (1,5). Le tout a été complété par l'évaluation subjective basée sur la méthode d'inspection visuelle de l'état de propreté par le même sous-

comité d'experts qui a pris part au projet R-525. Cette évaluation est faite à partir de la visualisation des dépôts provenant des photos prises sous l'angle parallèle et perpendiculaire des conduits évalués. Elle a porté sur une échelle à trois niveaux dans laquelle le niveau 1 ou normal, correspond à des conduits propres ou possédant une mince couche uniforme de poussière, le niveau 2 ou au-dessus de la normale, se caractérise par une couche uniforme et des accumulations localisées et le niveau 3 ou grave, correspond à des accumulations importantes (5,9). Les membres du juré étaient au nombre de sept. À cause du caractère discret des votes, la valeur médiane a été utilisée pour calculer un vote moyen pour chaque système, une valeur de 2 correspondant au déclenchement du nettoyage.

44 sites différents ont été évalués pour un total de 132 prélèvements (44 sites X 3 méthodes). Onze de ces sites étaient des conduits de retour. Des analyses de variance (ANOVA) à deux facteurs (conduits et méthodes) et trois niveaux (concentrations surfaciques de poussières des trois méthodes) sur les logarithmes des valeurs ont été utilisées pour démontrer s'il y avait des différences statistiquement significatives ($p \leq 0,05$) (10). Des régressions ont été effectuées et le degré de la corrélation établie calculé afin d'évaluer la relation qui existe entre les trois méthodes de prélèvements. De même, l'accord entre les experts lors de leur évaluation visuelle a été quantifié par le calcul de l'index Krippendorffs alpha (11). Un index de 1 indique que les experts auront effectué la même évaluation pour chaque système évalué. Un index de 0 indique l'absence de concordance dans leurs évaluations.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 3 présente les résultats des sept juges et les pesées en mg/100 cm² pour les 44 conduits. La limite de détection des pesées est de 0,02 mg, c'est-à-dire la valeur minimale rapportée de la méthode divisée par la racine carrée de 2 (12,13).

Tableau 3 : Médiane des sept juges (votes 1 à 3) et pesées correspondantes en mg/100cm²

IRSST	ASPEC	NADCA	Médiane des votes	No. de conduit
9,11	7,16	2,69	2	1 ^r
1,00	2,95	0,76	1	2
0,92	2,00	0,42	1	3
1,51	4,04	0,63	1	4
0,21	27,9	1,68	2	5
0,24	0,39	0,018	2	6
0,56	8,45	1,09	2	7
0,74	1,09	1,35	1	8
3,58	2,23	1,35	2	9 ^r
2,84	5,20	0,51	1	10
1,18	0,90	0,17	1	11
55,38	155,25	155,75	2	12 ^r
0,89	6,74	0,26	1	13
0,13	1,62	0,07	1	14
23,99	17,89	1,23	1	15
13,99	28,25	1,67	1	16
1,42	29,08	4,66	2	17 ^r
19,94	36,16	2,26	2	18
10,27	46,55	24,54	2	19 ^r
1,92	6,57	3,32	1	20
14,44	7,56	0,66	1	21
7,23	13,61	2,28	1	22
2,37	42,13	2,92	3	23
51,2	62,31	2,28	1	24
67,27	67,09	15,55	1	25 ^r
110,63	218,33	57,98	2	26
0,56	7,12	0,02	2	27
281,38	333,77	112,69	3	28 ^r
3,98	1,97	1,31	1	29 ^r
22,78	2,70	0,70	2	30
0,71	7,60	0,05	1	31
13,45	8,47	3,22	1	32
8,58	14,56	1,49	2	33

15,95	23,29	1	1	34
7,13	0,14	0,02	1	35
0,12	2,80	0,12	1	36 ^r
0,68	5,00	0,34	1	37
0,95	3,43	0,14	2	38 ^r
1,54	58,75	2,61	2	39
87,73	159,18	32,64	2	40 ^r
169,41	159,97	53,37	2	41
68,16	237,97	21,25	2	42
1,6	29,57	1,12	2	43
16,07	32,75	1,02	2	44

^r = conduits de retour

3.1 Accord entre les votes d'experts

L'un des objectifs de ce projet était de remplacer l'évaluation subjective de la propreté des systèmes de ventilation (méthode des votes) par une méthode plus objective basée sur les pesées. Pour démontrer le degré de subjectivité des votes, nous avons comparé les sept juges entre eux. Pour l'ensemble des votes, certains juges étaient différents d'une façon statistiquement significative ($p < 0,001$; $F = 6,2$) (test de log-ANOVA) (10). « F » représente la statistique du test de Fisher. Plus F est élevé, plus la différence dans les comparaisons est grande.

À partir d'un test de comparaison multiple de Tukey-Kramer, le juge (1) un a donné des votes significativement plus élevés ($p \leq 0,05$) que les six autres alors que le juge (5) a donné des votes significativement plus faibles que les juges (1) et (2) ($p \leq 0,05$) (10).

Un autre critère qui sert à mesurer la fiabilité des évaluations faites par différents experts est le calcul de l'index Krippendorffs alpha (11). L'index calculé est de 0.37. Cela correspond tout au plus à un accord modéré entre les experts et démontre également la valeur subjective des votes.

3.2 Critères de déclenchement du nettoyage

Le tableau 3 démontre que 20 conduits sur 44 ont obtenu (2) deux comme vote médian, donc une recommandation de nettoyage. Le tableau 4 présente les moyennes et écarts types géométriques de ces valeurs.

Un log-ANOVA sur ces valeurs démontre des différences statistiquement significatives entre les trois méthodes de prélèvements ($p < 0,001$; $F = 9,5$).

Tableau 4 : Concentrations de poussières en mg/100 cm² pour les conduits à être nettoyés

IRSST	ASPEC	NADCA	Médiane des votes	# conduit
9,11	7,16	2,69	2	1
0,21	27,9	1,68	2	5
0,24	0,39	0,018	2	6
0,56	8,45	1,09	2	7
3,58	2,23	1,35	2	9
55,38	155,25	155,75	2	12
1,42	29,08	4,66	2	17
19,94	36,16	2,26	2	18
10,27	46,55	24,54	2	19
110,63	218,33	57,98	2	26
0,56	7,12	0,02	2	27
22,78	2,7	0,7	2	30
8,58	14,56	1,49	2	33
0,95	3,43	0,14	2	38
1,54	58,75	2,61	2	39
87,73	159,18	32,64	2	40
169,41	159,97	53,37	2	41
68,16	237,97	21,25	2	42
1,6	29,57	1,12	2	43
16,07	32,75	1,02	2	44
6,48	22,56	2,39	Moyenne géométrique (critère de déclenchement)	
7,91	5,48	10,93	Écart type géométrique	

Les critères de déclenchement qui correspondent aux moyennes de chacune des trois méthodes pour les 20 conduits sont donc de 6,0 mg/100 cm² pour la méthode de l'IRSST (moyenne géométrique de 6,48), de 2,0 mg/100 cm² pour la NADCA (moyenne géométrique de 2,39) et de 23 mg/100 cm² pour l'ASPEC (moyenne géométrique de 22,56). Les critères pour ces mêmes méthodes étaient dans l'étude au laboratoire de 6,0 pour la méthode IRSST, de 2,0 pour celle de la NADCA et de 3,0 pour l'ASPEC (5). Ces critères sont donc similaires à ceux obtenus en laboratoire pour les méthodes de l'IRSST et de la NADCA. Seulement le critère de l'ASPEC a

changé. Rappelons que les deux autres méthodes ne sont pas en contact direct avec la poussière. De fait, il y a 0,381 mm entre la cassette et la surface (4,5). Elles n'aspirent donc que la poussière de surface, c'est-à-dire que l'aspiration est incomplète. La méthode de l'ASPEC quant à elle a permis de gratter tout le dépôt de poussières et de le recueillir dans sa quasi-totalité. Tout est donc décollé et aspiré. C'est également cette méthode qui possède l'écart type géométrique (Tableau 4) le plus faible et donne donc des résultats plus fiables.

Il existe une corrélation statistiquement significative entre ces trois méthodes. Le coefficient de corrélation entre la méthode de l'IRSST et la NADCA est de 0,74, avec un rapport de $F = 51,01$ et un $p < 0,001$. Celui entre l'ASPEC et la NADCA est de 0,83 avec un rapport de $F = 90,89$ et un $p < 0,001$. Enfin, celui entre l'IRSST et l'ASPEC est de 0,67 avec un rapport de $F = 33,68$ et un $p < 0,001$. Ces coefficients de corrélation viennent confirmer l'utilisation de n'importe laquelle de ces trois méthodes, en autant que son propre critère soit utilisé.

3.3 Conduits de retour

Parmi les 44 conduits évalués, 11 étaient des conduits de retour (voir tableau 3). Rappelons que l'objectif principal de cette présente recherche était de valider des critères de déclenchement du nettoyage des systèmes CVCA. Toutefois, nous avons, suite à une recommandation du comité de suivi de ce projet, vérifié l'hypothèse qui affirme que les conduits de retour sont toujours plus encrassés que ceux de l'alimentation. Nous les avons donc comparés entre eux. Les résultats obtenus sont surprenants. L'analyse log-Anova n'a pas permis d'établir de différence statistiquement significative entre les dépôts mesurés pour les conduits de retour et les conduits d'admission pour les méthodes de l'IRSST ($p = 0,23$; $F = 1,45$) et de l'ASPEC ($p = 0,25$; $F = 1,37$). Pour la méthode de la NADCA, la différence était toutefois statistiquement significative ($p = 0,01$; $F = 6,25$). Nous pouvons émettre l'hypothèse que la sensibilité des méthodes a joué un rôle significatif dans les différences entre les deux types de conduits. Plus la méthode est sensible comme c'est le cas pour celle de l'ASPEC, moins qu'il semble y avoir de différences. Même si le nombre de conduits était suffisant pour faire une telle comparaison, il serait intéressant d'approfondir cette comparaison dans une future étude éventuelle de plus grande envergure.

4. PORTÉES ET LIMITES

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, les méthodes de la NADCA et de l'ASPEC sous-évaluent les concentrations réelles de poussières à cause des pertes. En effet, la poussière qui reste collée sur les parois internes des cassettes et plus spécifiquement dans le tube de prélèvement de la méthode de l'ASPEC n'est pas pesée. Ensuite, les méthodes de la NADCA et de l'IRSST n'aspirent que la poussière présente en surface. En contrepartie, c'est la méthode de l'ASPEC qui ressemble le plus aux procédés de nettoyage qu'utilisent les firmes de nettoyeurs des systèmes CVCA (12). C'est celle qui donne aussi le meilleur écart type géométrique. C'est donc cette dernière (celle de l'ASPEC) que nous recommandons d'utiliser pour évaluer d'une façon objective la propreté des systèmes CVCA avec son propre critère de déclenchement du nettoyage de 23 mg/100 cm². Rappelons que la valeur proposée de l'ASPEC au Tableau 1 pour le démarrage du nettoyage des conduits est de 4,0 mg/100 cm² (0,4 g/m²). Toutefois, étant donné que la méthodologie n'est pas complètement décrite, nous ne sommes pas en mesure de la discuter. Pour les deux autres méthodes, c'est la première fois qu'un critère de déclenchement de nettoyage est proposé.

La méthode de l'ASPEC pourra aussi éventuellement être améliorée en mettant par exemple un filtre «Accucap»® dans la cassette de prélèvement. Grâce à ce filtre, toute la poussière prélevée est pesée sans aucune perte. Il faudrait aussi y inclure le tube d'aspiration. Les pertes seront alors complètement nulles.

Pour les conduits de retour, nous les avons simplement comparés avec ceux de l'alimentation. Même si le nombre de conduits était suffisant pour faire une telle comparaison statistique, il serait intéressant de faire une comparaison systématique dans un autre projet de recherche, en utilisant par exemple des conduits des mêmes systèmes CVCA et la méthode de l'ASPEC, afin de démontrer la présence de différences statistiquement significatives ainsi que le facteur ou le nombre de fois que les concentrations des conduits de retour sont supérieures à celles de l'alimentation, s'il y a vraiment des différences.

5. CONCLUSION

Cette étude a été réalisée dans des conditions réelles d'empoussièrement à l'intérieur de conduits de système CVCA non industriels (écoles, édifices à bureaux, hôpitaux). Nous avons établi des critères de déclenchement du nettoyage des systèmes CVCA préalablement pour ces conditions. Ces critères sont de 23 mg/100 cm² pour la méthode de l'ASPEC, de 6,0 mg/100 cm² pour la méthode de l'IRSST et de 2,0 mg/100 cm² pour la méthode de la NADCA. Ces critères sont identiques à ceux obtenus en laboratoire pour les méthodes IRSST et NADCA. Ces trois méthodes peuvent être utilisées en autant que son critère correspondant soit choisi. Dans des conditions réelles, bien que le critère soit différent de celui déterminé en laboratoire, la méthode de l'ASPEC aspire la majeure partie du dépôt de surface du conduit et est donc préférable aux deux autres qui aspirent d'une façon superficielle. C'est donc cette méthode qui donne les meilleurs résultats avec l'écart type le plus faible. C'est également celle que nous recommandons.

6. BIBLIOGRAPHIE

1. ASPEC. 2004. *Maintien en propreté des réseaux aéraulique pour salles propre et environnements maîtrisés apparentés*, Association pour la prévention et l'étude de la contamination, France, mars.
2. BROSSEAU, L.M., Vesley, D., Kuehn et al.. 2000. Methods and Criteria for Cleaning Contaminated Ducts and Air-Handling Equipment. *ASHRAE Transaction* 4335 :88-199.
3. LAVOIE, J. and Lazure, L. 1994. *Guide for the Prevention of Microbial growth in Ventilation Systems*, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec, Technical guide RG-089.
4. NADCA. 2006. *Assessment, Cleaning, & Restoration of HVAC Systems*. ACR 2006. National Air Duct Cleaner Association, Washington, DC, 44 p.
5. LAVOIE, J., Gravel, R., Cloutier, Y., Bahloul, A. 2007. *Critères de déclenchement du nettoyage des systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air d'édifices non industriels*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec, Études et recherches, rapport R-525, 20 pages.
6. ASHRAE. 1992. *Gravimetric and dust-spot procedures for testing air cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter*. Atlanta, American society of heating, Refrigerating, and Air conditioning Engineers, Inc. (ANSI/ASHRAE standard 52.1-1992).
7. BOHS. 1993. *Sampling Strategies for Airborne Contaminants in the Workplace*. British Occupational Hygiene Society Technology Committee Working Group, H and H Scientific Consultants Ltd, Leeds, UK, 84 p.
8. IRSST. 1985. *Mesure de concentrations pondérales en poussières respirables et totales*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Notes et rapports scientifiques et techniques, méthode 48-1, Montréal.
9. GOYER, N., Lavoie, J., Lazure, L., et col.. 2005. *La qualité de l'air dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec, guide RG-410, 148 pages.
10. NCSS 2007. *Statistical and Power Analysis Software*, Kaysville, Utah., USA.
11. KRIPPENDORFF, K. 2008. *Content Analysis, an Introduction to its Methodology*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 481 p.
12. FINKELSTEIN, M.M. and Verma, D.K. 2001. Exposure estimation in the presence of non-detectable values: another look. *American Industrial Hygiene Association Journal* Vol. 62, (2) pp.195-198.