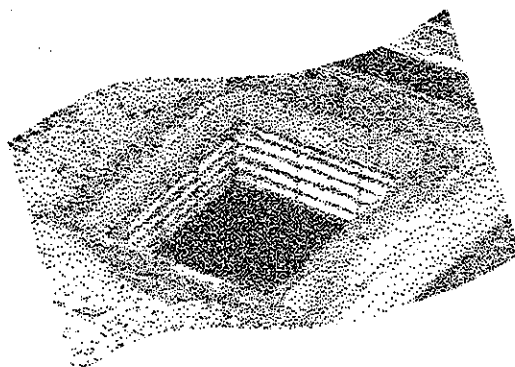


**Mesure de ventilation
par traçage :
application à un cas problème**



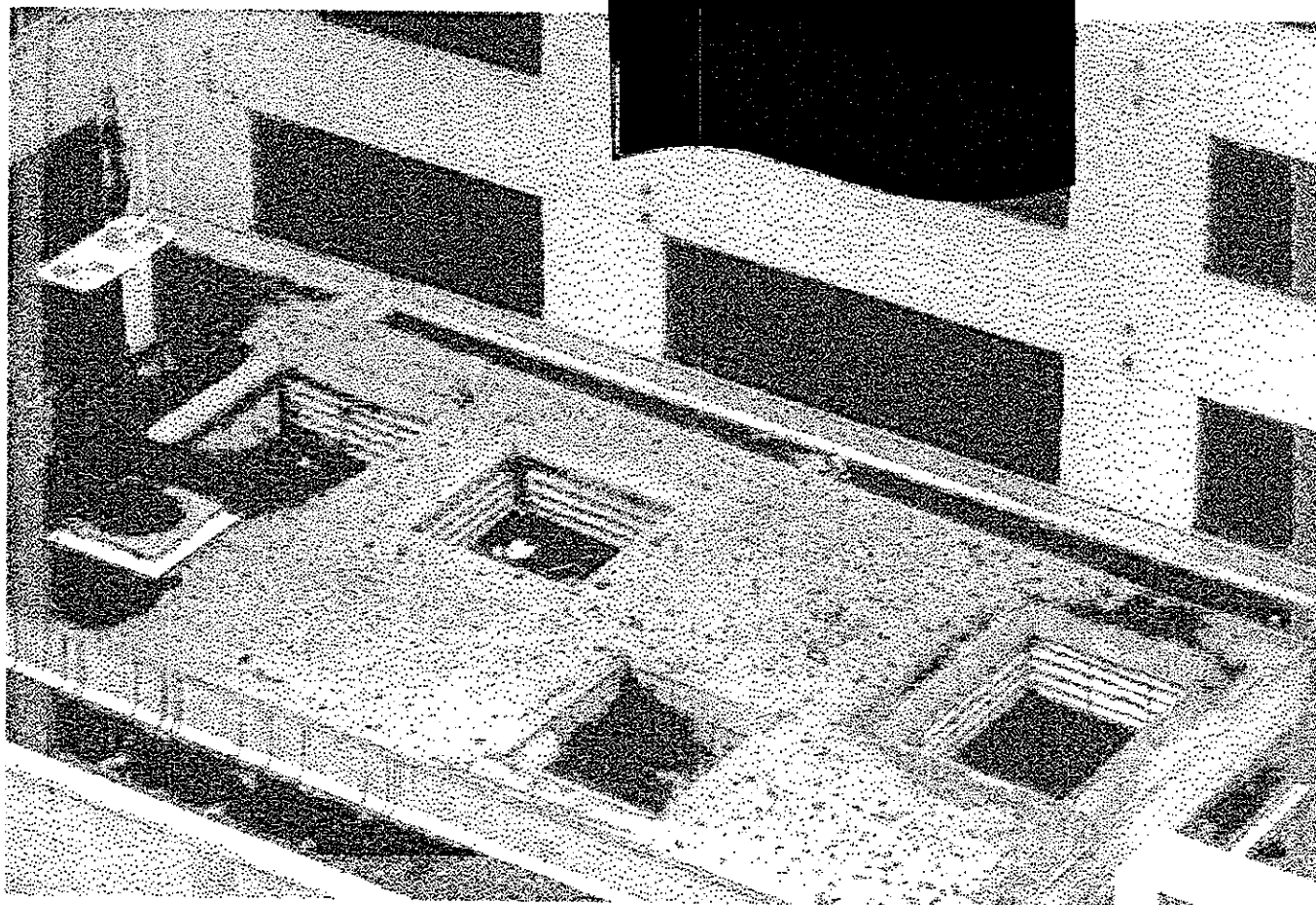
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Louis Lazure

Octobre 1995

R-115

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

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,

**Mesure de ventilation
par traçage :
application à un cas problème**

Louis Lazure, Yves Beaudet, Rodrigue Gravel et Claude Létourneau
Programme soutien analytique, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Table des matières

	Page
1.0 Mise en contexte	1
2.0 Objectifs	3
3.0 Méthodologie pour la mesure du court-circuitage	3
3.1 Évaluation qualitative	3
3.2 Évaluation quantitative	5
3.2.1 Données de base	5
3.2.2 Mesure par traçage	6
3.2.3 Mesure du court-circuitage	7
3.2.4 Mesures anémométriques	9
4.0 Résultats	9
4.1 Description des systèmes de ventilation	9
4.2 Conditions d'opération lors de l'évaluation	11
4.3 Court-circuitage de l'air évacué dans la prise d'admission d'air neuf	12
4.3.1 Évaluation qualitative	12
4.3.2 Évaluation quantitative	12
4.4 Court-circuitage entre la tour de refroidissement et les ouvrants	17
5.0 Conclusion	19
6.0 Références	20

1.0 Mise en contexte

Dans les édifices modernes, la conception des systèmes de ventilation mécanique varie d'une installation à l'autre. De façon générale, les systèmes sont composés des mêmes éléments, soit ceux indiqués sur la figure 1. La localisation de ces éléments, la géométrie de l'édifice, les écoulements d'air autour de l'édifice peuvent conduire à des situations problématiques telles que la réintroduction dans les prises d'admission d'air neuf de l'air évacué ou de l'air contaminé provenant d'autres sources avoisinantes.

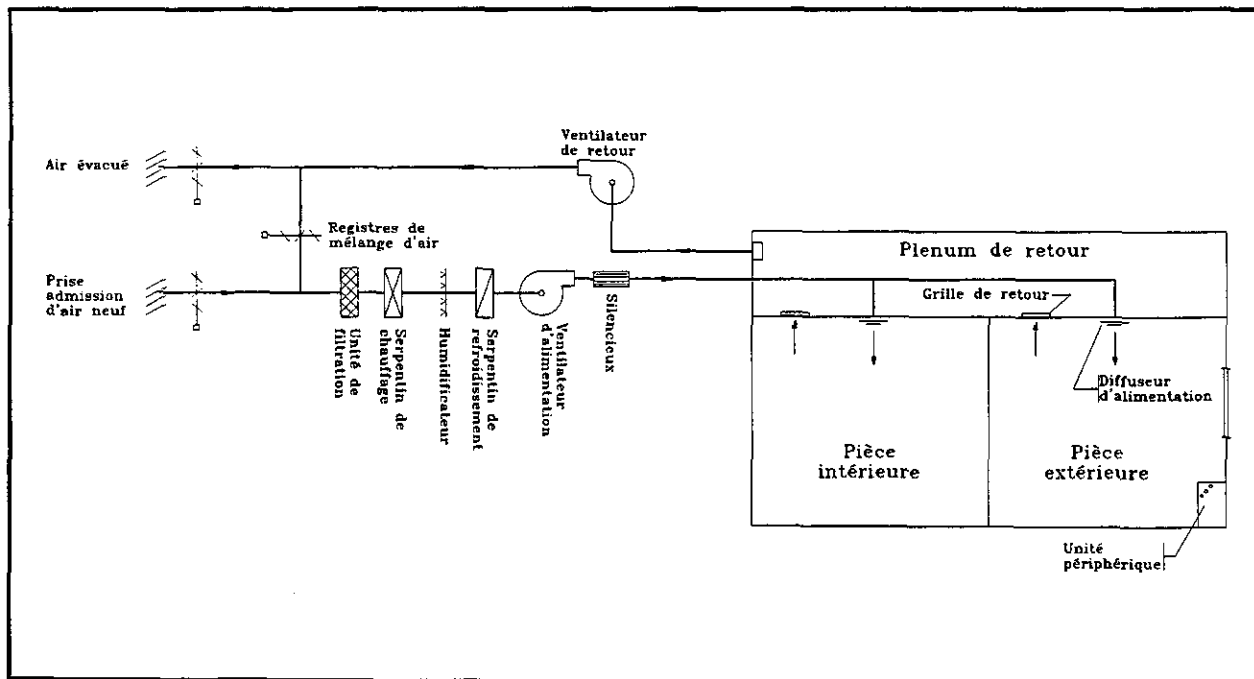


Figure 1 : Installation mécanique de ventilation

Une étude de ce phénomène de réintroduction d'air vicié appelée court-circuitage a été réalisée dans une école de la région de Montréal où de nombreux problèmes de qualité d'air ont été rapportés.

L'air de reprise évacué par les systèmes de ventilation est une source fréquente de court-circuitage (figure 2) dans les édifices ventilés mécaniquement.

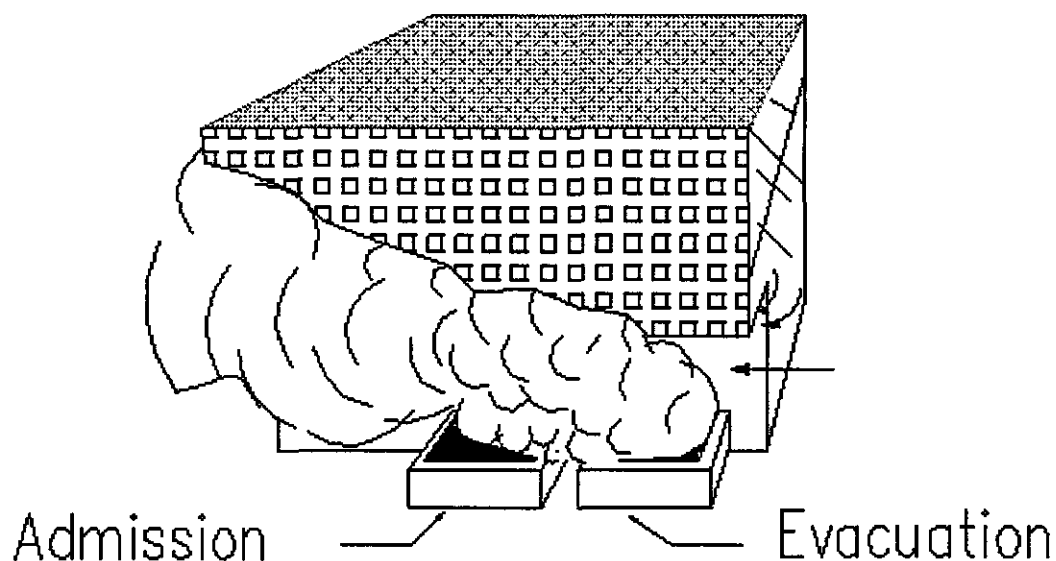


Figure 2

Le court-circuitage de l'air entre la grille d'évacuation et la prise d'air neuf dépend de plusieurs facteurs, notamment(2):

- la proximité des grilles d'évacuation et d'admission d'air;
- la direction et la magnitude des vents;
- la vitesse de l'écoulement d'air au niveau de la prise d'air et de la grille d'évacuation;
- la géométrie de l'édifice;
- la présence d'édifices à proximité.

La réintroduction par la prise d'admission de l'air vicié préalablement évacué réduit l'apport d'air neuf et dans certains cas constitue un facteur de risque important, notamment lorsque l'air vicié contient des polluants provenant de cheminées de systèmes de chauffage, d'équipements de laboratoires ou industriels ou d'événements sanitaires.

À cet égard, le Règlement sur la qualité du milieu de travail (S-2.1, r.15)(1) indique que la prise d'air frais doit être placée de façon à ne pas réintroduire de l'air préalablement évacué d'un établissement.

L'introduction par les fenêtres de polluants émis par des sources diverses constitue également dans certains cas un potentiel de risque de contamination non négligeable. À titre d'exemple, l'eau des tours de refroidissement peut être entraînée sous forme de gouttelettes et entrer en contact avec les occupants d'un édifice. Puisque l'eau des tours de refroidissement peut être source de bactéries, notamment *Legionella pneumophillia*, l'introduction de ces microorganismes peut avoir des effets néfastes sur la santé des occupants(2).

2.0 Objectifs

Deux (2) objectifs étaient poursuivis dans le cadre des évaluations menées à cette école. Premièrement, mesurer le court-circuitage réel entre la grille d'évacuation des systèmes de ventilation et les prises d'admission d'air neuf et deuxièmement, déterminer le potentiel de court-circuitage de l'air entre la tour de refroidissement et les fenêtres situées sur la face sud de l'école.

3.0 Méthodologie pour la mesure du court-circuitage

3.1 Évaluation qualitative

L'évaluation qualitative de la réintroduction de l'air vicié est réalisée à l'aide d'une source fumigène. Ainsi, en injectant de la fumée au point d'émission de la sortie d'air ou de toute autre source présumée de pollution, la dispersion atmosphérique des effluents est visualisée. Cet exercice permet de mieux comprendre la dynamique d'écoulement de l'air et de déterminer la pertinence de procéder à une évaluation quantitative subséquente plus complexe. Ce type d'évaluation est utile, dans la mesure où elle permet d'observer l'influence du vent et/ou des composantes architecturales et mécaniques localisées à proximité. À titre d'exemple, la présence d'un encorbellement sur la face extérieure d'un bâtiment peut favoriser la formation d'un écoulement d'air turbulent, créant ainsi une zone d'air stagnant. La figure 3 démontre l'existence d'une zone de turbulence et de recirculation de l'air évacué susceptible d'être réintroduit dans la prise d'air neuf.

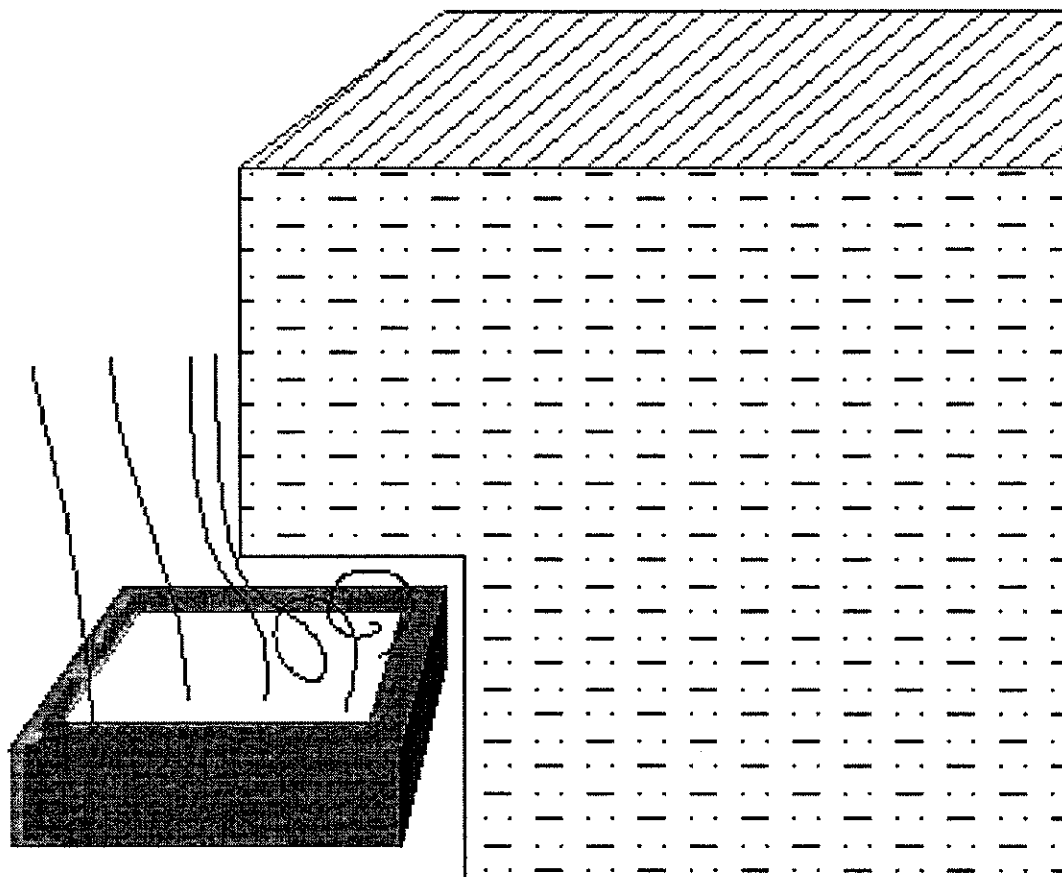


Figure 3

Lors de l'évaluation, la quantité de fumée générée doit être ajustée en fonction de la distance entre le point d'émission et le point d'observation. Toutefois, lorsque la distance est trop grande, il peut être difficile de visualiser le panache de fumée en raison de la dilution de l'air.

Ce type d'évaluation nécessite généralement peu d'équipement et de personnel et engendre des coûts relativement bas. Elle peut être facilement enregistrée avec une caméra vidéo pour analyse ultérieure.

3.2 Évaluation quantitative

3.2.1 Données de base

Préalablement aux interventions sur le terrain, il importe de connaître les conditions météorologiques normales qui prévalent au site évalué. Les conditions normales sont obtenues à partir de la compilation sur plusieurs années de données météorologiques et sont obtenues de diverses sources, notamment du service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada. Ces données permettent de s'assurer que les conditions atmosphériques au moment de l'étude sont comparables aux conditions généralement observées à cet endroit.

Compte tenu de la nature des évaluations discutées, deux paramètres météorologiques sont d'un intérêt particulier, la magnitude et la direction du vent. À Montréal (Dorval), le service de l'environnement atmosphérique dispose de données s'étalant sur une période d'une trentaine d'années. Cependant, comme la rugosité du sol a un impact marqué au niveau de la vitesse et de la turbulence, la topographie du site avoisinant la station météorologique, le type d'installation et la hauteur des instruments de mesure doivent être pris en considération lors de l'examen des relevés(3). De fait, comme la majorité des stations météorologiques sont à proximité d'aéroports, le profil du vent est peu perturbé comparativement en zone urbaine où la présence d'édifices engendre davantage de turbulence. Au besoin, les valeurs peuvent être corrigées à l'aide d'équations mathématiques qui tiennent compte du relief du site concerné.(3,4)

Selon les statistiques d'Environnement Canada(5), les conditions éoliennes moyennes mensuelles observées à l'aéroport de Dorval sont les suivantes:

Mois	Vitesse	Direction
Janvier	17,2 km/h	O
Février	16,4 km/h	O
Mars	16,5 km/h	O
Avril	16,1 km/h	O
Mai	14,4 km/h	S-O
Juin	13,5 km/h	S-O
Juillet	12,1 km/h	S-O

Août	11,4 km/h	S-O
Septembre	12,4 km/h	S-O
Octobre	14,1 km/h	O
Novembre	16,0 km/h	O
Décembre	16,0 km/h	O

À la lecture des données d'Environnement Canada, on constate que les vents les plus fréquents soufflent du secteur OSO, suivi d'un secteur centré sur le NNE.

3.2.2 Mesure par traçage

Le traceur doit être choisi en tenant compte de ses propriétés puisque celles-ci peuvent avoir un impact sur la sécurité du personnel, la précision des mesures, ou interagir avec les éléments architecturaux ou mécaniques. La sélection du traceur doit répondre aux exigences suivantes(6,7,8,9) :

- présente aucun risque de toxicité, est sans-odeur, non-irritant, ininflammable et non-explosif;
- est chimiquement stable dans les conditions d'utilisation;
- ne réagit pas chimiquement ou physiquement avec les composantes mécaniques ou architecturales;
- n'est pas présent dans l'air ambiant ou dans le système sous évaluation, ou s'il est présent il doit être à une concentration négligeable et stable;
- se mélange facilement à l'écoulement d'air;
- peut être mesuré facilement et économiquement à de faibles concentrations avec précision selon des méthodes d'analyse normalisées;
- est commercialement disponible et peu coûteux.

Aucun gaz traceur ne rencontre toutes ces exigences. Les gaz les plus utilisés sont les suivants :

Traceur	Formule	Densité	Concentration Limite permise (ppm) (1)	Remarque
Hélium	He		Asphyxiant simple	
Protoxyde d'azote	N ₂ O	1,53	50	Gaz anesthésiant
Dioxyde de carbone	CO ₂	1,53	5000	Concentration naturelle variable
Hexafluorure de soufre	SF ₆	5,11	1000	Se décompose à 550°C

Dans le cadre de cette évaluation, l'hexafluorure de soufre (SF₆) a été utilisé comme traceur.

3.2.3 Mesure du court-circuitage

Le court-circuitage de l'air évacué entre la sortie d'air et la prise d'admission d'air neuf est déterminé par le calcul du rapport entre la concentration de gaz traceur dans la prise d'admission d'air neuf et dans la gaine d'évacuation.

$$\% \text{ recirculation} = C_{an}/C_{ae} \times 100$$

où : C_{an} = concentration (ppm) de gaz traceur dans l'air neuf

C_{ae} = concentration (ppm) de gaz traceur dans l'air évacué

La concentration C_{an} est mesurée suite à l'injection à débit constant du gaz traceur en amont du ventilateur, dans les gaines de reprise du système de ventilation. L'injection du gaz à cet endroit améliore le mélange du traceur, condition essentielle pour obtenir une concentration uniforme du gaz dans l'écoulement sous évaluation.(8,9) On notera, que dans certains cas, un injecteur multi-points peut être utilisé pour favoriser le mélange du traceur dans l'écoulement

d'air. Dans un tel cas, on doit injecter le gaz à contre-courant de l'écoulement dans le conduit.

L'uniformité des mesures de la concentration en traverse de la surface du conduit d'évacuation permet d'apprécier l'homogénéité du mélange. Si le mélange n'est pas satisfaisant, la longueur du mélange doit être augmentée en conséquence. Lorsqu'un injecteur multi-points est utilisé, on peut également y injecter de la fumée pour visualiser le patron de mélange. Dans l'incapacité d'obtenir un mélange homogène, on devra effectuer une série de mesures sur la section du conduit et calculer ensuite la moyenne.

La concentration C_{ac} est mesurée au niveau de la prise d'air neuf. Préalablement à la prise de mesures, il est important de connaître les conditions d'écoulement au niveau de la grille. De fait, la configuration architecturale peut influencer de façon significative le profil d'écoulement, engendrant entre autres, sur une partie de sa surface, de la turbulence.

Génération du gaz traceur

L'hexafluorure de soufre (SF_6) non dilué est injecté à partir d'un cylindre sous pression muni d'un régulateur de pression et d'un débitmètre (rotamètre). Idéalement, le débit volumique d'injection est établi de façon à mesurer au niveau de l'évacuation une concentration, au minimum, égale à vingt-cinq (25) fois la limite inférieure de détection de l'analyseur, ce qui représente, dans le cas des analyseurs utilisés, une concentration de 125 ppb ($25 \times 5 \text{ ppb}^{10}$).

Calcul du débit volumique d'injection (DVI)

$$\text{DVI (L/min)} = (\text{CT (ppb)} \times \text{DVD (L/min)}) / 1 \times 10^9$$

où ; DVI = débit volumique d'injection

CT = concentration théorique recherchée

DVD = débit volumique de dilution (débit dans le conduit de ventilation)

$$\begin{aligned} \text{DVI (L/min)} &= (125 \times 2\,400\,000) / 1 \times 10^9 \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

Or, compte tenu de l'effet de dilution entre le point d'évacuation et la prise d'air, le débit volumique d'injection doit être augmenté. Les essais effectués sur le site ont démontré qu'une augmentation du taux d'injection à 0,88 L/min est requise.

Analyseur de gaz

Deux (2) analyseurs multigaz (Brüel & Kjaer, modèle 1302), calibrés à l'aide d'un gaz de référence, sont utilisés pour le prélèvement et la détermination par spectroscopie photoacoustique (SPA) de la concentration de SF₆ dans l'air.

La limite inférieure de détection de l'analyseur se situe à cinq (5) parties par milliard (ppb). Le temps de réponse de l'appareil varie en fonction de la longueur de la sonde de prélèvement, et est établi à trente (30) secondes avec un tube de un (1) mètre. Par conséquent, plus la longueur est courte, plus le temps de réponse est court.

L'un des analyseurs est muni d'un filtre optique (UA-0988) spécifique à la détection du SF₆ alors que l'autre analyseur est équipé d'un filtre optique (UA-0976) non spécifique, susceptible à la présence de gaz interférants. À cet égard, l'évaluation terrain a démontré qu'en utilisant une source fumigène (à base d'alcool) parallèlement à la mesure du gaz traceur, une interférence importante est induite au niveau de l'analyseur. Ces filtres ne sont pas affectés par les interférences de l'anhydride carbonique (CO₂) et de la vapeur d'eau.

3.2.4 Mesures anémométriques

Les mesures de vitesse et la direction du vent sont obtenues à l'aide d'un anémomètre ultrasonique tri-axial (Solent modèle 1012B). Les données sont mémorisées à une fréquence d'une (1) lecture à la seconde, permettant ainsi d'observer la dynamique de ces deux (2) paramètres.

4.0 Résultats

4.1 Description des systèmes de ventilation

La ventilation des locaux de l'école est assurée par cinq (5) unités centrales (filtration et chauffage) situées au niveau inférieur de l'école, avec un réseau de distribution à haute vitesse, boîte de détentes et serpentins de refroidissement en fin de course.

Le tableau suivant indique les systèmes qui desservent les différents locaux ainsi que les

débits volumiques d'alimentation et d'évacuation. Le pourcentage d'admission d'air neuf est réglé en fonction des conditions d'opération.

Système n°	Locaux	Débit total (L/sec)	Air neuf (L/sec)	
			min.	max.
A-1	classes	38 704	6 870	31 834
R-2	classes, gymnase, bibliothèque	40 802	-	-
A-8	bibliothèque	2 832	708	2 124
A-6	auditorium	2 950	708	2 242
R-7	auditorium	4 750	-	-
A-5	gymnase	6 136	708	5 428
A-3	récréation	5192	1 652 3 540	5 192

note : A = alimentation
R = évacuation

La sortie d'évacuation et la prise d'air neuf sont situées à une hauteur d'un (1) mètre au-dessus du sol. Relativement à la direction dominante des vents, la sortie d'évacuation est localisée en amont de la prise d'air neuf (figure 2), ce qui laisse présumer du potentiel de court-circuitage entre les deux.

En période de climatisation, un système de refroidissement par absorption est mis en opération. La charge thermique est évacuée par une tour de refroidissement à soufflage d'air localisée dans la cour arrière de l'école (figure 4). Compte tenu de sa localisation par rapport à la direction dominante des vents (figure 5), il est possible que de la vapeur ou de fines goutellettes d'eau en provenance de la tour soient introduites dans l'école par les fenêtres.

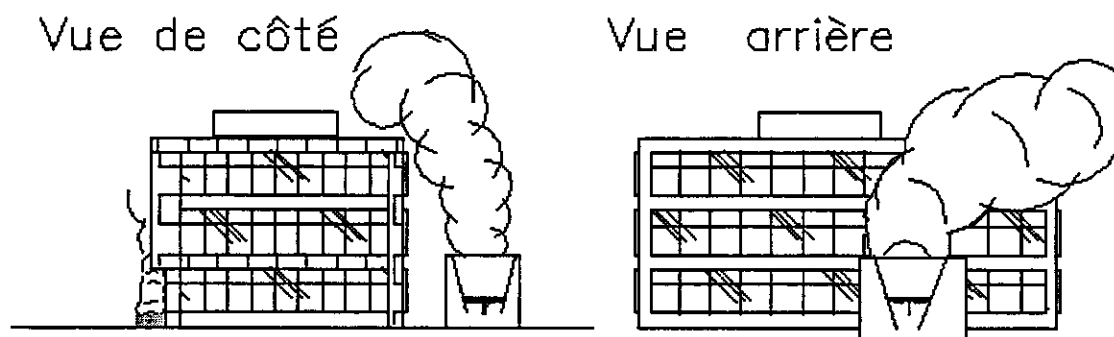


Figure 4

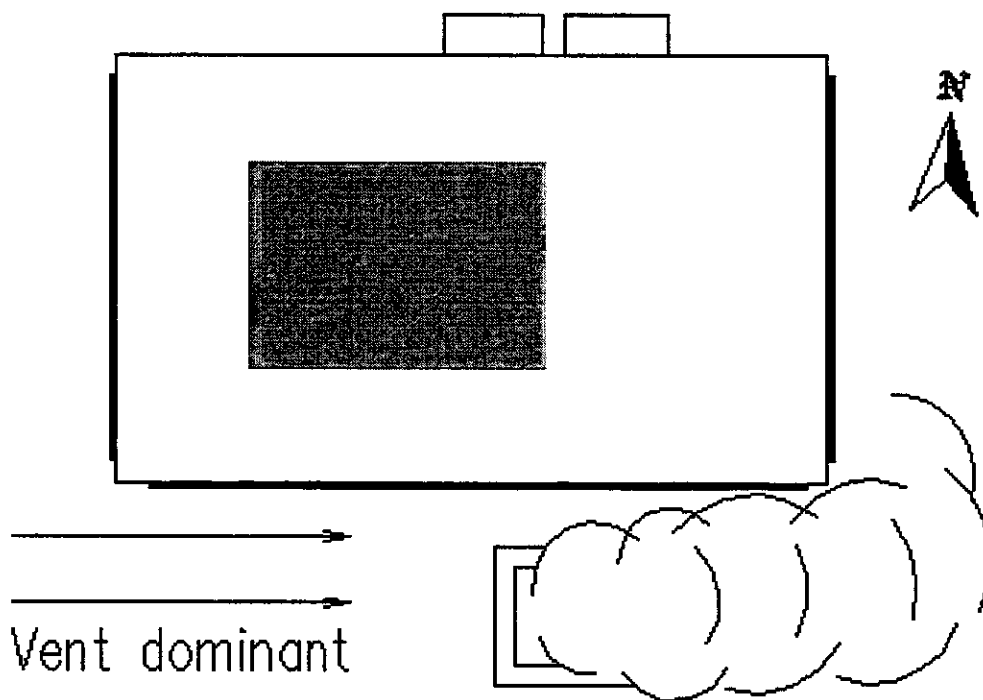


Figure 5

4.2 Conditions d'opération lors de l'évaluation

Quatre (4) modes d'opération ont été successivement testés lors de l'évaluation. Ces conditions ont été déterminées à partir des modes de fonctionnement des systèmes et permettent d'obtenir des conditions aérauliques variées aux niveaux des prises d'admission et d'évacuation d'air. Ainsi, lorsque l'apport d'air neuf se situe à $\pm 20\%$, le débit évacué est faible ($\pm 20\%$), conséquemment à basse vélocité et donc davantage susceptible d'être entraîné vers la prise d'admission.

Test	Système des classes	Autres systèmes
IA	$\pm 20\%$ air neuf	$\pm 100\%$ recirculation
IB	$\pm 20\%$ air neuf	position minimum
II	$\pm 40\%$ air neuf	position minimum
IIIA-B	$\pm 100\%$ air neuf	± 100 air neuf

4.3 Court-circuitage de l'air évacué dans la prise d'admission d'air neuf

4.3.1 Évaluation qualitative

Préalablement à la quantification du court-circuitage par traçage, une évaluation qualitative préliminaire est réalisée à l'aide d'une source fumigène. Cette évaluation a permis d'obtenir les informations suivantes :

- confirmation du phénomène de court-circuitage présumé ;
- présence de court-circuitage en présence de vents de directions dominante et non-dominante ;
- détermination d'une zone de turbulence et de stagnation importante causée par l'encorbellement de la façade ;
- confirmation de l'influence de la vitesse de l'air sur le potentiel de court-circuitage ;
- information sur le type et le sens de l'écoulement de l'air en surface des registres d'évacuation.

La visualisation à l'aide d'une source fumigène assure une meilleure compréhension des conditions aérauliques et permet d'optimiser l'évaluation quantitative par traçage effectuée subséquemment.

4.3.2 Évaluation quantitative

Lors des tests effectués le 11 août 1994, les conditions suivantes ont été observées à l'aéroport de Dorval :

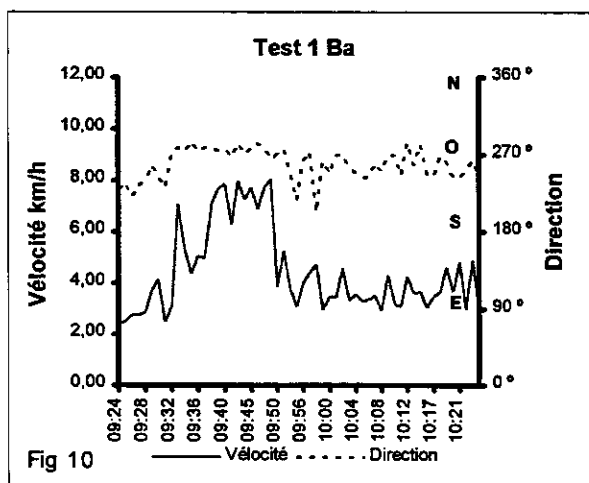
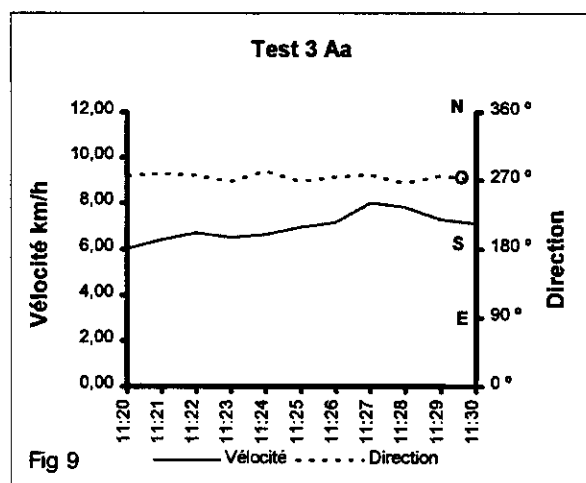
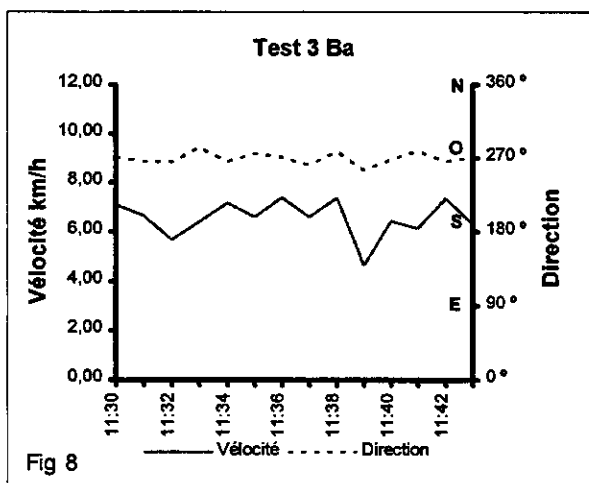
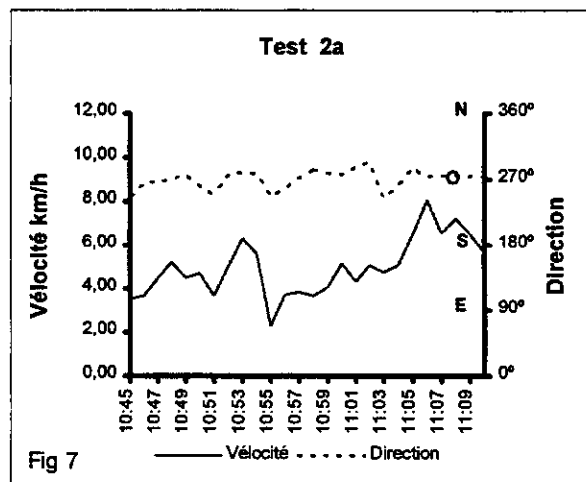
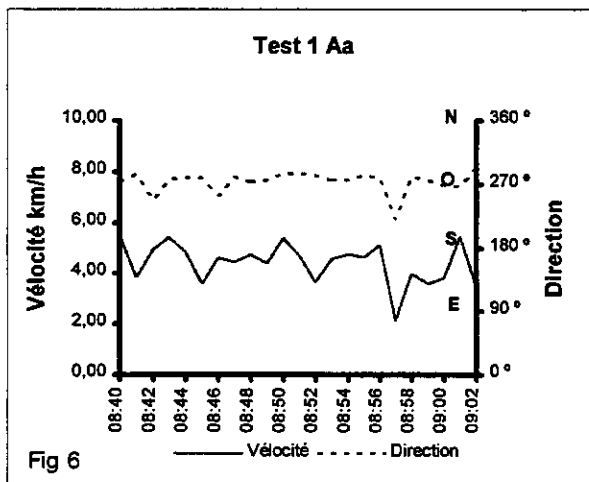
Heure	Vitesse	Direction
09:00	19,0 km/h	S-O
10:00	20,0 km/h	O-S-O
11:00	22,0 km/h	O-S-O

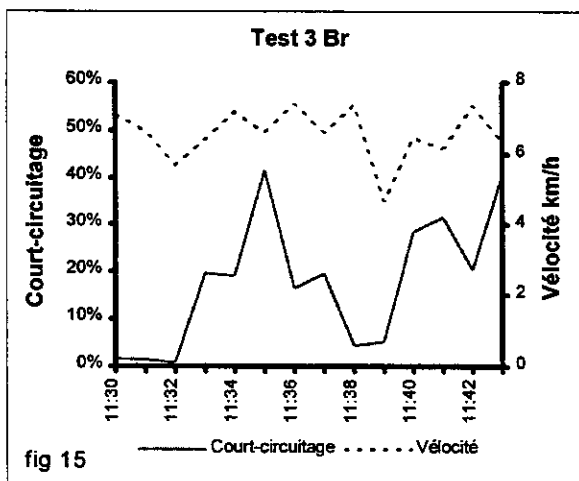
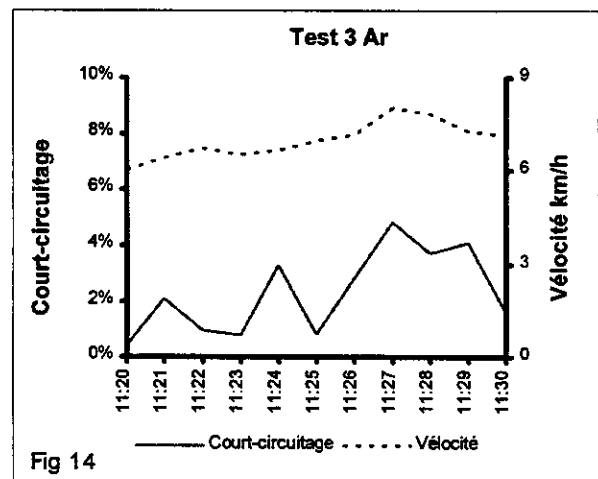
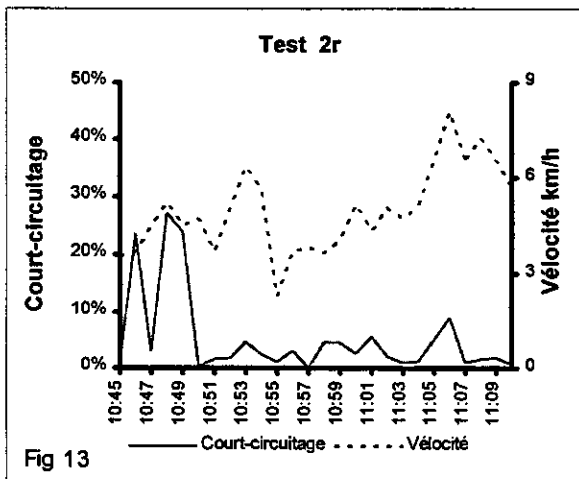
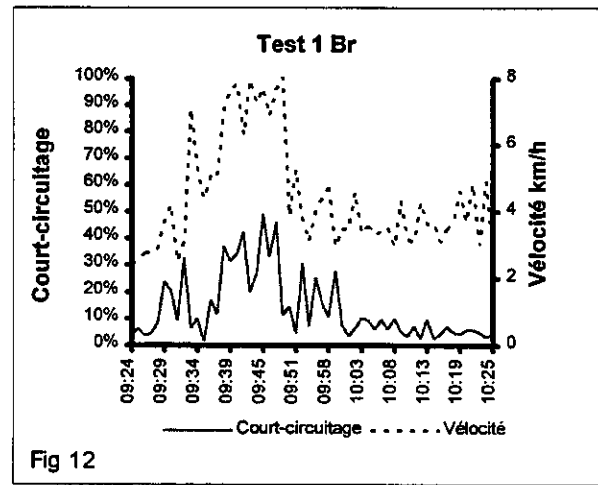
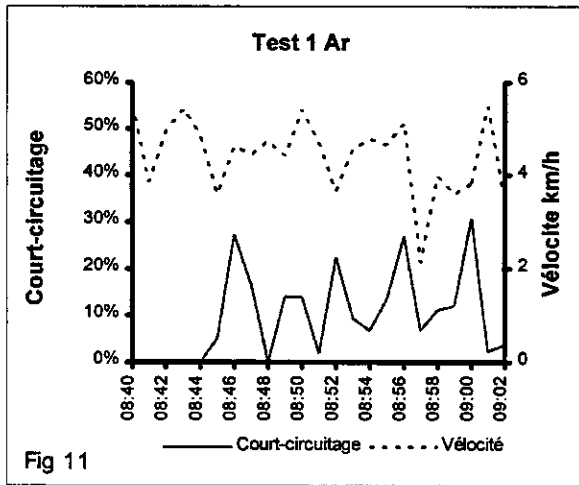
On note que les vitesses horaires sont supérieures à la vitesse moyenne mensuelle, alors que les directions correspondent à la direction normale pour le mois d'août.

Relativement aux relevés effectués sur le site d'évaluation, on observe que les vitesses sont inférieures à celles mesurées à Dorval, alors que les directions sont majoritairement en provenance de l'ouest. Pour l'ensemble des tests, la vitesse a varié entre 1,1 et 9,0 km/h, majoritairement de direction ouest (figures 6 à 10).

Heure	Vitesse	Direction
09:00	6,1 km/h	O
10:00	3,4 km/h	O
11:00	4,5 km/h	N-O

Le pourcentage de réintroduction d'air vicié est représenté pour chacun des modes d'opération aux figures 11 à 15. Les résultats indiquent, qu'au niveau de la prise d'admission d'air neuf du système alimentant les classes, la réintroduction a varié entre 0% et 49,1%. Au niveau de la prise d'admission qui alimente les autres unités, la réintroduction a varié entre 0% et 41,9%. Il est à noter, que la réintroduction totale de l'air évacué est la somme des pourcentages de recirculation mesurée à chacune des prises d'admission d'air neuf. Puisque les données n'ont pas été mesurées simultanément, le pourcentage total de recirculation ne peut être établi avec certitude.





Test	Court-circuitage (%)		Moyenne (%)	Écart type (%)	Vitesse moyenne (kmh ⁻¹)
	Min	Max			
IA	0	30,8	12,5	9,0	1,19 (± 0,82)
IB	1,4	49,1	13,8	12,4	4,44 (± 1,66)
IIA	0,1	27,3	5,2	7,6	4,98 (± 1,33)
IIIA	0,4	4,8	2,3	1,5	6,98 (± 0,6)
IIIB	0,9	41,6	17,9	14,0	6,1 (± 1,87)

À l'examen des figures 11 à 15 et du tableau précédent, on remarque :

- qu'il semble exister une relation entre l'augmentation de la vitesse du vent et l'augmentation du pourcentage d'air réintroduit, potentiellement en raison d'un effet de rabattement accru, et ;
- que le pourcentage d'air réintroduit diminue en fonction du pourcentage d'air évacué, possiblement en raison de l'augmentation de la vitesse de sortie de l'air évacué qui favorise une plus grande dispersion du traceur.

Les évaluations qualitatives et quantitatives, réalisées sous des conditions éoliennes typiques de celles observées normalement à cet endroit, démontrent clairement que l'air vicié est réintroduit par la prise d'admission d'air neuf.

Toutefois, le temps de réponse des analyseurs (± 50 sec.) ne permet pas de suivre l'évolution des concentrations de traceur avec la même rapidité que l'on obtient avec l'anémomètre (0,25 sec.). Compte tenu de la nature de l'évaluation, cette limitation a peu d'impact sur la finalité de l'étude mais est révélatrice de la nécessité de développer une méthodologie qui permettra d'accroître la rapidité de la prise de mesures. À titre d'exemple, lorsque la méthode par traçage

est utilisée pour mesurer l'efficacité de captage d'une installation de ventilation, il est nécessaire de pouvoir mesurer la variation temporelle du traceur, pour mieux comprendre l'influence des autres paramètres en présence.

Par ailleurs, différents types d'injecteurs doivent être mis à l'essai et validés en vue d'optimiser le mélange du gaz traceur dans un écoulement d'air. Lors de l'évaluation, l'injection du traceur dans les conduits de reprise juste avant le ventilateur, a permis d'obtenir un mélange homogène. Puisque beaucoup de systèmes de ventilation ne sont pas munis de ventilateur de reprise, l'homogénéité du mélange est tributaire du type d'injecteur utilisé et de la longueur de mélange disponible.

4.4 Court-circuitage entre la tour de refroidissement et les ouvrants

Le potentiel de contamination de l'air ambiant des locaux situés sur la face sud de l'école, est évalué en déterminant s'il y a court-circuitage entre la tour de refroidissement et les locaux de l'école.

L'évaluation est réalisée en injectant de l'hexafluorure de soufre (SF_6) au niveau des ventilateurs de la tour de refroidissement et en vérifiant la présence de gaz traceur dans différents locaux de l'école. Deux (2) analyseurs sont utilisés, le premier pour vérifier la présence de SF_6 dans l'air qui pénètre par la fenêtre, le second localisé dans la grille d'alimentation du local (au pied de la fenêtre) permet de mesurer le bruit de fond.

La quantité de gaz traceur à générer peut être établie préliminairement selon l'approche décrite en 3.2.3. Dans ce cas il s'agit d'obtenir le débit total des ventilateurs de la tour de refroidissement. Toutefois, compte tenu de la distance importante (approximativement 15m) entre la tour et la façade de l'école, la dilution engendrée par le vent s'avère importante et nécessite une augmentation du débit d'injection.

Les essais sont effectués sous diverses conditions éoliennes, tel qu'indiqué au tableau suivant.

Date	Heure	Direction Dorval	Vitesse Dorval (kmh ⁻¹)	Direction Site	Vitesse Site (kmh ⁻¹)
31.08	08:00	E-N-E	2	N.D.	N.D.
	09:00	E-N-E	4	E-N-E	5
	10:00	N-N-E	4	N.D.	N.D.
	11:00	N-N-E	7	E-S-E	5,1
20.09	11:00	S-S-O	19	N.D.	N.D.
	12:00	S-S-O	19	O-S-O	8,5
	13:00	S-O	24	N.D.	N.D.
	14:00	S-O	24	O-S-O	10,6
	15:00	S-O	20	S-O	7,8

L'analyse des résultats du 31 août présentés au tableau suivant, indique sous certaines conditions de vent, qu'il peut y avoir infiltration dans les classes de l'air en provenance de la tour.

Période de mesure	Nombre de lectures	Nombre d'infiltrations de SF ₆ ¹	Remarques
8:34 à 8:40	7	4 (faible)	Local 259
8:43 à 9:15	30	0	Local 317
9:20 à 9:53	31	4 (faible)	Local 313
10:28 à 11:28	61	4 (faible)	Local 253

¹ Il y avait infiltration de SF₆ lorsque la concentration mesurée était supérieure au bruit de fond de l'appareil.

En ce qui a trait aux mesures du 20 septembre, journée au cours de laquelle le vent soufflait dans une direction identique à la direction normale pour cette période, on observe au tableau suivant que les infiltrations sont fréquentes mais de faible intensité.

Période de mesure	Nombre de lectures	Nombre d'infiltrations de SF ₆	Remarques
11:29 à 12:32	65	18	local 311
13:34 à 13:40	7	4	local 112
13:45 à 15:01	77	26	local 311

5.0 Conclusion

L'application de la méthodologie par traçage a permis de déterminer pour différents modes d'opération et sous diverses conditions éoliennes, le pourcentage d'air évacué qui est réintroduit au niveau de la prise d'air neuf. L'évaluation a également permis d'examiner le potentiel de court-circuitage entre la tour de refroidissement et les fenêtres à proximité.

Au terme de ces évaluations, on constate que le succès d'utilisation de cette technique repose entre autre, sur la capacité d'obtenir un mélange homogène du gaz dans l'écoulement d'air. À cet égard, il est essentiel de répertorier, d'évaluer et au besoin de développer des sondes d'injection adaptées aux différentes conditions d'utilisation.

On note de plus, que de façon générale, l'analyse des résultats est facilitée par la possibilité de suivre sur une courte période la variation spatio-temporelle des paramètres (concentration, direction, vitesse). Or, le temps de réponse des analyseurs utilisés en limite la possibilité. Il est donc recommandé, de développer une méthodologie qui assure la prise de mesures à intervalles réguliers et à plusieurs endroits simultanément.

Compte tenu des nombreux paramètres impliqués lors de ce type d'évaluation il est recommandé de développer un cadre méthodologique afin de normaliser l'application de la technique de mesure par traçage auprès des utilisateurs.

6.0 Références

1. **Gouvernement du Québec. : Règlement sur la qualité du milieu de travail, S-2.1, r.15. février 1990.**
2. **Lavoie, J., Lazure, L. : Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Montréal, Québec, 1994.**
3. **Hutcheon, N.B., Handegord, G.O. : Building Science for a Cold Climate. CTCA, Fredericton, New Brunswick, 1989.**
4. **ASHRAE : ASHRAE Handbook, Fundamentals. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1992.**
5. **Environnement Canada : Sommaire météorologique mensuel. Service de l'environnement atmosphérique, 1994.**
6. **Brüel & Kjær : Mesurage de la ventilation à l'aide de gaz traceurs. Danemark 1991.**
7. **Lagus, P.L., Grot, R.A. : Application of Tracer Gas Analysis to industrial Hygiene Investigations. San Diego, U.S.A., 1991.**
8. **Cheong, K.W., Riffat, S.B. : A Measurement Technique Guide on the Application of Tracer-Gas Techniques for Measuring Airflow in HVAC Systems. University of Nottingham 1994.**
9. **AFNOR NX 10 141 : Mesurage de débit de gaz dans les conduites fermées. méthodes par traceurs. Association française de normalisation, 1982.**
10. **Brüel & Kjær : Instructions Vol. 1, Fonctionnement et maintenance du moniteur multigaz type 1302. Danemark.**