

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Technologies des panneaux passifs utilisés à l'intérieur: méthodes d'essai pour évaluer l'élimination et la réémission du toluène et du formaldéhyde, et la formation de sous-produits

Sultan, Zuraimi; Magee, Robert; Nilsson, Gregory; Arsenault, Chantal

For the publisher's version, please access the DOI link below. / Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/21277552>

Client Report (National Research Council of Canada. Construction), 2015-12-15

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=975a5e24-0c23-42f4-a9b4-07355b8e4701>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=975a5e24-0c23-42f4-a9b4-07355b8e4701>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Technologies des panneaux passifs utilisés à l'intérieur : méthodes d'essai pour évaluer l'élimination et la réémission du toluène et du formaldéhyde, et la formation de sous- produits

Zuraimi Sultan, Robert Magee, Gregory Nilsson, Chantal
Arsenault

15 décembre 2015



Technologies des panneaux passifs utilisés à l'intérieur : méthodes d'essai pour évaluer l'élimination et la réémission du toluène et du formaldéhyde, et la formation de sous- produits

Auteur _____
Zuraimi Sultan, Ph. D.

Auteurs Robert Magee, Gregory Nilsson, Chantal Arsenault

Approuvé par _____
Brad Gover
Chef de programme
Programme RBAM, CNRC Construction

Rapport n° : A1-000770-32.1
Date du rapport : 15 décembre 2015
Contrat n° : A1-000770-32
Date de l'entente :
Programme : RBAM

56 pages
Copie 1 de 5

Table des matières

SOMMAIRE	IV
1. INTRODUCTION	6
1.1 PRÉFACE	6
1.2 PORTÉE	8
2. PUBLICATIONS DE RÉFÉRENCE	8
3. TERMINOLOGIE	10
3.1 DÉFINITIONS	10
3.2 ABRÉVIATIONS	10
3.3 APERÇU DES MÉTHODES D'ESSAI	11
4. INSTALLATIONS ET INSTRUMENTS D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE	12
4.1 CHAMBRE À CIRCULATION D'AIR CONTRÔLÉE	12
4.2 PRÉCONDITIONNEMENT DE LA CHAMBRE	15
4.3 CHAMBRE DE PRÉTRAITEMENT UV	15
4.4 SOURCES D'ÉCLAIRAGE, FILTRES, ÉQUIPEMENT ET CONDITIONS D'ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR	15
4.4.1 SOURCE D'ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR	16
4.4.2 CONDITIONS D'ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR ET SÉLECTION DE FILTRES UV À COUPURE NETTE	16
4.4.3 MESURE DU RAYONNEMENT UV ET DE LA LUMIÈRE VISIBLE	16
4.5 TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ RELATIVE	17
4.6 PRESSION DIFFÉRENTIELLE	17
4.7 SYSTÈME D'ACQUISITION DE DONNÉES (SAD)	17
4.8 TAUX D'ÉCHANGE D'AIR ET MÉLANGE DE L'AIR DANS LA CHAMBRE	17
4.9 VITESSE DE L'AIR	18
4.10 DÉTECTEUR D'OZONE	18
4.11 ÉCHANTILLONNAGE DE L'AIR ET ANALYSE DU TOLUÈNE	18
4.12 ÉCHANTILLONNAGE DE L'AIR ET ANALYSE DU FORMALDÉHYDE	18
5. MÉTHODES D'ESSAI	19
5.1 GÉNÉRALITÉS	19
5.1.1 DESCRIPTION DE LA COLLECTE, DE L'EMBALLAGE, DU TRANSPORT ET DU STOCKAGE DU MATÉRIAU D'ESSAI TPPI	19
5.1.2 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON D'ESSAI TPPI	19
5.1.3 PRÉTRAITEMENT UV	19
5.1.4 PRÉCONDITIONNEMENT	19
5.1.5 CONDITIONS AMBIANTES	20
5.2 ESSAIS 1 ET 2 : ÉLIMINATION INITIALE DE FORMALDÉHYDE OU DE TOLUÈNE	21
5.2.1 OBJET	21
5.2.2 ESSAIS 1A ET 1B : ESSAI D'ÉLIMINATION INITIALE DE FORMALDÉHYDE	21
5.2.2.1 ESSAI 1A : ÉLIMINATION ET RÉÉMISSION DE FORMALDÉHYDE DE MATÉRIAU DE TPPI FONDÉE SUR L'OPC	21
5.2.2.2 ESSAI 1 B : ÉLIMINATION ET RÉÉMISSION DE FORMALDÉHYDE DE MATÉRIAU DE TPPI FONDÉE SUR LA SORPTION	23
5.2.3 ESSAIS 2A ET 2B : ESSAI D'ÉLIMINATION INITIALE DE TOLUÈNE	24
5.2.3.1 ESSAI 2A : ÉLIMINATION ET RÉÉMISSION DE TOLUÈNE DE MATÉRIAU TPPI FONDÉE SUR L'OPC	24
5.2.3.2 TEST 2 B : ÉLIMINATION ET RÉÉMISSION DE TOLUÈNE DE MATÉRIAU DE TPPI FONDÉE SUR LA SORPTION	25

5.2.4	ANALYSE DES DONNÉES ET RAPPORT	26
5.2.4.1	ESSAI 1A OU 2A : CALCUL ET EXPRESSION DES RÉSULTATS	28
5.2.4.2	ESSAI 1A OU 2A : RAPPORT	28
5.2.4.3	ESSAI 1 B OU 2 B : CALCUL ET EXPRESSION DES RÉSULTATS	28
5.2.4.4	ESSAI 1 B OU 2 B : RAPPORT	28
5.3	ESSAI 3 : FORMATION DE SOUS-PRODUITS.....	29
5.3.1	OBJET.....	29
5.3.2	ESSAI 3 : FORMATION D'OZONE ET DE FORMALDÉHYDE	29
5.3.3	ESSAI 3 : RAPPORT.....	31
5.3.3.1	FORMALDÉHYDE.....	32
5.3.3.2	OZONE	33
6.	RAPPORT D'ESSAI	35
6.1	EXEMPLE DE RAPPORT D'ESSAI	37
6.2	RAPPORTS D'ESSAI D'ÉVALUATION D'ÉCHANTILLON	40
6.2.1	RAPPORT D'ESSAI D'ÉVALUATION 1A : ÉLIMINATION DE FORMALDÉHYDE PAR TPPI FONDÉE SUR L'OPC 40	
6.2.2	RAPPORT D'ESSAI 1 B : ÉLIMINATION DE FORMALDÉHYDE PAR TPPI FONDÉE SUR LA SORPTION.....	42
6.2.3	RAPPORT D'ESSAI 2A : ÉLIMINATION DE TOLUÈNE PAR TPPI FONDÉE SUR L'OPC	43
6.2.4	RAPPORT D'ESSAI 2 B : ÉLIMINATION DE TOLUÈNE PAR TPPI FONDÉE SUR LA SORPTION.....	45
6.2.5	RAPPORT D'ESSAI 3 : FORMATION DE SOUS-PRODUITS	46
6.3	SOMMAIRE D'ÉVALUATION	48
	ANNEXE A - INFORMATION.....	49
	TECHNOLOGIES.....	49
	<i>TPPI fondées sur des processus de sorption</i>	49
	<i>TPPI fondées sur des processus d'OPC</i>	50
	NORMES ÉTABLIES TOUCHANT LA PERFORMANCE DES TPPI.....	51
	<i>Normes sur les TPPI fondées sur la sorption</i>	51
	<i>Normes sur les TPPI fondées sur l'OPC</i>	51
	CHAMBRE D'ESSAI UTILISÉE DANS LES NORMES SUR LES TPPI.....	52
	SOMMAIRE DES BESOINS D'ÉLABORATION D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DES TPPI ET DE CONSULTATION.....	53
	VALEURS DE LIGNE DIRECTRICE POUR DES COMPOSÉS ORGANIQUES INDIVIDUELS, LE FORMALDÉHYDE ET L'OZONE	55

Liste des tableaux

Tableau 1. Élimination par sorption dans des conditions d'obscurité.....	40
Tableau 2. Concentrations de formaldéhyde en essai avec éclairage intérieur	41
Tableau 3. Concentrations de formaldéhyde en essai	42
Tableau 4. Élimination par sorption dans des conditions d'obscurité.....	43
Tableau 5. Concentrations de toluène en essai avec éclairage intérieur.....	44
Tableau 6. Concentrations de toluène en essai.....	45
Tableau 7. Formaldéhyde en formation de sous-produit avec éclairage intérieur	46
Tableau 8. Ozone en formation de sous-produit avec éclairage intérieur.....	47
Tableau 9. Aperçu des normes établies sur la performance des TPPI.....	

Liste des figures

Figure 1 - Schéma de l'ensemble chambres extérieure et intérieure.....	13
Figure 2 - Schéma de l'ensemble chambres extérieure et intérieure illustrant les fenêtres optiques d'éclairage intérieur	14
Figure 3 - Exemple d'installation réelle d'une chambre d'essai des TPP.....	15
Figure 4 - Emplacements de mesure de la lumière et de la vitesse de l'air (losanges rouges)	21

Sommaire

Cette méthode d'essai a été élaborée par le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) afin d'établir la performance initiale de technologies de panneaux passifs utilisés à l'intérieur (TPPI) dans l'élimination du formaldéhyde et du toluène gazeux, et d'évaluer la réémission des gaz séquestrés et la formation de sous-produits nuisibles. Ce nouveau protocole s'inspire de normes établies de sorption afin d'évaluer la performance de TPPI faisant appel à un sorbant ou à l'oxydation photocatalytique (OPC) pour éliminer le formaldéhyde et le toluène à l'intérieur. Comme certaines TPPI fondées sur l'OPC pourraient être influencées par un effet de sorption, le nouveau protocole distingue les performances d'élimination attribuables respectivement à l'éclairage et à la sorption. Ce protocole fait appel à une chambre améliorée, avec un contrôle approprié de la vitesse de l'air et du niveau de turbulence pour simuler des conditions intérieures, plutôt qu'à une chambre de photoréactivité. De plus, la chambre utilise un éclairage intérieur (plutôt qu'une source UV) comme source d'éclairage pour refléter plus fidèlement des applications intérieures. Avec l'évaluation de la formation de sous-produits, ce nouveau protocole est le premier à tenir compte de la protection des occupants du bâtiment contre l'exposition à des polluants nuisibles.

Le financement du projet provient du Programme de réglementation de la qualité de l'air du gouvernement du Canada, visant l'élaboration de trois protocoles d'évaluation de l'efficacité de solutions pour la QAI. Le protocole a été formulé par des chercheurs du CNRC guidés par un Comité technique consultatif (CTC) constitué pour l'occasion, dont les membres comprenaient des représentants d'organismes fédéraux et provinciaux, d'associations de l'industrie, d'organisations non gouvernementales, de gouvernements municipaux et d'associations de normalisation au Canada. L'élaboration du protocole comprenait également des consultations auprès d'intervenants, notamment des constructeurs, des chercheurs, des partenaires de l'industrie et des professionnels de la santé. Nous tenons à remercier les membres du CTC et les intervenants pour leurs contributions. La conformité à la méthode d'essai et à l'interprétation connexe des données est volontaire.

Membres du **Comité technique consultatif** sur les solutions en matière de QAI, Initiative du CNRC sur l'air intérieur

Membre	Organisme
Zuraimi M Sultan, <i>Président</i>	Conseil national de recherches du Canada
Glenn Curtis <i>Vice-président</i>	Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération (ICCCR); S&P Canada Ventilation Products Inc.
Regina De La Campa	Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL)
Eomal Fernando	CSA (Association canadienne de normalisation) International
Nihat Rahman	EXOVA Canada Inc.
Aaron Wilson	Santé Canada
Gemma Kerr	InAIR Environmental Ltd
Gregory Nilsson	Conseil national de recherches du Canada
Robert Magee	Conseil national de recherches du Canada
Roy Clough	JADA Solutions (HSE) Inc
Brian Stocks	Expert-conseil indépendant
Connie Choy	Ontario Lung Association
Glenna Gray	Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
Zhongchao Tan	Université de Waterloo
Mike Lubun	Ressources naturelles Canada (RNCan)
Nick Agopian	RenewAire
Robert Marshall	Certainteed Gypsum-Canada

Technologies des panneaux passifs utilisés à l'intérieur : méthodes d'essai pour évaluer l'élimination et la réémission du toluène et du formaldéhyde, et la formation de sous-produits

1. Introduction

1.1 Préface

Cette méthode d'essai décrit des procédures pour déterminer la performance initiale de technologies de panneaux passifs utilisés à l'intérieur pour réduire les concentrations de composés organiques volatils (COV) aéroportés, et évaluer la réémission de polluants séquestrés et la formation de sous-produits. Le protocole a été élaboré par le portefeuille Construction du Conseil national de recherches du Canada, guidé par un Comité technique consultatif (CTC) constitué afin d'élaborer une série de protocoles d'évaluation de solutions de QAI.

Les technologies de panneaux passifs utilisés à l'intérieur (TPPI) se rapportent à des matériaux de construction pour l'intérieur conçus explicitement pour éliminer des polluants de leur surface sans apport énergétique supplémentaire autre que les opérations normales du bâtiment. Les TPPI englobent des panneaux muraux, du papier peint, des moquettes, des revêtements de sol, des produits de peinture, des carreaux acoustiques et autres matériaux de construction de conception spéciale pour utilisation à l'intérieur. Deux des mécanismes exploités par ces technologies sont la sorption et l'oxydation photocatalytique (OPC). Les technologies de sorption reposent sur deux principes, l'adsorption et la chimisorption. Dans les technologies reposant sur l'OPC, le processus repose sur l'éclairement de matériaux de construction contenant un photocatalyseur ou recouverts d'une pellicule photocatalytique, habituellement des oxydes métalliques semi-conducteurs réagissant à la lumière intérieure (section 7.1.2).

Il existe un nombre limité de normes pour l'évaluation de la performance des TPPI dans des applications intérieures du bâtiment (les principaux aspects de performance de TPPI couverts par les normes existantes sont résumés à la section 7). Ces normes limitées traitent d'importants aspects de la performance d'élimination de polluants intérieurs, mais aucune ne traite d'autres éléments de performance spécifiques à des applications intérieures, notamment les suivants.

1. Essais sur la formation de produits secondaires nuisibles, pour protéger la santé des humains.
2. Essais optimisés sur la performance à long terme des TPPI (28 jours par échantillon réputés trop long).
3. Essais de la performance de séquestration des TPPI en présence d'effets de salissure ou d'autres traitements de surface (p. ex., peinture, papier peint).
4. Essais sur la réémission des COV séquestrés.

5. Essais sur des réactions hétérogènes entre les COV séquestrés et l'ozone, menant à la formation de sous-produits nuisibles.
6. Essais des TPPI faisant appel à des matériaux de mur, plafond et plancher dans une chambre à échelle réelle (taille d'une pièce).
7. Essais d'échantillons de matériaux des TPPI dans une chambre avec un contrôle approprié de la vitesse de l'air et de la turbulence, représentatif de l'environnement intérieur.
8. Des échantillons de matériaux fondés sur l'OPC ne sont pas évalués dans une chambre représentative de l'environnement intérieur (réacteur mélangeur, contrôle de la vitesse de l'air et de la turbulence) et éclairée à la lumière visible d'une source conventionnelle d'éclairage intérieur (plutôt qu'une source UV).
9. Les qualités de sorption des échantillons de matériaux fondés sur l'OPC ne sont pas abordés adéquatement.

De juin à octobre 2012, on a demandé à des intervenants (constructeurs, chercheurs, partenaires de l'industrie et professionnels de la santé) de répondre à un questionnaire afin de cerner les lacunes, de prioriser les domaines d'élaboration d'une méthode d'essai des TPPI et de définir un consensus de l'industrie. Parmi les divers aspects de la performance relative à la QAI abordés, des intervenants recommandaient comme éléments très prioritaires une évaluation par essais de performance à long terme, la formation de sous-produits, des essais de matériaux à échelle réelle (taille d'une pièce) et l'impact de conditions de salissure sur la performance d'élimination. Ils recommandaient également de retenir l'ozone, le formaldéhyde et le toluène comme polluants intérieurs à prendre en compte dans l'évaluation de la performance des TPPI pour la QAI. Le CTC s'est réuni en novembre 2012 pour définir la portée de la performance critique en vue de l'élaboration d'un protocole. Avec l'orientation du CTC, les suggestions ont été concentrées dans trois domaines prioritaires, en fonction de la faisabilité, du caractère pratique et de la disponibilité des ressources. Plus particulièrement, le CTC recommandait de donner suite aux priorités suivantes :

1. effectuer à partir d'un même protocole des essais de performance des TPPI fondées sur la sorption et l'OPC dans l'élimination du formaldéhyde et du toluène;
2. caractériser l'émission de sous-produits de contaminants par les TPPI;
3. effectuer des essais sur la réémission de COV séquestrés.

Ce nouveau protocole part de normes établies pour la sorption afin d'évaluer la performance des TPPI fondées sur la sorption et l'OPC dans l'extraction de formaldéhyde et de toluène à l'intérieur. Étant donné que l'effet sorptif peut avoir une influence sur certaines TPPI fondées sur l'OPC, le nouveau protocole distingue la performance d'élimination attribuée à l'éclairage et celle attribuée à la sorption. Le protocole fait appel à une chambre améliorée avec contrôle approprié de la vitesse de l'air et du niveau de turbulence pour simuler des conditions d'intérieur, plutôt qu'à une chambre à photoréacteur. De plus, la chambre est dotée d'un éclairage intérieur (plutôt que d'une source UV) comme source d'éclairage, plus représentatif d'applications intérieures. Avec des essais sur la formation de sous-produits, le nouveau protocole est le premier à s'intéresser à la protection des occupants d'un bâtiment contre l'exposition à des polluants nuisibles. En bref, en partant de méthodes normalisées limitées et en

améliorant la chambre et des techniques particulières, ce protocole apporte des modalités d'essai innovatrices susceptibles de faciliter son adoption par l'industrie et les organisations de normalisation, pour ainsi améliorer l'évaluation des produits. Le protocole élaboré pour les TPPI sera appliqué à des bâtiments résidentiels et de bureaux commerciaux.

1.2 Portée

Ce protocole décrit une méthode d'évaluation de la performance de TPPI employées dans des bâtiments résidentiels et des bureaux commerciaux. Plus spécifiquement, il traite des aspects suivants de performance des panneaux passifs :

- essais de performance des TPPI fondées sur la sorption et l'OPC dans l'élimination du formaldéhyde et du toluène;
- évaluation du niveau de réémission du formaldéhyde et du toluène séquestrés;
- évaluation des taux d'émission de sous-produits par les TPPI.

L'échantillon d'essai pour les TPPI sera une pièce ou un élément représentatif du matériau de construction des TPPI et de la façon de l'utiliser dans un environnement intérieur.

2. Publications de référence

ASTM D5116-2010 - *Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions from Indoor Materials/Products.*

ASTM D5197-2009e1. *Standard Test Method for Determination of Formaldehyde and Other Carbonyl Compounds in Air (Active Sampler Methodology).*

ASTM D6196-03-2009. *Standard Practice for Selection of Sorbents, Sampling, and Thermal Desorption Analysis Procedures for Volatile Organic Compounds in Air.*

ASTM D6345-2010. *Standard Guide for Selection of Methods for Active, Integrative Sampling of Volatile Organic Compounds in Air.*

ASTM E 741-2011. *Test Method for "Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution"*

Aiello M., et R. McLaren. *Measurement of airborne carbonyls using an automated sampling and analysis system*, Environ Sci Technol. 43(23), pp. 8901-7, 2009.

Gilbert N.L., M. Guay, J.D. Miller, S. Judek, C. C. Chan, R.E. Dales. *Levels and determinants of formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein in residential indoor air in Prince Edward Island, Canada*, Environmental Research, 99(1), pp. 11-7, 2005.

Gunschera J., J.R. Andersen, N. Schulz, T. Salthammer T. *Surface-catalysed reactions on pollutant-removing building products for indoor use*, Chemosphere, 75, pp. 476-482, 2009.

Santé Canada. *Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur résidentiel : Formaldéhyde*, 2006.

Santé Canada. *Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur résidentiel : Ozone*, 2010.

Santé Canada. *Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur résidentiel : Toluène*, 2012.

Ifang S., M. Gallus, S. Liedtke, R. Kurtenbach, P. Wiesen, J. Kleffmann. *Standardization methods for testing photo-catalytic air remediation materials: Problems and solution*. Atmospheric Environment, 91, pp. 154-161, 2014.

Norme ISO 16000-23. *Essai de performance pour l'évaluation de la réduction des concentrations en formaldéhyde par des matériaux de construction sorptifs.*

Norme ISO 16000-24. *Essai de performance pour l'évaluation de la réduction des concentrations en composés organiques volatils (sauf formaldéhyde) par des matériaux de construction sorptifs.*

Norme ISO 22197-1. *Céramiques techniques - Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air -- Partie 1 : Élimination de l'oxyde nitrique.*

Norme ISO 22197-2. *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 2 : Élimination de l'acétaldéhyde.*

Norme ISO 22197-3. *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 3 : Élimination du toluène.*

Norme ISO 22197-4. *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 4 : Suppression du formaldéhyde.*

Norme ISO 22197-5. *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 5 : Suppression du mercaptan méthylique.*

Norme ISO 10677. *Céramiques techniques -- Sources lumineuses UV destinées aux essais des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs.*

Lajoie P., D. Aubin, V. Gingras, P. Daigneault, F. Ducharme, D. Gauvin, D. Fugler, J.M. Leclerc, D. Won, M. Courteau, S. Gingras, M.-È. Héroux, W. Yang, H. Schleibinger. *The IVAIRE project - a randomized controlled study of the impact of ventilation on indoor air quality and the respiratory symptoms of asthmatic children in single family homes*, Indoor Air. 25(6), pp. 582-97, 2015.

Liu L.J., P. Koutrakis, J. Leech, I. Broder. *Assessment of ozone exposures in the greater metropolitan Toronto area*, Journal of Air & Waste Management Association, 45, pp. 223-34, 1995.

Nazaroff, W.M. *Effectiveness of air cleaning technologies*. Proceedings of Healthy Buildings 2000, Espoo, Finland, 2, pp. 49-54, 2000.

Reardon J. *Évaluation de la ventilation naturelle dans les bâtiments résidentiels au Canada*, rapport client B-3316.1a, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, 2007.

Weschler C.J. *Ozone in indoor environments : concentration and chemistry*, Indoor Air, 10(4), pp. 269-88, 2000.

Zhang, J.S., C.Y. Shaw, J.M. Kanabus-Kaminska, R.A. MacDonald, R.J. Magee, E. Luszyk, H.J. Weichert. *Study of air velocity and turbulence effects on organic compound emissions from building materials/furnishings using a new small test chamber*, ASTM Symposium on Methods for Characterizing Indoor Sources and Sinks

(Washington, DC, USA, 1994), pp. 184-199, NRCC-38478 IRC-P-3877 ASTM-STP-1287, 1996.

Zhang J.S., C.Y. Shaw, L.C. Nguyen-Thi, R.A. Macdonald, G. Kerr. *Field measurements of boundary layer flows in ventilated rooms*, ASHRAE Transactions, 101 (Pt 2), pp. 1-9, 1995.

Zuraimi M.S., R. Magee, G. Nilsson. *IAQ Solutions and Technologies : Review and Selection for Protocol Development*, pp. 1-173, 31 mars 2011 (NRCC-54495), 2011.

<http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc54495.pdf>

3. Terminologie

3.1 Définitions

Gaz d'épreuve - Mélange d'air et de polluant(s) en concentrations déterminées, préparé à partir d'un gaz étalon ou d'un gaz à étalonnage zéro, pour des essais de performance sur un matériau TPPI.

Air pur – Air apporté dans la chambre de prétraitement, de conditionnement ou de circulation d'air, filtré pour limiter les particules, le COV et l'ozone. L'air est considéré comme « pur » si les niveaux de conditions ambiantes énoncées à la section 5.1.5 sont respectés.

Conditions d'obscurité - Condition d'essai sans éclairage des échantillons d'essai à partir de la source lumineuse d'essai et d'éclairage de la pièce.

Photocatalyseur - Substance qui remplit une ou plusieurs fonctions par réactions d'oxydation et de réduction en présence de photo-irradiation, y compris la décomposition et l'extraction de contaminants de l'air et de l'eau, la désodorisation et des actions antibactérienne, antibuée et d'autonettoyage.

Matériaux photocatalyseurs - Matériaux dans lesquels ou sur lesquels le photocatalyseur est ajouté par revêtement, imprégnation, mélange ou autrement.

Concentration dans la chambre d'essai – Concentration (air intérieur) du gaz d'épreuve mesurée à la sortie d'une chambre d'essai, calculée en divisant la masse du gaz d'épreuve échantillonnée à la sortie de la chambre par le volume d'air échantillonné.

3.2 Abréviations

A	superficie
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BR	taux d'émission de sous-produits
C	concentration
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage
cfm	pieds cubes par minute
DC	courant continu
DNPH	2,4-dinitrophénylhydrazine
ER	taux d'émission
GC/MS	chromatographe gazeux/spectromètre de masse
HPLC	chromatographie en phase liquide à haute résolution
IPPT	technologies des panneaux passifs utilisés à l'intérieur

ISO	Organisation internationale de normalisation
k_d	vitesse de dépôt
L	litres
L/s	litres par seconde
LOD	limite de détection
mg/h	milligrammes par heure
N	taux de renouvellement de l'air
Pa	pascals
PCO	oxydation photocatalytique
PTFE	polytétrafluoroéthylène
ppb	parties par milliard
Q	débit de circulation d'air
Re	réémission de polluant séquestré des TPPI
RH	humidité relative
RoS	étendue de pente
RR_A	taux d'élimination pour la superficie
TLT	seuil de longueur d'onde de transmission
t_e	délai d'atteinte de la percée des TPPI
UV	ultraviolet
VOC	composés organiques volatils
VVOC	composés organiques très volatils
VR_A	taux de ventilation pour la superficie
W/m²	watts par mètre carré
ϵ	efficacité
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	microgramme par mètre cube
°C	degrés Celsius
lx	lux

3.3 Aperçu des méthodes d'essai

Une méthode d'épreuve de concentration constante servira à évaluer l'élimination du toluène ou du formaldéhyde par les TPPI. Pour les TPPI fondées sur la sorption, une quantité connue de toluène ou de formaldéhyde est introduite pour atteindre les concentrations voulues au port d'entrée de la chambre, et maintenue pendant une période d'au moins 96 heures. Après cette période, l'injection d'épreuve est arrêtée. En comparant les concentrations de toluène ou de formaldéhyde aux ports d'entrée et de sortie de la chambre, la performance d'élimination de la TPPI se calcule en déterminant le taux d'élimination pour la superficie et le taux de ventilation pour la superficie.

Dans le cas des TPPI fondées sur l'éclairement, l'essai qui précède est modifié pour tenir compte d'aspects clés de l'OPC. Une quantité connue de toluène ou de formaldéhyde est introduite pour atteindre les concentrations voulues au port d'entrée de la chambre dans des conditions d'obscurité avec mesurage des concentrations au port de sortie. Sur confirmation de l'effet minimal de sorption de la TPPI, le spécimen d'essai sera irradié par éclairage constant au moyen d'un éclairage fluorescent pendant 72 heures. Après cette période d'éclairement, l'injection d'épreuve est arrêtée et l'éclairage est éteint. En comparant les concentrations de toluène ou de formaldéhyde

aux ports d'entrée et de sortie de la chambre pendant l'éclairement, la performance d'élimination de la TPPI est calculée en déterminant le taux d'élimination pour la superficie et le taux de ventilation pour la superficie.

L'essai des technologies à sorption est augmenté d'une évaluation des effets de réémission de polluants séquestrés. Après la fin de l'injection d'épreuve, les concentrations de toluène ou de formaldéhyde aux ports d'entrée et de sortie sont mesurées pendant une autre période de 72 heures. La réémission de toluène ou de formaldéhyde se calcule en comparant les concentrations à la sortie après 168 heures à la quantité séquestrée pendant la phase d'injection de l'essai.

L'essai des technologies à éclairage sert à évaluer la formation de sous-produits par les TPPI. La formation de formaldéhyde et d'ozone sera évaluée dans des conditions d'épreuve de concentration constante de toluène et d'éclairement par un éclairage fluorescent. La comparaison des concentrations de formaldéhyde et d'ozone aux ports d'entrée et de sortie de la chambre permet de calculer le taux de formation de produits secondaires.

4. Installations et instruments d'évaluation de la performance

4.1 *Chambre à circulation d'air contrôlée*

La chambre d'évaluation de la performance des TPPI sera étanche à l'air, capable de contrôler des conditions environnementales comme la température et l'humidité relative, le débit de circulation d'air, la vitesse de l'air et les niveaux de turbulence sur la surface du matériau TPPI, et l'éclairement de la surface du matériau TPPI. Pour ce protocole, la chambre employée était une petite chambre modifiée conçue pour des essais d'émissions de COV à partir de matériaux de petits bâtiments, dans des conditions contrôlées de vitesse de l'air et de turbulence (figure 1) (Zhang et al., 1996). L'installation comporte une chambre extérieure et une chambre intérieure, entièrement construites d'acier inoxydable poli électrolytiquement. La chambre extérieure a des dimensions intérieures de 1 par 0,8 par 0,5 m de hauteur (volume interne de 0,4 m³).

Le contrôle de l'humidité sur la surface de l'échantillon TPPI s'effectue en maintenant le niveau d'humidité de l'air soufflé vers la chambre extérieure. La température est contrôlée en maintenant les valeurs de réglage de l'environnement ambiant de la chambre. Les capteurs d'humidité installés à l'intérieur de la chambre extérieure envoient leur signal directement au contrôleur. La différence de pression entre la chambre extérieure et la pièce est surveillée au moyen d'un capteur de pression différentielle.

1. CHAMBRE EXTÉRIEURE
2. CHAMBRE INTÉRIEURE
3. ÉCRANS DE STABILISATION DE LA CIRCULATION
4. PLAQUE PERFORÉE
5. FENÊTRE VITRÉE
6. SUPPORT DE LA CHAMBRE INTÉRIEURE
7. CONTENANT D'ÉCHANTILLON
8. PLAQUE TAMPON
9. VENTILATEUR
10. MOTEUR CC

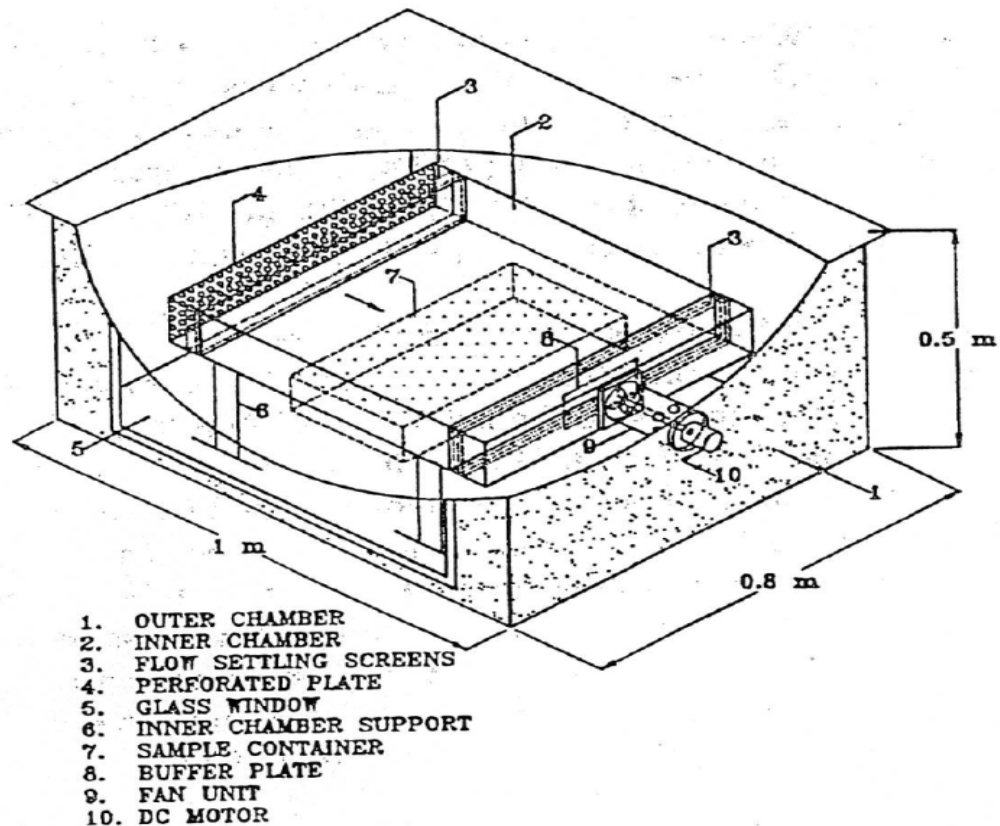


Figure 1 - Schéma de l'ensemble chambres extérieure et intérieure

Le contrôle de la vitesse de l'air et de la turbulence sur la surface de l'échantillon TPPI s'effectue par une chambre intérieure. Comme l'illustre la figure 1, la chambre intérieure comporte trois sections, soit une section amont constituée d'une plaque perforée et de plusieurs écrans de stabilisation de la circulation et de contrôle du niveau de turbulence, une section intermédiaire avec une circulation d'air relativement uniforme sur la surface exposée de l'échantillon PTTI, et une section aval comprenant plusieurs écrans de stabilisation de la circulation et une plaque tampon. La plaque tampon se situe devant un ventilateur axial dans un tube d'acier inoxydable dans la section aval. Ce ventilateur comporte des pales, un conduit cylindrique avec des trous percés en aval des pales, et un arbre relié à un moteur CC. Le ventilateur aspire de l'air qui traverse la chambre intérieure et l'évacue par des trous vers la chambre extérieure. La vitesse de l'air passant sur la surface de l'échantillon PTTI est contrôlée en ajustant le voltage qui alimente le moteur CC, tandis que le niveau de turbulence est contrôlé en variant le nombre et le diamètre des trous dans la plaque perforée, ou le nombre d'écrans dans la section amont de la chambre intérieure. Toutes les composantes de la chambre intérieure sont d'acier inoxydable. Afin de minimiser la contamination ambiante, le moteur CC est situé à l'extérieur de la chambre extérieure, et un roulement PTFE scellé entoure l'arbre qui fait tourner les pales du ventilateur.

La chambre doit être maintenue à un niveau légèrement supérieur à la pression atmosphérique pour éviter l'influence de l'atmosphère du laboratoire, et elle est considérée comme suffisamment étanche si 1) la fuite d'air est inférieure à 0,5 % du

volume de la chambre par minute avec une surpression de 1 000 Pa, ou 2) si la fuite d'air correspond à moins de 5 % du débit de l'air fourni.

La chambre doit fonctionner de manière à respecter la condition d'essai standard de la section 5.1.5, avec en référence une plaque d'acier inoxydable poli électrolytiquement. L'effet de puits de la chambre sur le formaldéhyde ou le toluène injecté est évalué conformément à la norme ASTM D5116 (ASTM, 2010). Les bordures de la plaque de référence de l'essai TPPI doivent être scellées avec un ruban d'aluminium à faible émission de COV.

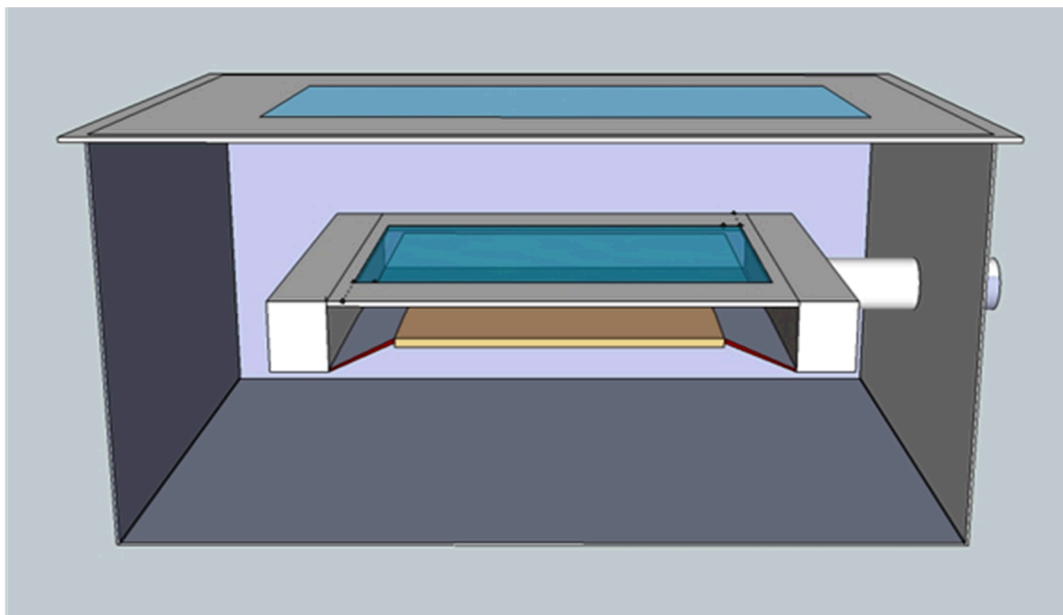


Figure 2 - Schéma de l'ensemble chambres extérieure et intérieure illustrant les fenêtres optiques d'éclairage intérieur

Pour les essais de TPPI fondées sur l'OPC, la section supérieure des chambres extérieure et intérieure est fabriquée de fenêtres optiques permettant l'éclairage par un éclairage intérieur de l'échantillon TPPI. Ces fenêtres optiques des chambres extérieure et intérieure doivent être fabriquées de verre de borosilicate absorbant un minimum de lumière à des longueurs d'onde supérieures à 300 nm. Un appareil d'éclairage intérieur est installé à l'extérieur, au-dessus de la chambre extérieure de 0,4 m³. La hauteur de la source d'éclairage intérieur est ajustée pour produire un éclairage de $1\,000 \pm 100$ lx de la surface de l'échantillon TPPI. La figure 2 illustre le schéma de la chambre respectant les exigences d'évaluation des échantillons de TPPI fondées sur l'OPC. La figure 3 montre une installation réelle de chambre d'essai des TPPI.

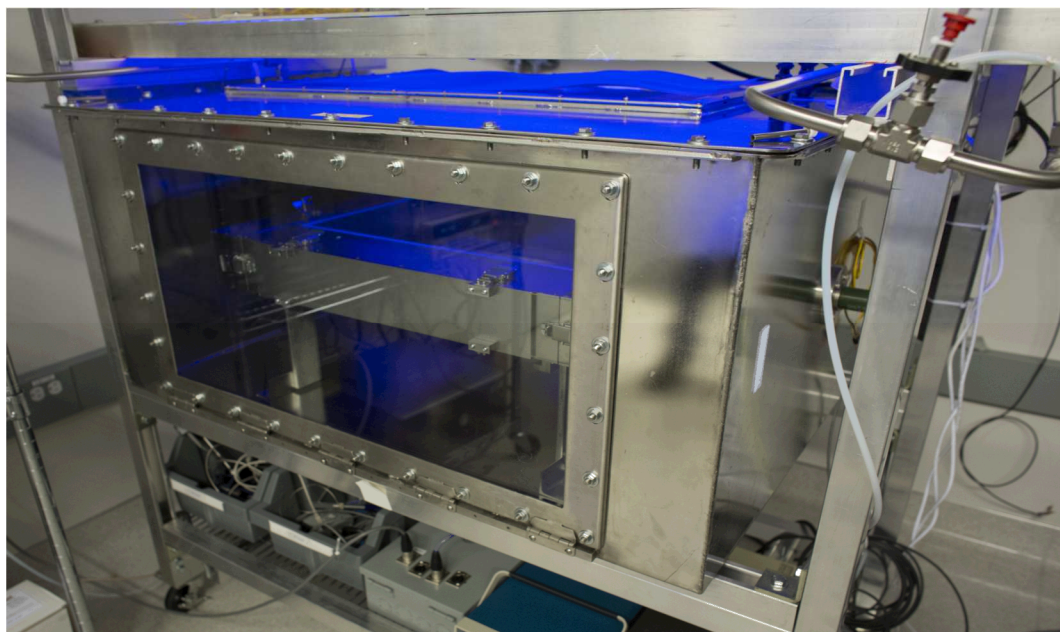


Figure 3 - Exemple d'installation réelle d'une chambre d'essai des TPP

4.2 Préconditionnement de la chambre

L'échantillon d'essai TPPI est preconditionné selon la norme ASTM D5116 (ASTM, 2010) avant l'essai pour améliorer la reproductibilité de l'essai. Le preconditionnement peut s'effectuer dans une chambre d'acier inoxydable poli électrolytiquement capable de maintenir les mêmes conditions de température et d'humidité relative que celles de l'essai pour un minimum de 48 heures. Aux fins de ce protocole, la température et l'humidité relative de preconditionnement s'établissent respectivement à $23,0 \pm 2$ °C et 50 ± 5 %. La chambre sera alimentée en air pur pour éviter la contamination de l'échantillon d'essai TPPI.

4.3 Chambre de prétraitement UV

L'échantillon d'essai TPPI est prétraité aux UV pour décomposer les matières organiques résiduelles à l'intérieur du matériau¹. La chambre de prétraitement est construite d'acier inoxydable et conçue pour permettre la photo-irradiation UV de l'échantillon TPPI. Le spécimen d'essai est irradié par une lampe UV pour un minimum de 16 heures. L'éclairement UV de la surface de l'échantillon d'essai se situe entre 10 et 20 W/m². La température et l'humidité relative s'établissent respectivement à $23,0 \pm 2$ °C et 50 ± 5 %, avec un apport d'air pur pour éviter la contamination de l'échantillon d'essai TPPI. La chambre de prétraitement est protégée de la lumière extérieure.

4.4 Sources d'éclairage, filtres, équipement et conditions d'éclairage intérieur

¹ À titre d'exemple, la dégradation du liant photochimique de certains échantillons d'essai peut produire de petits radicaux qui forment des COV par recombinaison (Gunschera et al., 2009). Si ce processus n'est pas isolé dans le protocole d'essai, la performance d'élimination de formaldéhyde ou de toluène de certains TPPI pourrait être sous-estimée.

4.4.1 Sources d'éclairage et filtres

4.4.1.1 Source d'éclairage intérieur

La source d'éclairage pour l'environnement d'éclairage intérieur est une lampe fluorescente aux halophosphates ou aux triphosphores, avec une température de couleur proximale se situant entre 3 800 et 4 500 K. Lorsqu'on utilise un fluorescent aux triphosphores pour l'évaluation, il faut choisir une lampe fluorescente avec un indice de rendu des couleurs (Ra) supérieur à 80, selon la norme CIE 1974, version 13.3. La source d'éclairage irradie uniformément l'échantillon d'essai à travers la fenêtre. On peut envisager d'utiliser un tissu noir opaque, des volets ou des stores avec une source d'éclairage qui exige une montée en température. La distance entre la source d'éclairage et la chambre est ajustée de façon à obtenir sur la surface de l'échantillon d'essai TPPI un niveau d'éclairement de $1\,000 \pm 100$ lx. Le niveau d'éclairement sur neuf points de l'échantillon d'essai TPPI (voir 5.1.5) doit être constant à ± 10 %. Le niveau d'éclairement se mesure au moyen d'un luxmètre étalonné par le fabricant ou un laboratoire. Le niveau d'éclairement est maintenu à $1\,000 \pm 100$ lx tout au long de la phase d'éclairement des essais. Au besoin, la chambre est protégée de la lumière externe.

4.4.1.2 Filtre UV à coupure nette

Deux types de filtres UV à coupure nette sont employés pour l'essai, soit 1) à transmittance de 0,1 % ou moins à 400 nm, valeur limite de longueur d'onde de transmission (VLT) de 420 ± 5 nm, étendue de pente de 25 ± 5 nm et transmittance moyenne supérieure à 80 % entre 450 et 780 nm (type A); et 2) transmittance de 0,1 % ou moins à 380 nm, VLT de 415 ± 5 nm, étendue de pente de 30 ± 5 nm et transmittance moyenne supérieure à 80 % entre 420 nm et 780 nm (type B). Si l'on utilise un filtre à transmittance différente dans l'essai, il faut consigner la transmittance spectrale, avec le nom du produit, son numéro, le nom du fabricant et l'épaisseur.

4.4.2 Conditions d'éclairage intérieur et sélection de filtres UV à coupure nette

Pour établir trois types de conditions d'éclairage intérieur (condition A, condition B, condition C), la méthode de sélection du filtre UV à coupure nette est la suivante.

Condition A

La condition A est un éclairage intérieur par luminaire transmettant un rayonnement optique sur une longueur d'onde supérieure à 400 nm. Pour cette condition, on utilise le filtre de type A.

Condition B

La condition B est un éclairage intérieur par luminaire transmettant un rayonnement optique sur une longueur d'onde supérieure 380 nm. Pour cette condition, on utilise le filtre de type B.

Condition C

La condition C est un éclairage intérieur par luminaire sans filtre UV à coupure nette.

4.4.3 Mesure du rayonnement UV et de la lumière visible

La lumière visible se mesure par l'éclairement (lx) au moyen d'un luxmètre étalonné.
La lumière UV dans la chambre de prétraitement se mesure par irradiance (W/m^2) au moyen d'un radiomètre UV étalonné.

4.5 Température et humidité relative

Les températures mesurées dans la chambre de circulation d'air sont enregistrées avec l'un des instruments suivants : a) détecteur de température à résistance (DTR), b) thermistor, ou c) thermocouple. Les capteurs de température sont étalonnés, avec un degré de précision d'au moins $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

L'humidité dans la chambre de circulation d'air est mesurée au moyen de détecteurs de point de rosée ou de dispositifs de mesure de l'humidité relative. Les capteurs sont étalonnés, avec un degré de précision de $\pm 5\%$ HR.

Les capteurs de température et d'humidité doivent être montés de façon à prendre des mesures près du point intermédiaire de la circulation d'air dans la chambre intérieure, en choisissant une conception et un emplacement qui n'affectent pas la circulation d'air sur l'échantillon d'essai.

4.6 Pression différentielle

La pression différentielle dans la chambre de circulation d'air (pression relative à la pression ambiante à l'extérieur de la chambre) est surveillée au moyen de transducteurs de pression avec un degré de précision minimal de $\pm 1\%$ à la lecture.

4.7 Système d'acquisition de données (SAD)

Un SAD est installé pour enregistrer automatiquement l'ensemble des conditions et paramètres d'essai, selon les degrés de précision indiqués précédemment. La fréquence d'échantillonnage du SAD doit permettre d'acquérir des données à intervalle minimal d'une minute. Les lectures du SAD sont vérifiées au moyen de capteurs manuels étalonnés selon une norme connue. Les valeurs rapportées sont converties en paramètres mesurés au moyen de courbes d'étalonnage élaborées pour chaque capteur.

4.8 Taux d'échange d'air et mélange de l'air dans la chambre

Le taux d'échange d'air dans la chambre se mesure par la technique de baisse de concentration d'un gaz traceur. L'hexafluorure de soufre est un gaz traceur recommandé. La procédure, similaire à la méthode d'essai de la norme ASTM E 741 pour déterminer l'échange d'air dans une zone unique au moyen d'une dilution de gaz traceur (*Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution*, ASTM, 2011), est recommandée pour l'analyse du taux d'échange d'air dans la chambre. Le taux d'échange d'air dans la chambre de circulation d'air peut servir à déterminer l'étanchéité à l'air de la chambre.

Le mélange approprié de l'air dans la chambre de circulation d'air est vérifié au moyen des protocoles énoncés dans les normes ASTM D 5116 (2010) et ASHRAE Standard 129 (ASHRAE, 1997). Un niveau de mélange supérieur à 80 % est réputé satisfaisant.

4.9 Vitesse de l'air

Avant l'essai, les vitesses de l'air sur l'échantillon TPPI installé dans la chambre sont mesurées au moyen d'un anémomètre omnidirectionnel ou directionnellement sensible. Les instruments mesurant la vitesse de l'air comprennent l'anémomètre à fil chaud, l'anémomètre à thermistance ou à sphère chaude, l'anémomètre à ultrasons et l'anémomètre Doppler à laser. L'instrument doit pouvoir mesurer la vitesse de l'air dans la fourchette de 0,1 à 2 m/s à un degré de précision du plus élevé de $\pm 0,05$ m/s ou ± 5 % de la lecture. L'instrument doit avoir une résolution d'au moins 0,01 m/s, et un délai de réponse minimum de 0,2 seconde. L'établissement de la moyenne sur une minute est approprié pour la mesure de la vitesse de l'air. La mesure de la vitesse de l'air sur l'échantillon TPPI installé doit s'effectuer quand la chambre intérieure est scellée.

4.10 Détecteur d'ozone

Le détecteur d'ozone employé dans cet essai doit avoir une limite de détection d'au moins 2 ppb d'ozone, avec un degré de précision de ± 2 % à la lecture. Les détecteurs à chimiluminescence et à UV conviennent à cette tâche. Toutes les tubulures d'échantillonnage de l'air branchées au détecteur d'ozone doivent être faites de Teflon (PTFE). Les résultats d'échantillonnage doivent être consignés par le détecteur ou enregistrés à un intervalle d'échantillonnage minimum d'une minute. Des analyseurs en paire (avec conception et débit d'échantillonnage identiques) peuvent être employés pour échantillonner simultanément l'air d'entrée et de sortie. Un seul détecteur d'ozone peut être employé si la concentration d'ozone ambiant est mesurée à l'entrée pendant au moins 10 minutes au début de l'essai.

4.11 Échantillonnage de l'air et analyse du toluène

L'échantillonnage de l'air à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation de l'air doit s'effectuer conformément aux lignes directrices de la norme ASTM D6196. Il est recommandé d'utiliser des tubes sorbants de Tenax TA pour l'échantillonnage, en conformité de la norme ASTM D6345. La technique d'analyse d'échantillon doit correspondre à l'objectif de mesure des concentrations de toluène dans les échantillons d'air prélevés, et l'analyse CG-SM est recommandée à cette fin. Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse retenues doivent être suffisamment sensibles et précises pour assurer une limite de détection du toluène à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les pompes et contrôleurs d'échantillonnage de l'air doivent pouvoir déterminer les volumes d'échantillonnage au moyen des tubes sorbants choisis avec un degré de précision de 5 %.

4.12 Échantillonnage de l'air et analyse du formaldéhyde

L'échantillonnage de l'air à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation de l'air doit s'effectuer conformément aux lignes directrices de la norme ASTM D5197. La technique d'analyse d'échantillon doit correspondre à l'objectif de mesure des concentrations de formaldéhyde dans les échantillons d'air prélevés. À cette fin, l'analyse par CLHP des dérivés de la dinitrophénylhydrazine conformément à la procédure de la norme ASTM 5197 est recommandée. Les méthodes d'échantillonnage

et d'analyse retenues doivent être suffisamment sensibles et précises pour assurer une limite de détection du formaldéhyde à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les pompes et contrôleurs d'échantillonnage de l'air doivent pouvoir déterminer les volumes d'échantillonnage au moyen des tubes sorbants choisis avec un degré de précision de 5 %.

5. Méthodes d'essai

5.1 Généralités

5.1.1 Description de la collecte, de l'emballage, du transport et du stockage du matériau d'essai TPPI

Le rapport d'essai doit comprendre une description détaillée de la procédure de collecte, d'emballage, de transport et de stockage du matériau d'essai TPPI. Il s'agit d'appliquer une procédure pratique tout en évitant de contaminer le matériau d'essai TPPI. La procédure de collecte, d'emballage, de transport et de stockage du matériau de la norme ISO 16000-11 est recommandée.

Il faut consigner des renseignements détaillés sur l'échantillon d'essai TPPI, notamment la description du produit, l'historique de fabrication (endroit et date), les avantages allégués pour la QAI et des photographies de l'échantillon d'essai. Tous les renseignements requis peuvent être consignés sur les formulaires de la section 6.2.

5.1.2 Préparation de l'échantillon d'essai TPPI

L'échantillon d'essai TPPI doit être une pièce ou composante représentative du matériau de construction TPPI et de son utilisation dans un environnement intérieur. Ce protocole fait appel à un coefficient de charge de l'échantillon d'essai TPPI se situant entre $0,2$ et $1,0 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Les méthodes de traitement (p. ex., apprêt, peinture, vaporisation et plâtrage) du matériau TPPI doivent être consignées. Le détail des processus et matériaux de traitement doit correspondre à un usage typique et être accepté par le client. Les bordures de l'échantillon d'essai TPPI sont scellées avec du ruban d'aluminium. Le spécimen doit être retenu de façon à ce que sa surface inférieure n'entre pas en contact avec l'air de la chambre.

5.1.3 Prétraitement UV

Si l'on cherche à établir le comportement d'élimination photocatalytique, l'échantillon d'essai TPPI doit être irradié par une lampe à ultraviolets pendant un minimum de 16 heures dans la chambre de prétraitement UV, afin de décomposer les matières organiques résiduelles sur l'échantillon en vue des essais 1 à 3. L'éclairement UV à la surface de l'échantillon d'essai TPPI soit se situer entre 10 et $20 \text{ W}/\text{m}^2$. La température et l'humidité relative dans la chambre doivent se situer respectivement à $23,0 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ et $50 \pm 5 \%$, avec un apport d'air pur pour éviter la contamination de l'échantillon d'essai TPPI.

5.1.4 Préconditionnement

L'échantillon d'essai, après les processus de traitement, de coupe et de scellage des bordures en vue de l'installation dans la chambre, doit être preconditionné pour au moins 48 heures. La température et l'humidité relative dans la chambre de preconditionnement

doivent se situer respectivement à $23,0 \pm 2$ °C et 50 ± 5 %, avec un apport d'air pur pour éviter la contamination de l'échantillon d'essai TPPI.

5.1.5 Conditions ambiantes

Pour évaluer la performance d'élimination du toluène ou du formaldéhyde (essais 1a et 1 b), toutes les mesures doivent être prises dans la chambre de circulation d'air dans les conditions suivantes.

- La température de l'air dans la chambre de circulation d'air doit se situer à $23,0 \pm 2$ °C, avec un taux d'humidité relative de 50 ± 5 %.
- Les fuites d'air de la chambre de circulation d'air doivent être inférieures à 0,5 % de son volume par minute en surpression à 1 000 Pa, ou inférieures à 5 % du débit de l'air d'apport.
- Le taux d'échange d'air de la chambre de circulation d'air doit correspondre à 0,5 renouvellement de l'air par heure.
- La vitesse de l'air entre 1 et 2 cm à neuf endroits au-dessus de la surface du matériau TPPI doit se situer entre 0,1 et 0,3 m/s (voir figure 4).
- L'éclairage à neuf endroits au-dessus de la surface du matériau TPPI lorsque la source d'éclairage intérieur est allumée doit correspondre à $1\,000 \text{ lx} \pm 100 \text{ lx}$ (voir figure 4).
- Les concentrations ambiantes des paramètres suivants dans la chambre doivent respecter les limites indiquées.

Ozone :	< 5 ppb
Formaldéhyde ² :	< 10 µg/m ³
Toluène ³ :	< 10 µg/m ³

Les niveaux ambiants se mesurent par échantillonnage de l'air à la sortie de la chambre. Si les niveaux ambiants dépassent ces valeurs, il faut apporter des correctifs pour réduire ces concentrations avant d'entreprendre les essais, par exemple en éliminant des sources possibles ou en installant un nouveau filtre au charbon activé dans la canalisation d'entrée d'air.

² Pour les essais d'extraction du formaldéhyde, de réémission et de formation de produits secondaires.

³ Pour les essais d'extraction du toluène et de réémission.

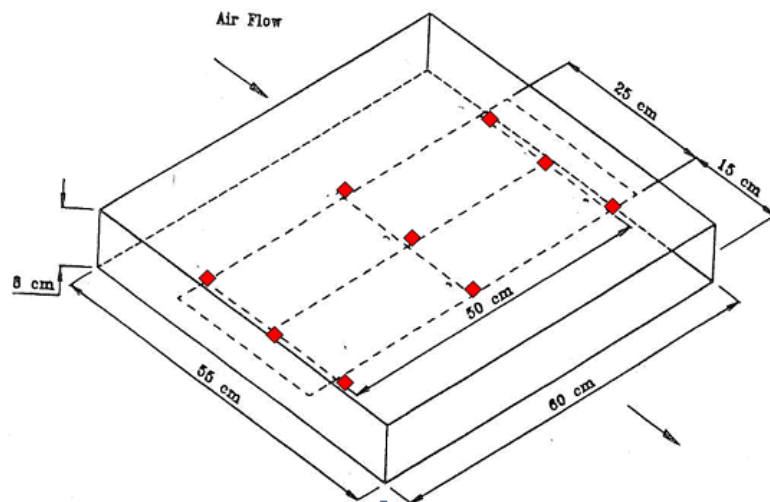


Figure 4 - Emplacements de mesure de la lumière et de la vitesse de l'air (losanges rouges)

5.2 Essais 1 et 2 : Élimination initiale de formaldéhyde ou de toluène

5.2.1 Objet

Cet essai a pour objet d'établir la performance initiale d'élimination de formaldéhyde ou de toluène de l'échantillon d'essai TPPI dans la chambre. Pour cet essai, du formaldéhyde ou du toluène est introduit dans la chambre de circulation d'air à un taux constant d'émission et l'air d'entrée et de sortie de la chambre est échantillonné. La description du matériau d'essai TPPI précise si la technologie est fondée sur la sorption ou sur l'OPC. Pour une TPPI fondée sur l'OPC, la procédure d'évaluation de l'élimination du formaldéhyde et du toluène repose sur les essais 1a et 2a respectivement. Pour une TPPI fondée sur la sorption, la procédure d'évaluation de l'élimination du formaldéhyde et du toluène repose sur les essais 1 b et 2 b respectivement. Si l'on prévoit que l'échantillon à technologie fondée sur l'OPC comporte aussi des caractéristiques de sorption, l'essai devra comporter une phase sorptive initiale suivie d'une phase d'activation lumineuse pour distinguer les taux d'élimination respectifs de la sorption et de l'activation lumineuse.

5.2.2 Essais 1a et 1b : Essai d'élimination initiale de formaldéhyde

5.2.2.1 Essai 1a : Élimination et réémission de formaldéhyde de matériau de TPPI fondée sur l'OPC

- L'échantillon d'essai TPPI est prétraité aux UV et préconditionné conformément aux sections 5.1.3 et 5.1.4, respectivement.
- Avec la source d'éclairage intérieur allumée, mesurer les niveaux en lux aux neuf emplacements de la chambre intérieure.
- Placer l'échantillon d'essai TPPI au milieu de la chambre intérieure, de manière à ce que sa surface affleure le plancher de la chambre intérieure.

- Mesurer la vitesse de l'air aux neuf emplacements à une hauteur de 1-2 cm au-dessus de l'échantillon d'essai TPPI, la chambre intérieure étant scellée.
- Sceller les chambres intérieure et extérieure.
- Les conditions ambiantes de la chambre de circulation d'air doivent être conformes à la section 5.1.5.
- Avec un flux d'injection de formaldéhyde dérivé à l'écart de la chambre d'essai, stabiliser l'injection jusqu'à l'atteinte de niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$). Commencer l'injection de formaldéhyde dans l'entrée de la chambre de circulation d'air dans des conditions d'obscurité et poursuivre en maintenant des niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$) à l'entrée de la chambre.
- Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air pendant 24 heures dans des conditions d'obscurité. Si l'élimination de formaldéhyde par sorption de l'échantillon d'essai dépasse 10 % (voir section 6.2), procéder comme suit.
 - Consigner le fait que l'échantillon TPPI fondé sur l'OPC présente une capacité sorptive.
 - L'essai en conditions d'obscurité est poursuivi pendant 96 heures pour évaluer les effets sorptifs.
 - Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre après 48, 72 et 96 h dans des conditions d'obscurité.
 - Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 96 h, l'échantillon d'essai TPPI est irradié par la source d'éclairage intérieur, avec éclairage de la surface de l'échantillon d'essai à $1\,000 \text{ lx} \pm 100 \text{ lx}$.
 - Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air à 120, 144 et 168 h après l'éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.
 - Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 168 h, cesser l'injection de formaldéhyde dans la chambre de circulation d'air et éteindre la source d'éclairage intérieur. Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre à 192, 216 et 240 h.
 - Après 240 h, faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1 \text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de formaldéhyde dans la chambre à moins de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.
- Si l'élimination de formaldéhyde par sorption de l'échantillon d'essai est égale ou inférieure à 10 % (voir section 6.2) après l'essai de 24 h en conditions d'obscurité, procéder comme suit.
 - L'échantillon d'essai TPPI est irradié par la source d'éclairage intérieur, avec éclairage de la surface de l'échantillon d'essai à $1\,000 \text{ lx} \pm 100 \text{ lx}$.
 - Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air à 48, 72 et 96 h après l'éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.

- Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 96 h, cesser l'injection de formaldéhyde dans la chambre de circulation d'air et éteindre la source d'éclairage intérieur.
- Faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1 \text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de formaldéhyde dans la chambre à moins de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.
- Les données suivantes sont consignées pour tous les échantillons d'air : emplacement de prélèvement (entrée, sortie); durée de prélèvement; marque, modèle et numéro de série du tube de prélèvement; composantes du système de prélèvement (pompes et contrôleurs); taux d'échantillonnage (mL/min) (au moins $200 \text{ mL}/\text{min}$), date et heure du début et de la fin de l'échantillonnage, nom du personnel chargé de l'échantillonnage et code d'échantillon unique (y compris identificateur d'essai et numéro d'échantillon). Des échantillons témoins de laboratoire sont prélevés en ouvrant et fermant brièvement des cartouches vierges situées dans les tubes de prélèvement de l'air pendant la période d'essai.

5.2.2.2 Essai 1 b : Élimination et réémission de formaldéhyde de matériau de TPPI fondée sur la sorption

- L'échantillon d'essai TPPI est préconditionné conformément à la section 5.1.4.
- Placer l'échantillon d'essai TPPI au milieu de la chambre intérieure, de manière à ce que sa surface sorptive affleure le plancher de la chambre intérieure.
- Mesurer la vitesse de l'air aux neuf emplacements à une hauteur de 1-2 cm au-dessus de l'échantillon d'essai TPPI, la chambre intérieure étant scellée.
- Sceller les chambres intérieure et extérieure.
- Les conditions ambiantes de la chambre de circulation d'air doivent être conformes à la section 5.1.5.
- Avec un flux d'injection de formaldéhyde dérivé à l'écart de la chambre d'essai, stabiliser l'injection jusqu'à l'atteinte de niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$). Commencer l'injection de formaldéhyde dans l'entrée de la chambre de circulation d'air et poursuivre en maintenant des niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$) à l'entrée de la chambre.
- Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre. Les prélèvements à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation d'air s'effectuent 24, 48, 72 et 96 h après avoir placé l'échantillon d'essai TPPI dans la chambre.
- Après 96 h, cesser l'injection de formaldéhyde dans la chambre de circulation d'air. Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre à 120, 144 et 168 h.
- Après 168 h, faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1 \text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de formaldéhyde dans la chambre à moins de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.

- Les données suivantes sont consignées pour tous les échantillons d'air : emplacement de prélèvement (entrée, sortie); durée de prélèvement; marque, modèle et numéro de série du tube de prélèvement; composantes du système de prélèvement (pompes et contrôleurs); taux d'échantillonnage (mL/min) (au moins 200 mL/min), date et heure du début et de la fin de l'échantillonnage, nom du personnel chargé de l'échantillonnage et code d'échantillon unique (y compris identificateur d'essai et numéro d'échantillon). Des échantillons témoins de laboratoire sont prélevés en ouvrant et fermant brièvement des cartouches vierges situées dans les tubes de prélèvement de l'air pendant la période d'essai.

5.2.3 Essais 2a et 2b : Essai d'élimination initiale de toluène

5.2.3.1 Essai 2a : Élimination et réémission de toluène de matériau TPPI fondée sur l'OPC

- L'échantillon d'essai TPPI est prétraité aux UV et préconditionné conformément aux sections 5.1.3 et 5.1.4, respectivement.
- Avec la source d'éclairage intérieur allumée, mesurer les niveaux en lux aux neuf emplacements de la chambre intérieure.
- Placer l'échantillon d'essai TPPI au milieu de la chambre intérieure, de manière à ce que sa surface affleure le plancher de la chambre intérieure.
- Mesurer la vitesse de l'air aux neuf emplacements à une hauteur de 1-2 cm au-dessus de l'échantillon d'essai TPPI, la chambre intérieure étant scellée.
- Sceller les chambres intérieure et extérieure.
- Les conditions ambiantes de la chambre de circulation d'air doivent être conformes à la section 5.1.5.
- Avec un flux d'injection de toluène dérivé à l'écart de la chambre d'essai, stabiliser l'injection jusqu'à l'atteinte de niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$). Commencer l'injection de toluène dans l'entrée de la chambre de circulation d'air dans des conditions d'obscurité et poursuivre en maintenant des niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$) à l'entrée de la chambre.
- Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air pendant 24 heures dans des conditions d'obscurité. Si l'élimination de toluène par sorption de l'échantillon d'essai dépasse 10 % (voir section 6.2), procéder comme suit.
 - Consigner le fait que l'échantillon TPPI fondé sur l'OPC présente une capacité sorptive.
 - L'essai en conditions d'obscurité est poursuivi pendant 96 heures pour évaluer les effets sorptifs (essai 1 b).
 - Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre après 48, 72 et 96 h dans des conditions d'obscurité.

- Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 96 h, l'échantillon d'essai TPPI est irradié par la source d'éclairage intérieur, avec éclairage de la surface de l'échantillon d'essai à $1\,000\text{ lx} \pm 100\text{ lx}$.
- Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air à 120, 144 et 168 h après l'éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.
- Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 168 h, cesser l'injection de toluène dans la chambre de circulation d'air et éteindre la source d'éclairage intérieur. Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre à 192, 216 et 240 h.
- Après 240 h, faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1\text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de toluène dans la chambre à moins de $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.
- Si l'élimination de toluène par sorption de l'échantillon d'essai est égale ou inférieure à 10 % (voir section 6.2) après l'essai de 24 h en conditions d'obscurité, procéder comme suit.
 - L'échantillon d'essai TPPI est irradié par la source d'éclairage intérieur, avec éclairage de la surface de l'échantillon d'essai à $1\,000\text{ lx} \pm 100\text{ lx}$.
 - Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air à 48, 72 et 96 h après l'éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.
 - Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 96 h, cesser l'injection de toluène dans la chambre de circulation d'air et éteindre la source d'éclairage intérieur.
 - Faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1\text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de toluène dans la chambre à moins de $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.
- Les données suivantes sont consignées pour tous les échantillons d'air : emplacement de prélèvement (entrée, sortie); durée de prélèvement; marque, modèle et numéro de série du tube de prélèvement; composantes du système de prélèvement (pompes et contrôleurs); taux d'échantillonnage (mL/min) ($50\text{--}200\text{ mL}/\text{min}$), date et heure du début et de la fin de l'échantillonnage, nom du personnel chargé de l'échantillonnage et code d'échantillon unique (y compris identificateur d'essai et numéro d'échantillon). Des échantillons témoins de laboratoire sont prélevés en ouvrant et fermant brièvement des cartouches vierges situées dans les tubes de prélèvement de l'air pendant la période d'essai.

5.2.3.2 Test 2 b : Élimination et réémission de toluène de matériau de TPPI fondée sur la sorption

- L'échantillon d'essai TPPI est préconditionné conformément à la section 5.1.4.
- Placer l'échantillon d'essai TPPI au milieu de la chambre intérieure, de manière à ce que sa surface affleure le plancher de la chambre intérieure.

- Mesurer la vitesse de l'air aux neuf emplacements à une hauteur de 1-2 cm au-dessus de l'échantillon d'essai TPPI.
- Sceller les chambres intérieure et extérieure.
- Les conditions ambiantes de la chambre de circulation d'air doivent être conformes à la section 5.1.5.
- Avec un flux d'injection de toluène dérivé à l'écart de la chambre d'essai, stabiliser l'injection jusqu'à l'atteinte de niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$). Commencer l'injection de toluène dans l'entrée de la chambre de circulation d'air et poursuivre en maintenant des niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$) à l'entrée de la chambre.
- Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre. Les prélèvements à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation d'air s'effectuent 24, 48, 72 et 96 h après avoir placé l'échantillon d'essai TPPI dans la chambre.
- Après 96 h, cesser l'injection de toluène dans la chambre de circulation d'air. Prélever des échantillons d'air à l'entrée et à la sortie de la chambre à 120, 144 et 168 h.
- Après 168 h, faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1 \text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de toluène dans la chambre à moins de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.
- Les données suivantes sont consignées pour tous les échantillons d'air : emplacement de prélèvement (entrée, sortie); durée de prélèvement; marque, modèle et numéro de série du tube de prélèvement; composantes du système de prélèvement (pompes et contrôleurs); taux d'échantillonnage (mL/min) ($50\text{--}200 \text{ mL}/\text{min}$), date et heure du début et de la fin de l'échantillonnage, nom du personnel chargé de l'échantillonnage et code d'échantillon unique (y compris identificateur d'essai et numéro d'échantillon). Des échantillons témoins de laboratoire sont prélevés en ouvrant et fermant brièvement des cartouches vierges situées dans les tubes de prélèvement de l'air pendant la période d'essai.

5.2.4 Analyse des données et rapport

Les coefficients de performance d'élimination de la TPPI mesurés dans les essais 1 et 2 sont le taux d'élimination pour la superficie (RRA) et le taux de ventilation équivalent pour la superficie (VRA). Ces taux se calculent au moyen des équations 1 et 2.

$$RR_A = (C_i - C_o) Q / A \quad \text{Équation 1}$$

RR_A étant le taux d'élimination pour la superficie en $\mu\text{g}/\text{h}/\text{m}^2$; C_i étant la concentration de formaldéhyde ou de toluène à l'entrée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$; C_o étant la concentration de formaldéhyde ou de toluène à la sortie en $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Q étant le débit de circulation d'air dans la chambre, et A étant la superficie de l'échantillon d'essai TPPI.

$$VR_A = (C_i / C_o - 1) Q / A \quad \text{Équation 2}$$

VR_A étant le taux de ventilation pour la superficie en $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$;

Pour une TPPI fondée sur la sorption, consigner les RR_A et VR_A moyens entre 48 et 96 h.

Pour une TPPI fondée sur l'OPC, si l'échantillon d'essai ne manifeste pas de capacité sorptive, consigner les RR_A et VR_A moyens entre 48 et 96 h. Si l'échantillon d'essai manifeste une capacité sorptive, consigner la différence entre les RR_A et VR_A moyens entre 120 et 168 h, ainsi que les RR_A et VR_A moyens entre 48 et 96 h.

Pendant la période utilisée dans le calcul des RR_A et VR_A moyens pour une TPPI fondée sur la sorption, si la concentration finale C_o diffère de plus de la moitié de la concentration initiale, calculer le temps écoulé depuis le début de l'essai jusqu'à l'atteinte de la moitié de la concentration finale C_o . Le temps écoulé, t_e , désigne le délai d'atteinte de la performance de percée.

Si le taux d'élimination pour la superficie est comparé à un échantillon de référence (p. ex., acier inoxydable, matériau autre que TPPI ou autre matériau demandé par le fabricant), la performance relative de l'échantillon d'essai TPPI peut être déterminée en calculant son efficacité ε (Nazaroff, 2000). L'efficacité du matériau TPPI, une corrélation entre les quantités de contaminants avec et sans TPPI (RR_A et $RR_{A, \text{ref}}$ respectivement) peut être exprimée par l'équation suivante :

$$\varepsilon = (RR_{A, \text{ref}} - RR_A) / RR_A \quad \text{Équation 3}$$

Pour évaluer la réémission du formaldéhyde ou du toluène séquestré de l'échantillon TPPI dans les essais 1 b et 2 b, calculer le pourcentage (Re) de formaldéhyde ou de toluène réémis à 168 h au moyen de l'équation suivante.

$$Re = ([C_{o, 168 \text{ h}} - C_{i, 168 \text{ h}}] / [C_i - C_o]_{48\text{h-96h}}) 100 \% \quad \text{Équation 4a}$$

$C_{i, 168 \text{ h}}$ et $C_{o, 168 \text{ h}}$ étant les concentrations respectives d'entrée et de sortie de formaldéhyde ou de toluène à 168 h, et $[C_i - C_o]_{48\text{h-96h}}$ étant la différence moyenne entre les concentrations d'entrée et de sortie de formaldéhyde ou de toluène entre 48 h et 96 h.

Pour évaluer la réémission du formaldéhyde ou du toluène séquestré de l'échantillon TPPI fondée sur l'OPC et ayant des propriétés sorptives dans les essais 1a et 2a, calculer le pourcentage (Re) de formaldéhyde ou de toluène réémis à 240 h au moyen de l'équation suivante.

$$Re = ([C_{o, 240 \text{ h}} - C_{i, 240 \text{ h}}] / [C_i - C_o]_{48\text{h-96h}}) 100 \% \quad \text{Équation 4 b}$$

$C_{i, 240 \text{ h}}$ et $C_{o, 240 \text{ h}}$ étant les concentrations respectives d'entrée et de sortie de formaldéhyde ou de toluène à 240 h, et $[C_i - C_o]_{48\text{h-96h}}$ étant la différence moyenne entre les concentrations d'entrée et de sortie de formaldéhyde ou de toluène entre 48 h et 96 h.

5.2.4.1 Essai 1a ou 2a : Calcul et expression des résultats

Calculer le taux d'élimination pour la superficie (RR_A) et le taux de ventilation équivalent pour la superficie pour un échantillon d'essai de TPPI fondée sur l'OPC. Consigner les RR_A et VR_A moyens entre 48 et 96 h si l'élimination sur 24 h de formaldéhyde ou de toluène par sorption de l'échantillon d'essai est égale ou inférieure à 10 % (voir section 6.2). Si l'élimination sur 24 h de formaldéhyde ou de toluène par sorption de l'échantillon d'essai est supérieure à 10 % (voir section 6.2), consigner la différence entre les RR_A et VR_A moyens mesurés entre 120 et 168 h par rapport à ceux mesurés entre 48 et 96 h.

Si un matériau de référence est mis à l'essai, calculer l'efficacité au moyen de l'équation 3.

Calculer le pourcentage de formaldéhyde ou de toluène séquestré émis à 240 h si l'échantillon TPPI manifeste des capacités sorptives.

5.2.4.2 Essai 1a ou 2a : Rapport

Décrire en détail l'équipement d'échantillonnage de l'air employé (pompes, contrôleurs de débit, chronomètres, médium de prélèvement d'échantillon et sa préparation et sa manutention, y compris le nettoyage).

Décrire les systèmes employés pour l'analyse des échantillons contenant du formaldéhyde ou du toluène (notamment les instruments d'analyse, les conditions d'analyse, l'étalonnage et les paramètres d'intégration). Consigner les valeurs corrigées par témoin en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (masse de formaldéhyde ou toluène sur la cartouche d'échantillon – masse sur la cartouche vierge) / volume de l'échantillon) et la limite de détection ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, en postulant un échantillon de 1 L pour le toluène et de 15 L pour le formaldéhyde).

Consigner l'éclairement de la surface de l'échantillon d'essai TPPI, les conditions d'éclairage intérieur (condition A, condition B, condition C), le débit d'air, la température de l'air et l'humidité relative dans la chambre de circulation d'air, ainsi que la superficie de l'échantillon d'essai TPPI exposé. Consigner les concentrations d'entrée et de sortie de formaldéhyde ou de toluène.

Utiliser les tableaux de la section 6 pour consigner la performance initiale du taux d'élimination de formaldéhyde ou de toluène.

5.2.4.3 Essai 1 b ou 2 b : Calcul et expression des résultats

Calculer le taux d'élimination pour la superficie (RR_A) et le taux de ventilation équivalent pour la superficie pour un échantillon d'essai de TPPI fondée sur la sorption. Consigner le temps écoulé si l'on observe une performance de percée.

Si un matériau de référence est mis à l'essai, calculer l'efficacité au moyen de l'équation 3. Calculer le pourcentage de formaldéhyde ou de toluène réémis à 168 h.

5.2.4.4 Essai 1 b ou 2 b : Rapport

Décrire en détail l'équipement d'échantillonnage de l'air employé (pompes, contrôleurs de débit, chronomètres, médium de prélèvement d'échantillon et sa préparation et sa maintenance, y compris le nettoyage).

Décrire les systèmes employés pour l'analyse des échantillons contenant du formaldéhyde ou du toluène (notamment les instruments d'analyse, les conditions d'analyse, l'étalonnage et les paramètres d'intégration). Consigner les valeurs corrigées par témoin en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (masse de formaldéhyde ou toluène sur la cartouche d'échantillon – masse sur la cartouche vierge) / volume de l'échantillon) et la limite de détection ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, en postulant un échantillon de 1 L pour le toluène et de 15 L pour le formaldéhyde).

Consigner le débit d'air, la température de l'air et l'humidité relative dans la chambre de circulation d'air, ainsi que la superficie de l'échantillon d'essai TPPI exposé. Consigner les concentrations d'entrée et de sortie de formaldéhyde ou de toluène.

Utiliser les tableaux de la section 6 pour consigner la performance initiale du taux d'extraction de formaldéhyde ou de toluène.

5.3 Essai 3 : Formation de sous-produits

5.3.1 Objet

Cet essai a pour objet d'établir si une TPPI fondée sur l'OPC produirait des sous-produits nuisibles dans la chambre de circulation d'air. Cet essai est similaire à l'essai 2a, à la différence qu'il exige de mesurer l'ozone et le formaldéhyde, et que seul le toluène constitue un COV d'épreuve.

5.3.2 Essai 3 : Formation d'ozone et de formaldéhyde

- L'échantillon d'essai TPPI est prétraité aux UV et préconditionné conformément aux sections 5.1.3 et 5.1.4, respectivement.
- Avec la source d'éclairage intérieur allumée, mesurer les niveaux en lux aux neuf emplacements de la chambre intérieure.
- Placer l'échantillon d'essai TPPI au milieu de la chambre intérieure, de manière à ce que sa surface affleure le plancher de la chambre intérieure.
- Mesurer la vitesse de l'air aux neuf emplacements à une hauteur de 1-2 cm au-dessus de l'échantillon d'essai TPPI.
- Sceller les chambres intérieure et extérieure.
- Les conditions ambiantes de la chambre de circulation d'air doivent être conformes à la section 5.1.5.
- Commencer l'injection de toluène dans l'entrée de la chambre de circulation d'air dans des conditions d'obscurité et poursuivre en maintenant des niveaux stables d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 10 \%$) à l'entrée de la chambre.
- Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air pendant 24 heures dans des conditions d'obscurité. Si l'élimination de toluène

par sorption de l'échantillon d'essai dépasse 10 % (voir section 6.2), procéder comme suit.

- Consigner le fait que l'échantillon TPPI fondé sur l'OPC présente une capacité sorptive.
 - L'essai en conditions d'obscurité est poursuivi pendant 72 heures de plus pour évaluer les effets sorptifs (essai 1 b).
 - Prélever des échantillons de toluène à l'entrée et à la sortie de la chambre après 48, 72 et 96 h dans des conditions d'obscurité.
 - Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 96 h, l'échantillon d'essai TPPI est irradié par la source d'éclairage intérieur, avec éclairage de la surface de l'échantillon d'essai TPPI à $1\,000\text{ lx} \pm 100\text{ lx}$.
 - Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air pour détecter du toluène à 120, 144 et 168 h après l'éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.
 - Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 168 h, cesser l'injection de toluène dans la chambre de circulation d'air, éteindre la source d'éclairage intérieur, faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1\text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de toluène dans la chambre à moins de $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.
 - Échantillonnage du formaldéhyde à titre de sous-produit : Des échantillons d'air sont prélevés à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation d'air à 0, 24, 48, 72, 96, 102, 120, 144 et 168 h.
 - Échantillonnage de l'ozone à titre de sous-produit : Allumer deux instruments de surveillance de l'ozone, les laisser se réchauffer pendant la période recommandée par le fabricant, et confirmer que les deux instruments enregistrent la même concentration d'ozone ambiant ($\pm 2\text{ ppb}$). Au moyen de lignes d'échantillonnage de l'air en PTFE, brancher les deux instruments de surveillance de l'ozone à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation d'air.
- Si l'on utilise un seul instrument de surveillance de l'ozone, mesurer la concentration à l'entrée pendant 10 minutes avant l'injection de toluène, et utiliser la valeur moyenne comme concentration ambiante. Brancher la ligne d'échantillonnage de l'air de l'instrument de surveillance de l'ozone à la sortie de la chambre de circulation d'air.
- Consigner les niveaux d'ozone tout au long de l'essai à intervalle d'échantillonnage d'au plus une minute. Produire un tracé des données d'ozone (corrigé pour la concentration ambiante si l'on utilise un seul instrument) et calculer les valeurs moyennes et les écarts-types.
- Si l'élimination de toluène par sorption de l'échantillon d'essai est égale ou inférieure à 10 % (voir section 6.2) après l'essai de 24 h en conditions d'obscurité, procéder comme suit.
 - L'échantillon d'essai TPPI est irradié par la source d'éclairage intérieur, avec éclairage de la surface de l'échantillon d'essai à $1\,000\text{ lx} \pm 100\text{ lx}$.
 - Échantillonner l'air d'entrée et de sortie de la chambre de circulation d'air à 24, 48, 72 et 96 h après l'éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.

- Immédiatement après le prélèvement des échantillons à 96 h, cesser l'injection de toluène dans la chambre de circulation d'air, éteindre la source d'éclairage intérieur, faire circuler de l'air pur dans la chambre pendant au moins 2,5 h à $N=1 \text{ h}^{-1}$ pour réduire le niveau de toluène dans la chambre à moins de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et mettre fin à l'essai.

- Échantillonnage du formaldéhyde à titre de sous-produit : Des échantillons d'air sont prélevés à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation d'air à 0, 24, 30, 48, 72 et 96 h après l'éclairement de l'échantillon d'essai TPPI. Les données suivantes sont consignées pour tous les échantillons d'air : emplacement de prélèvement (entrée, sortie); durée de prélèvement; marque, modèle et numéro de série du tube de prélèvement; composantes du système de prélèvement (pompes et contrôleurs); taux d'échantillonnage (mL/min) (50- 200 mL/min), date et heure du début et de la fin de l'échantillonnage, nom du personnel chargé de l'échantillonnage et code d'échantillon unique (y compris identificateur d'essai et numéro d'échantillon). Des échantillons témoins de laboratoire sont prélevés en ouvrant et fermant brièvement des cartouches vierges situées dans les tubes de prélèvement de l'air pendant la période d'essai.

- Échantillonnage de l'ozone à titre de sous-produit : Allumer deux instruments de surveillance de l'ozone, les laisser se réchauffer pendant la période recommandée par le fabricant, et confirmer que les deux instruments enregistrent la même concentration d'ozone ambiant ($\pm 2 \text{ ppb}$). Au moyen de lignes d'échantillonnage de l'air en PTFE, brancher les deux instruments de surveillance de l'ozone à l'entrée et à la sortie de la chambre de circulation d'air.

Si l'on utilise un seul instrument de surveillance de l'ozone, mesurer la concentration à l'entrée pendant 10 minutes avant l'injection de toluène, et utiliser la valeur moyenne comme concentration ambiante. Brancher la ligne d'échantillonnage de l'air de l'instrument de surveillance de l'ozone à la sortie de la chambre de circulation d'air.

Consigner les niveaux d'ozone tout au long de l'essai à intervalle d'échantillonnage d'au plus une minute. Produire un tracé des données d'ozone (corrigé pour la concentration ambiante si l'on utilise un seul instrument) et calculer les valeurs moyennes et les écarts-types.

- Les données suivantes sont consignées pour tous les échantillons d'air de détection de formaldéhyde ou de toluène : emplacement de prélèvement (entrée, sortie); durée de prélèvement; marque, modèle et numéro de série du tube de prélèvement; composantes du système de prélèvement (pompes et contrôleurs); taux d'échantillonnage (mL/min) (50- 200 mL/min), date et heure du début et de la fin de l'échantillonnage, nom du personnel chargé de l'échantillonnage et code d'échantillon unique (y compris identificateur d'essai et numéro d'échantillon). Des échantillons témoins de laboratoire sont prélevés en ouvrant et fermant brièvement des cartouches vierges situées dans les tubes de prélèvement de l'air pendant la période d'essai.

5.3.3 Essai 3 : Rapport

Décrire en détail l'équipement d'échantillonnage de l'air employé (pompes, contrôleurs de débit, chronomètres, médium de prélèvement d'échantillon et sa préparation et sa manutention, y compris le nettoyage).

Décrire les systèmes employés pour l'analyse des échantillons contenant du formaldéhyde ou du toluène (notamment les instruments d'analyse, les conditions d'analyse, l'étalonnage et les paramètres d'intégration). Consigner les valeurs corrigées par témoin en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (masse de formaldéhyde ou toluène sur la cartouche d'échantillon – masse sur la cartouche vierge) / volume de l'échantillon) et la limite de détection ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, en postulant un échantillon de 1 L pour le toluène et de 15 L pour le formaldéhyde).

Consigner l'éclairement de la surface de l'échantillon d'essai TPPI, le débit d'air, la température de l'air et l'humidité relative dans la chambre de circulation d'air, ainsi que la superficie de l'échantillon d'essai TPPI exposé. Consigner les concentrations d'entrée et de sortie de formaldéhyde ou de toluène, ainsi que les concentrations d'ozone.

Utiliser les tableaux de la section 6 pour consigner les taux de formation de formaldéhyde et d'ozone.

5.3.3.1 *Formaldéhyde*

Calculer le taux d'émission pour la superficie (BR_f) du formaldéhyde en conséquence de la formation de sous-produits de l'échantillon d'essai TPPI au moyen de l'équation suivante.

$$BR_f = Q (C_o - C_i) / A$$

Équation 5

BR_f étant le taux de formation de sous-produits de formaldéhyde, Q étant le débit de circulation d'air de la chambre, A étant la superficie de l'échantillon TPPI exposé, C_i étant la concentration de formaldéhyde à l'entrée après éclairage de l'échantillon d'essai TPPI, et C_o étant la concentration de formaldéhyde à la sortie après éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.

Ensuite, calculer le taux d'émission « standard » prévu qui produirait une concentration de formaldéhyde en régime stable de 40 ppb ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans une pièce canadienne typique, conformément à la ligne directrice recommandée de Santé Canada pour la QAI, au moyen de l'équation 6.

$$E_{std,f} = (C_{std,f} - C_{out,f}) \cdot N_C \cdot V_C$$

Équation 6

$E_{std, f}$ étant le taux d'émission « standard » de formaldéhyde (mg/h), $C_{std, f}$ étant la concentration « standard » de formaldéhyde correspondant au seuil de ligne directrice (mg/m³), $C_{out, f}$ étant la concentration extérieure de formaldéhyde en été (mg/m³), V_c étant le volume intérieur d'une pièce canadienne typique (m³) et N_c étant le taux de ventilation d'une pièce canadienne typique (h⁻¹).

La concentration ambiante médiane de 0,575 ppb (0,77 µg/m³) est établie par Aiello et McLaren (2009). Les valeurs typiques de volume de pièces résidentielles canadiennes proviennent d'une étude sur le terrain menée à Québec (Lajoie et al., 2015). Les données obtenues de 83 maisons donnaient un volume moyen de 28 m³. Reardon (2007) a mesuré les taux de ventilation de 3 848, 12 735 et 4 162 bâtiments à Ottawa Vancouver et Saskatoon respectivement. Les taux de ventilation moyens rapportés pour les trois villes s'établissaient respectivement à 0,4, 0,4 et 0,3 h⁻¹. Gilbert et al. (2006) ont mesuré des taux de ventilation moyens de 0,2 h⁻¹ dans 96 maisons de Québec, alors que l'étude sur le terrain, toujours à Québec, en arrivait à un taux de 0,3 h⁻¹. La moyenne des taux de ventilation pour ces villes a été utilisée (0,3 h⁻¹).

À partir des valeurs qui précèdent, le taux calculé $E_{std, f}$ s'établit à 0,41 mg/h.

Critères d'évaluation

L'augmentation d'émission de formaldéhyde en sous-produit devrait être inférieure à la concentration de formaldéhyde en régime stable de 40 ppb (50 µg/m³) dans une pièce canadienne typique, conformément à la ligne directrice recommandée de Santé Canada pour la QAI. Ce taux d'émission « standard » doit être normalisé en fonction de la superficie prévue de couverture du matériau TPPI. Les critères d'évaluation dépendent donc de l'utilisation du matériau TPPI, pour des surfaces de mur, de plafond ou de plancher. Aux fins du protocole, les superficies totales de mur, de plafond et de plancher proviennent de l'étude de Québec (Lajoie et al., 2015). Les superficies de mur, de plafond et de plancher étaient respectivement de 32,7, 11,8 et 11,8 m².

- TPPI pour mur:
 - Réussite : taux d'émission de sous-produits, $ER < 12.5 \mu\text{g/h/m}^2$
 - Échec : taux d'émission de sous-produits, $ER \geq 12.5 \mu\text{g/h/m}^2$
- TPPI pour plafond ou plancher:
 - Réussite : taux d'émission de sous-produits, $ER < 34.7 \mu\text{g/h/m}^2$
 - Échec : taux d'émission de sous-produits, $ER \geq 34.7 \mu\text{g/h/m}^2$

5.3.3.2 Ozone

Calculer le taux d'émission pour la superficie (BR_o) de l'ozone en conséquence de la formation de sous-produits de l'échantillon d'essai TPPI au moyen de l'équation suivante.

$$BR_o = Q (C_o - C_i) / A$$

Équation 7

BR_o étant le taux de formation de sous-produits d'ozone, Q étant le débit de circulation d'air de la chambre, A étant la superficie de l'échantillon TPPI exposé, C_i étant la concentration d'ozone à l'entrée après éclairage de l'échantillon d'essai TPPI, et C_o étant la concentration d'ozone à la sortie après éclairage de l'échantillon d'essai TPPI.

Ensuite, calculer le taux d'émission « standard » prévu qui produirait une concentration d'ozone en régime stable de 20 ppb ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans une pièce canadienne typique, conformément à la ligne directrice recommandée de Santé Canada pour la QAI, au moyen de l'équation 8.

$$E_{std,o} = C_{std,o} \left(k_d \cdot \frac{A_C}{V_C} + N_C \right) \cdot V_C - C_{out,o} \cdot N_C \cdot V_C \quad \text{Équation 8}$$

$E_{std,o}$ étant le taux d'émission « standard » d'ozone (mg/h), $C_{std,o}$ étant la concentration « standard » d'ozone correspondant au seuil de ligne directrice (mg/m^3), $C_{out,o}$ étant la concentration extérieure d'ozone en été (mg/m^3), k_d étant la vitesse de dépôt de l'ozone (m/h), A_C étant la superficie intérieure d'une pièce canadienne typique (m^2), V_C étant le volume intérieur d'une pièce canadienne typique (m^3) et N_C étant le taux de ventilation d'une pièce canadienne typique (h^{-1}).

Le calcul de $E_{std,o}$ s'effectue en postulant les conditions suivantes : 1) la concentration extérieure d'ozone le jour en été, 2) le taux de ventilation du bâtiment pour une pièce canadienne typique en été, 3) le volume typique d'une pièce canadienne, 4) la vitesse de dépôt de l'ozone et une superficie et un volume intérieurs représentatifs d'une pièce canadienne typique.

Liu et al. (1995) ont mené une étude d'évaluation de l'exposition à l'ozone à Toronto (Ontario) au cours de l'hiver et de l'été de 1992. Des mesures intérieures, extérieures et d'exposition personnelle ont été prises dans 40 maisons une fois la semaine en hiver et quotidiennement l'été. Les auteurs ont rapporté une concentration moyenne d'ozone extérieur dans les maisons le jour en été de 19,1 ppb ($38,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). L'étude sur le terrain à Québec, évaluant 83 pièces (Lajoie et al., 2015), établit une valeur typique de 28 m^3 pour le volume d'une pièce canadienne résidentielle. On utilise un taux moyen de ventilation de $0,3 \text{ h}^{-1}$ tiré de données sur des maisons canadiennes dans diverses villes (Reardon, 2007; Gilbert et al., 2006; Lajoie et al., 2015). Weschler (2000) a résumé les vitesses de dépôt de l'ozone et les valeurs A_C/V_C mesurées à partir de 22 études, dont

quatre traitaient de résidences. Le produit moyen de vitesse de dépôt avec les valeurs A_c/V_c pour les quatre études résidentielles est de $4,6 \text{ h}^{-1}$.

À partir des valeurs qui précèdent, le taux calculé $E_{std, o}$ s'établit à $5,2 \text{ mg/h}$.

Critères d'évaluation

L'augmentation d'émission d'ozone en sous-produit devrait être inférieure à la concentration d'ozone en régime stable de 40 ppb dans une pièce canadienne typique, conformément à la ligne directrice recommandée de Santé Canada pour la QAI. Ce taux d'émission « standard » doit être normalisé en fonction de la superficie prévue de couverture du matériau TPPI. Les critères d'évaluation dépendent donc de l'utilisation du matériau TPPI, pour des surfaces de mur, de plafond ou de plancher. Aux fins du protocole, les superficies totales de mur, de plafond et de plancher proviennent de l'étude de Québec (Lajoie et al., 2015). Les superficies de mur, de plafond et de plancher étaient respectivement de 32,7, 11,8 et 11,8 m^2 .

- TPPI pour mur:
 - Réussite : taux d'émission de sous-produits, $BR_o < 160 \text{ } \mu\text{g /h/m}^2$
 - Échec : taux d'émission de sous-produits, $BR_o \geq 160 \text{ } \mu\text{g /h/m}^2$
- TPPI pour plafond ou plancher:
 - Réussite : taux d'émission de sous-produits, $BR_o < 440 \text{ } \mu\text{g /h/m}^2$
 - Échec : taux d'émission de sous-produits, $BR_o \geq 440 \text{ } \mu\text{g /h/m}^2$

6. Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comprendre les renseignements suivants :

- Description de l'échantillon d'essai TPPI
- Date de production de l'échantillon d'essai TPPI
- Date de réception de l'échantillon d'essai TPPI
- Source de l'échantillon d'essai TPPI
- Technologie de l'échantillon d'essai TPPI (sorption; OPC; les deux)
- Description de la collecte et de la manutention de l'échantillon d'essai TPPI
- Âge de l'échantillon d'essai TPPI au début de l'essai
- Documentation de toute assertion liée à la QAI pour l'échantillon d'essai TPPI
- Consignation des renseignements de certificats de performance accompagnant l'échantillon d'essai TPPI
- Photographie de l'échantillon d'essai TPPI

- Détails du laboratoire d'essai
- Rapports de l'essai d'évaluation (résultats)
- Sommaire de l'évaluation

6.1 Exemple de rapport d'essai

A) Description de l'échantillon d'essai TPPI

Nom : _____

Date de production : _____

Date de réception : _____

Date de début de l'essai : _____

Âge de l'échantillon en début d'essai : _____

Technologie de l'échantillon d'essai TPPI (sorption; OPC; les deux)

- Sorption ☐
- OPC ☐
- Sorption et OPC ☐

Description de la collecte et de la manutention de l'échantillon d'essai TPPI

- Source de l'échantillon d'essai : _____
- Manutention de l'échantillon d'essai : _____
- Méthodes et matériaux de traitement de l'échantillon d'essai

- **Détails de l'échantillon d'essai**

- Dimensions finales, lon x lar x prof (mm) : _____
- Masse, initiale / finale (g) : _____
- Densité du spécimen (g/cm³) : _____
- Surface(s) exposée(s) : _____
- Superficie de surface exposée (m²) : _____

Assertions de performance liée à la QAI, publicité ou documents opérationnels du fabricant

- _____
- _____
- _____
- _____

Photos et diagrammes de l'échantillon d'essai TPPI

B) Détails du laboratoire d'essai

Nom et emplacement du labo : _____

Contact : _____

6.2 Rapports d'essai d'évaluation d'échantillon

6.2.1 Rapport d'essai d'évaluation 1a : élimination de formaldéhyde par TPPI fondée sur l'OPC

Échantillon d'essai : (spécimen/référence)

a) Conditions dans la chambre de circulation d'air

- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____
- Fuites d'air (%) : _____
- Taux de renouvellement de l'air (h^{-1}) : _____
- Vitesse de l'air sur la surface (ms^{-1}) : _____ $\pm$ _____
- Taux de formaldéhyde ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : _____

b) Résultats du prétraitement UV

- Durée totale de prétraitement UV (h) : _____
- Éclairement UV de la surface (W/m^2) : _____ $\pm$ _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

c) Résultats du préconditionnement

- Durée totale de préconditionnement (h) : _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

d) Résultats d'essai

- Élimination par sorption dans des conditions d'obscurité

Tableau 1. Élimination par sorption dans des conditions d'obscurité

	Concentration de formaldéhyde		Élimination par sorption de l'échantillon d'essai TPPI
	entrée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sortie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(entrée-sortie / entrée) x 100 %
Résultat d'essai			

- Condition d'éclairage intérieur (A/B ou C) : _____
- Essai d'élimination de formaldéhyde avec éclairage intérieur

Niveau d'éclairage intérieur de la surface en lux : _____ ± _____

Tableau 2. Concentrations de formaldéhyde en essai avec éclairage intérieur

	Concentration de formaldéhyde		Taux d'élimination pour la superficie (RR _A)	Taux de ventilation pour la superficie (VR _A)
Résultat d'essai	entrée (µg/m ³)	sortie (µg/m ³)	RR _A (µg/h /m ²)	VR _A (m ³ /h /m ²)
24 heures				
48 heures				
72 heures				
96 heures				
120 heures				
144 heures				
168 heures				

Taux d'élimination moyen pour la superficie (µg/h /m²) : _____ ± _____
Taux de ventilation moyen pour la superficie (µg/h /m²) : _____ ± _____⁴

Efficacité (s'il y a eu essai de référence) : _____

Réémission (Re) : _____% (si élimination par sorption en conditions d'obscurité > 10 %)

⁴ Calculer le taux d'élimination pour la superficie et le taux de ventilation pour la superficie attribués à l'éclairage seulement (voir section 5.2.4).

6.2.2 Rapport d'essai 1 b : élimination de formaldéhyde par TPPI fondée sur la sorption

Échantillon d'essai : (spécimen/référence)

a) Conditions dans la chambre de circulation d'air

- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____
- Fuites d'air (%) : _____
- Taux de renouvellement de l'air (h^{-1}) : _____
- Vitesse de l'air sur la surface (ms^{-1}) : _____ $\pm$ _____
- Taux de formaldéhyde ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : _____

b) Résultats du préconditionnement

- Durée totale de préconditionnement (h) : _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

c) Résultats d'essai

Tableau 3. Concentrations de formaldéhyde en essai

	Concentration de formaldéhyde		Taux d'élimination pour la superficie (RR_A)	Taux de ventilation pour la superficie (VR_A)
Résultat d'essai	entrée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sortie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	RR_A ($\mu\text{g}/\text{h} / \text{m}^2$)	VR_A ($\text{m}^3/\text{h} / \text{m}^2$)
24 heures				
48 heures				
72 heures				
96 heures				

Taux d'élimination moyen pour la superficie ($\mu\text{g}/\text{h} / \text{m}^2$) : _____ $\pm$ _____

Taux de ventilation moyen pour la superficie ($\mu\text{g}/\text{h} / \text{m}^2$) : _____ $\pm$ _____

Efficacité (s'il y a eu essai de référence) : _____

Réémission (Re) : _____ %

Temps écoulé, t_e (si percée constatée) : _____

6.2.3 Rapport d'essai 2a : élimination de toluène par TPPI fondée sur l'OPC

Échantillon d'essai : (spécimen/référence)

a) Conditions dans la chambre de circulation d'air

- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____
- Fuites d'air (%) : _____
- Taux de renouvellement de l'air (h^{-1}) : _____
- Vitesse de l'air sur la surface (ms^{-1}) : _____ $\pm$ _____
- Taux de toluène ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : _____

b) Résultats du prétraitement UV

- Durée totale de prétraitement UV (h) : _____
- Éclairement UV de la surface (W/m^2) : _____ $\pm$ _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

c) Résultats du préconditionnement

- Durée totale de préconditionnement (h) : _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

d) Résultats d'essai

- Élimination par sorption dans des conditions d'obscurité

Tableau 4. Élimination par sorption dans des conditions d'obscurité

	Concentration de toluène		Élimination par sorption de l'échantillon d'essai TPPI
	entrée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sortie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(entrée-sortie / entrée) x 100 %
Résultat d'essai			

- Condition d'éclairage intérieur (A/B ou C) : _____
- Essai d'élimination de toluène avec éclairage intérieur
Niveau d'éclairage intérieur de la surface en lux : _____ $\pm$ _____

6.2.4 Rapport d'essai 2 b : élimination de toluène par TPPI fondée sur la sorption

Échantillon d'essai : (spécimen/référence)

a) Conditions dans la chambre de circulation d'air

- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____
- Fuites d'air (%) : _____
- Taux de renouvellement de l'air (h^{-1}) : _____
- Vitesse de l'air sur la surface (ms^{-1}) : _____ $\pm$ _____
- Taux de toluène ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : _____

b) Résultats du préconditionnement

- Durée totale de préconditionnement (h) : _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

c) Résultats d'essai

Tableau 6. Concentrations de toluène en essai

	Concentration de toluène		Taux d'élimination pour la superficie (RR_A)	Taux de ventilation pour la superficie (VR_A)
Résultat d'essai	entrée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sortie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	RR_A ($\mu\text{g}/\text{h} / \text{m}^2$)	VR_A ($\text{m}^3/\text{h} / \text{m}^2$)
24 heures				
48 heures				
72 heures				
96 heures				

Taux d'élimination moyen pour la superficie ($\mu\text{g}/\text{h} / \text{m}^2$) : _____ $\pm$ _____

Taux de ventilation moyen pour la superficie ($\mu\text{g}/\text{h} / \text{m}^2$) : _____ $\pm$ _____

Efficacité (s'il y a eu essai de référence) : _____

Réémission (Re) : _____ %

Temps écoulé, t_e (si percée constatée) : _____

6.2.5 Rapport d'essai 3 : formation de sous-produits

Échantillon d'essai : (spécimen/référence)

a) Conditions dans la chambre de circulation d'air

- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____
- Fuites d'air (%) : _____
- Taux de renouvellement de l'air (h^{-1}) : _____
- Vitesse de l'air sur la surface (ms^{-1}) : _____ $\pm$ _____
- Concentrations ambiantes
 - Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : _____
 - Ozone (ppb) : _____
 - Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : _____

b) Résultats du prétraitement UV

- Durée totale de prétraitement UV (h) : _____
- Éclairement UV de la surface (W/m^2) : _____ $\pm$ _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

c) Résultats du préconditionnement

- Durée totale de préconditionnement (h) : _____
- Humidité relative (%) : _____ $\pm$ _____
- Température (°C) : _____ $\pm$ _____

d) Résultats de formation de sous-produits

- Formaldéhyde

Tableau 7. Formaldéhyde en formation de sous-produit avec éclairage intérieur

Durée après éclairage	Concentration de formaldéhyde		Taux de formation de sous-produit (BR_f)
Résultat d'essai	entrée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sortie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BR_f ($\mu\text{g}/\text{h}/\text{m}^2$)
6 heures			
24 heures			
48 heures			
72 heures			

Taux moyen de formation de sous-produit ($\mu\text{g/h/m}^2$) :
 _____ $\pm$ _____

Critère d'évaluation :

Taux de formation de formaldéhyde (en sous-produit) < taux d'émission « standard » :
 (**réussite** / **échec**) : _____

- Ozone

Tableau 8. Ozone en formation de sous-produit avec éclairage intérieur

	Concentration d'ozone		Taux de formation de sous-produit (BR_o)
Résultat d'essai	entrée ($\mu\text{g/m}^3$)	sortie ($\mu\text{g/m}^3$)	BR_o ($\mu\text{g/h/m}^2$)
Moyenne			

Mesure à l'entrée

Heure début : _____

Heure fin : _____

Mesure à la sortie

Heure début : _____

Heure fin : _____

Taux moyen de formation de sous-produit ($\mu\text{g/h/m}^2$) :
 _____ $\pm$ _____

Critère d'évaluation :

Taux de formation d'ozone (en sous-produit) < taux d'émission « standard » :
 (**réussite** / **échec**) : _____

6.3 Sommaire d'évaluation

Essai 1 : Performance d'élimination de formaldéhyde

- **Essai 1a : TPPI fondée sur l'OPC** (Oui / Non) : _____
 - Élimination par sorption en conditions d'obscurité : _____
 - Taux d'élimination de formaldéhyde pour la superficie (OPC) : _____
 - Taux de ventilation pour la superficie, formaldéhyde (OPC) : _____
 - Efficacité : _____
 - Matériau de référence pour l'efficacité : _____
 - Réémission de formaldéhyde : _____
- **Essai 1 b : TPPI fondée sur la sorption** (Oui / Non) : _____
 - Taux d'élimination de formaldéhyde pour la superficie (sorption) : _____
 - Taux de ventilation pour la superficie, formaldéhyde (sorption) : _____
 - Efficacité : _____
 - Matériau de référence pour l'efficacité : _____
 - Réémission de formaldéhyde : _____
 - Temps écoulé : _____

Essai 2 : Performance d'élimination de toluène

- **Essai 2a : TPPI fondée sur l'OPC** (Oui / Non) : _____
 - Élimination par sorption en conditions d'obscurité : _____
 - Taux d'élimination de toluène pour la superficie (OPC) : _____
 - Taux de ventilation pour la superficie, toluène (OPC) : _____
 - Efficacité : _____
 - Matériau de référence pour l'efficacité : _____
 - Réémission de toluène : _____
- **Essai 2 b : TPPI fondée sur la sorption** (Oui / Non) : _____
 - Taux d'élimination de toluène pour la superficie (sorption) : _____
 - Taux de ventilation pour la superficie, toluène (sorption) : _____
 - Efficacité : _____
 - Matériau de référence pour l'efficacité : _____
 - Réémission de toluène : _____
 - Temps écoulé : _____

Essai 3 : Formation de sous-produits

- Taux de formation de formaldéhyde (sous-produit) : (Réussite / Échec) _____
- Taux de formation d'ozone (sous-produit) : (Réussite / Échec) _____

Annexe A - INFORMATION

Technologies

Les technologies des panneaux passifs installés à l'intérieur (TPPI) désignent des matériaux de construction disponibles commercialement, qui sont conçus spécialement pour réduire les concentrations à l'intérieur de contaminants chimiques et biologiques, au moyen de processus physiques ou chimiques. Selon le processus employé, un matériau TPPI présente des capacités diverses d'élimination de polluant et de force de rétention.

La réduction de la concentration de polluants à l'intérieur des TPPI ne repose pas sur la ventilation accrue que l'on associe habituellement à une consommation énergétique accrue. Les TPPI présentent la capacité d'améliorer la qualité de l'air intérieur en comptant très peu sur un apport énergétique, car la captation des polluants sur les surfaces n'exige aucune force mécanique supplémentaire. À la différence des systèmes actifs conventionnels d'extraction des polluants (circulation directe), les TPPI éliminent des polluants intérieurs par contact du polluant transporté par la circulation d'air normale dans la superficie occupée du bâtiment.

Les TPPI font appel à plusieurs processus pour éliminer des polluants intérieurs, notamment les technologies fondées sur la sorption, et celles fondées sur l'OPC. Les TPPI fondées sur la sorption reposent sur des processus d'adsorption et de chimisorption, alors que les TPPI fondées sur l'OPC reposent sur des photocatalyseurs appliqués sur des matériaux de construction exposés à un rayonnement ultraviolet ou de lumière intérieure.

TPPI fondées sur des processus de sorption

Dans le cas de polluants chimiques comme les produits organiques volatils (COV), leur sorption par un matériau TPPI peut s'effectuer par des processus d'adsorption, d'absorption ou de chimisorption, décrits ci-dessous.

Adsorption : Ce processus fait appel à une interaction électrostatique entre les COV et le matériau TPPI, pour créer une pellicule de COV (adsorbat) sur la surface du matériau TPPI (adsorbant). Les adsorbants en forme solide employés dans des matériaux de construction TPPI comprennent le charbon activé et plusieurs autres matériaux comme le gel de silice, l'alumine activée, les zéolites, l'argile minérale poreuse et les tamis moléculaires. L'utilité de ces matériaux comme adsorbants vient de leur grande superficie interne, de leur stabilité et de leur faible coût.

Absorption : Dans ce processus, les molécules de COV pénètrent dans le matériau TPPI et sont absorbées dans son volume, plutôt qu'en surface (comme pour l'adsorption).

Chimisorption : Ce processus comporte un transfert d'électrons, essentiellement une réaction chimique de formation de liaison entre l'adsorbant et l'adsorbat. Une réaction chimique s'effectue entre le COV et le matériau TPPI (éléments ou autres agents réactifs intégrés lors de la fabrication au matériau TPPI). Le sorbant forme des liaisons chimiques avec le COV, ce qui le lie au substrat du sorbant ou le convertit en composés chimiques plus bénins. Une fois lié, le contaminant est altéré chimiquement et ne peut plus se libérer dans l'air en circulation.

Quelques difficultés rattachées aux TPPI fondées sur la sorption.

1. Certaines TPPI fondées sur la sorption absorbent efficacement des polluants gazeux déterminés de l'air intérieur (p. ex., COV), mais n'absorbent pas efficacement des composés organiques très volatils et des gaz à faible masse moléculaire relative comme le formaldéhyde.
2. Le taux d'adsorption (efficience) diminue à mesure que le matériau séquestre des polluants, ces TPPI fondées sur la sorption ont une capacité fixe d'adsorption.
3. Certaines TPPI fondées sur la sorption peuvent permettre la réémission des COV séquestrés une fois le matériau saturé, qui devient alors lui-même une source de pollution. De plus, certaines conditions environnementales peuvent provoquer la réémission (niveau élevé de température, d'humidité relative, de vitesse de l'air).
4. Un traitement de surface (p. ex., apprêt, peinture, papier peint) ou la souillure par particules de surfaces TPPI peuvent affecter la performance en entravant le contact entre le polluant et le matériau TPPI.
5. Des COV de certaines classes, par exemple des hydrocarbures insaturés, séquestrés dans le matériau TPPI peuvent entrer en réaction hétérogène avec des polluants réactifs transportés dans l'air (p. ex., ozone). Ces réactions peuvent former des sous-produits nuisibles comme le formaldéhyde et des particules ultrafines.

TPPI fondées sur des processus d'OPC

Pour l'extraction de polluants chimiques comme les COV, le processus d'OPC consiste à projeter une lumière ultraviolette (UV) ou du spectre visible sur une surface catalytique constituée d'un oxyde métallique (p. ex., TiO_2). En théorie, ce processus crée une réaction chimique qui convertit les COV aéroportés en substances moins nuisibles. Le photocatalyseur absorbe des photons de la lumière UV ou visible pour alimenter des réactions d'oxydation et de réduction sur la surface catalytique. Des espèces hautement réactives (hydroxyles et ions superoxydes) formées par ces réactions oxydent les COV en dioxyde de carbone et en eau.

Les technologies traditionnelles d'OPC reposent sur des composés comme TiO_2 et ZnO , qui ont besoin d'UV pour l'activation, ce qui les rend attrayantes pour des applications à l'extérieur. Toutefois, l'extrémité de bande de ces photocatalyseurs se situe dans la région UV, ce qui les rend inactifs en éclairage à la lumière visible. De nouvelles surfaces catalytiques font appel à une modification de surface au moyen d'un couplage matières organiques et semiconducteurs, et à une modification de largeur de bande interdite par dopage au moyen de composés métalliques ou non métalliques, ou la création de lacunes d'oxygène et la sous-stœchiométrie de l'oxygène, ce qui rend possible l'utilisation de cette technologie dans des applications intérieures.

Quelques difficultés rattachées aux TPPI fondées sur l'OPC.

1. Les TPPI fondées sur l'OPC peuvent ne pas se limiter à produire des hydroxyles et ions superoxydes, mais aussi produire de l'ozone et du formaldéhyde. Ces sous-produits réactifs sont associés à des effets sur la santé humaine par inhalation et réglementés par Santé Canada.
2. Un traitement de surface (p. ex., apprêt, peinture, papier peint) ou la souillure par particules de surfaces TPPI peuvent affecter la performance en entravant le contact entre le polluant et le matériau TPPI.
3. Les conditions environnementales (température, humidité relative) peuvent affecter la performance.

4. Les TPPI fondées sur l'OPC peuvent présenter une performance inefficace dans des conditions d'éclairage intérieur, à cause du niveau d'UV très bas.

Normes établies touchant la performance des TPPI

Les normes actuellement disponibles de mise à l'essai de technologies de panneaux passifs installés à l'intérieur pour éliminer des polluants chimiques s'appliquent aux TPPI fondées sur la sorption et l'OPC.

Normes sur les TPPI fondées sur la sorption

L'ISO a publié deux normes sur l'évaluation de la réduction des concentrations de formaldéhyde et de composés organiques volatils (normes ISO 16000-23 et ISO 16000-24). Ces deux normes mesurent la performance de matériaux de construction sorptifs dans la réduction des concentrations de formaldéhyde ou de COV. L'essai comprend une évaluation de la performance initiale et de la durée de maintien de cette performance. La performance des matériaux de construction sorptifs est évaluée en flux de sorption, en taux de ventilation équivalent et en masse surfacique de saturation (capacité). Un essai de performance pour évaluer la masse surfacique de saturation prend habituellement 28 jours par échantillon.

1. Norme ISO 16000-23, *Air intérieur -- Partie 23 : Essai de performance pour l'évaluation de la réduction des concentrations en formaldéhyde par des matériaux de construction sorptifs.*
2. Norme ISO 16000-24, *Air intérieur – Partie 24 : Essai de performance pour l'évaluation de la réduction des concentrations en composés organiques volatils (sauf formaldéhyde) par des matériaux de construction sorptifs.*

Normes sur les TPPI fondées sur l'OPC

Actuellement, il n'existe pas de norme pour évaluer la performance de TPPI fondées sur l'OPC dans des applications intérieures. L'ISO a publié six normes relatives à des technologies de panneaux passifs fondées sur l'OPC avec éclairage à l'ultraviolet, mentionnées ci-après.

La série de normes 22197 (1 à 5) traite de l'élimination de cinq polluants gazeux (oxyde nitrique, acétaldéhyde, toluène, formaldéhyde et mercaptan méthylique) par des panneaux passifs faisant appel à des technologies d'oxydation photocatalytiques avec éclairage par rayonnement ultraviolet. Selon ces normes, la performance des matériaux d'essai est évaluée d'après leur capacité à réduire des concentrations cibles en mesurant la quantité éliminée de polluants dans une chambre d'essai. Le vocabulaire et l'information technique employés dans ces normes ne sont pas optimisés pour une application scientifique au bâtiment.

Les normes ISO 22197-1 et ISO 22197-2 traitent partiellement de la formation de sous-produits par le calcul des quantités respectives de dioxyde d'azote (NO₂) et de dioxyde de carbone (CO₂) converties depuis les polluants d'épreuve. Toutefois, l'objet principal de ce calcul n'est pas de prévenir une exposition néfaste à l'humain, mais plutôt de déterminer la minéralisation complète des polluants cibles par l'utilisation de panneaux passifs.

La norme complémentaire 10677 décrit la source lumineuse à employer pour l'essai de performance de photocatalyseurs excités par un rayonnement ultraviolet. Il faut préciser que puisque cette norme porte sur le rayonnement ultraviolet, un éclairage intérieur typique pourrait

ne pas produire suffisamment d'énergie pour exciter un panneau passif faisant appel à l'OPC, ce qui pourrait rendre incomplète l'application de ces normes.

1. Norme ISO 22197 – *Céramiques techniques - Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air -- Partie 1 : Élimination de l'oxyde nitrique.*
2. Norme ISO 22197 – *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 2 : Élimination de l'acétaldéhyde.*
3. Norme ISO 22197 – *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 3 : Élimination du toluène.*
4. Norme ISO 22197 – *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 4 : Suppression du formaldéhyde.*
5. Norme ISO 22197 – *Céramiques techniques — Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 5 : Suppression du mercaptan méthylique.*
6. Norme ISO 10677 – *Céramiques techniques -- Sources lumineuses UV destinées aux essais des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs.*

Chambre d'essai utilisée dans les normes sur les TPPI

L'élimination de COV par des TPPI fondées sur l'OPC repose sur un processus de réaction en surface comportant deux étapes, soit 1) le transfert des COV vers la surface réactive, et 2) la décomposition des COV par le photocatalyseur. Par conséquent, le taux de transfert de masse convectif, le taux de réaction et la superficie réactive représentent les trois plus importants paramètres de performance d'une TPPI fondée sur l'OPC.

Par ailleurs, l'élimination de COV par des TPPI fondées sur la sorption repose sur trois étapes, soit 1) le transfert des COV vers la surface, 2) l'adsorption ou l'absorption des COV dans le matériau TPPI, et 3) le transfert des COV vers la surface intérieure ou leur conversion en constituants différents. Dans ce cas, le coefficient de transfert de masse des COV, les caractéristiques d'adsorption ou d'absorption du matériau TPPI, la résistance à la diffusion de la surface intérieure du matériau ou le taux et la superficie de chimisorption à l'intérieur du matériau constituent les plus importants paramètres de performance d'une TPPI fondée sur la sorption.

Le paramètre commun d'influence sur le processus d'élimination des COV des TPPI fondées sur l'OPC et la sorption est le coefficient de transfert de masse. Ce paramètre dépend des conditions de circulation de l'air ambiant, mesurées par la vitesse de l'air et le niveau de turbulence. Dans un bâtiment réel, les conditions de circulation de l'air ambiant sur les surfaces de matériaux typiques comprennent l'écoulement stagnant, l'écoulement laminaire et l'écoulement turbulent. Pour évaluer la performance indépendante d'un matériau TPPI dans l'élimination de COV dans une chambre d'essai, il est nécessaire de contrôler la vitesse de l'air et la turbulence sur la surface du matériau TPPI. L'installation d'un ventilateur dans la chambre d'essai pourrait se traduire par un coefficient de transfert de masse excessivement élevé sur la surface du matériau TPPI, menant ainsi à une surestimation ou une sous-estimation de la performance du matériau TPPI dans des conditions intérieures réelles⁶.

⁶ Un coefficient de transfert de masse élevé peut intensifier le processus d'adsorption et ainsi accroître l'élimination de COV par une TPPI fondée sur la sorption. Par contre, pour une TPPI fondée sur l'OPC, un

La chambre d'essai employée pour évaluer la performance de TPPI fondées sur l'OPC selon les normes décrites en 7.2.2 repose sur l'utilisation d'un photoréacteur, plutôt que d'une chambre de mélange. La principale limite que présente l'emploi d'un photoréacteur est qu'il fait appel à des conditions d'écoulement laminaire (Ifang et al., 2014). En premier lieu, la circulation d'air près des surfaces intérieures d'environnements intérieurs typiques n'est pas laminaire (Zhang, et al., 1995). Ensuite, dans un photoréacteur à écoulement d'air laminaire, le transport des polluants sur la surface du matériau TPPI entraînera la formation de gradients de concentration, et la réaction chimique pourrait devenir bien inférieure au niveau attendu des mesures, pour une sous-estimation de la cinétique de captation de la surface.

La chambre d'essai établie prévue aux normes utilise un éclairage UV plutôt que la lumière intérieure. Les niveaux UV sont très faibles dans un environnement intérieur, en raison d'une mauvaise transmission à travers les fenêtres et du manque de sources intérieures.

Il est donc nécessaire de se doter d'un protocole d'essai de l'élimination de polluants par TPPI fondées sur l'OPC dans une chambre d'essai qui reproduit des conditions intérieures typiques, en particulier à l'égard de sources d'éclairage intérieur d'usage courant. Une telle méthode reste toutefois à définir.

Sommaire des besoins d'élaboration d'un nouveau protocole des TPPI et de consultation

Le tableau 9 résume les principaux aspects de performance couverts par les normes mentionnées. Ces dernières traitent d'importants aspects de la performance d'élimination de polluants intérieurs des TPPI fondées sur la sorption et de l'élimination de polluants extérieurs par les technologies de panneaux passifs fondées sur l'OPC, mais les normes comportent des lacunes en ce qui a trait aux aspects de performance suivants :

1. essais sur la formation de produits secondaires nuisibles dans l'utilisation de TPPI fondées sur l'OPC, pour protéger la santé des humains;
2. essais de la performance d'élimination des TPPI en présence d'effets de salissure ou d'autres traitements de surface (p. ex., peinture, papier peint);
3. essais sur la réémission des COV séquestrés dans des conditions environnementales variables;
4. essais sur des réactions hétérogènes entre les COV séquestrés (hydrocarbures insaturés) et l'ozone, menant à la formation de sous-produits nuisibles;
5. essais des TPPI faisant appel à des matériaux de mur, plafond et plancher dans une chambre à échelle réelle (taille d'une pièce);
6. chambre d'essai reproduisant les conditions près des surfaces dans des environnements intérieurs;
7. chambre d'essai qui n'utilise pas un éclairage intérieur pour simuler la performance à l'intérieur.

Une consultation auprès notamment de constructeurs, de chercheurs, de partenaires de l'industrie et de professionnels de la santé a ensuite été menée pour réfléchir aux besoins des intervenants, cerner les lacunes, prioriser les domaines et dégager un consensus. Un CTC s'est

coefficient de transfert de masse élevé pourrait réduire le délai de résidence pour la réaction du COV avec le photocatalyseur, menant à une minéralisation incomplète et à une formation accrue de sous-produits.

ensuite réuni pour définir la portée de la performance critique en vue de l'élaboration d'un protocole. Avec l'orientation du CTC, les suggestions de la consultation ont été concentrées dans trois domaines prioritaires, en fonction de la faisabilité, du caractère pratique et de la disponibilité des ressources. Il a finalement été décidé que le nouveau protocole devait partir de normes établies pour la sorption afin d'évaluer la performance des TPPI fondées sur la sorption et l'OPC dans l'élimination d'importants polluants intérieurs dans les environnements aménagés au Canada. Étant donné que l'effet sorptif peut avoir une influence sur certaines TPPI fondées sur l'OPC, le nouveau protocole distingue la performance d'élimination attribuée à l'éclairement et celle attribuée à la sorption. Le nouveau protocole doit aussi faire appel à une chambre améliorée avec contrôle approprié de la vitesse de l'air et du niveau de turbulence pour simuler des conditions d'intérieur, plutôt qu'à une chambre à photoréacteur. De plus, la chambre doit être dotée d'un éclairage intérieur (plutôt que d'une source UV) comme source d'éclairement, plus représentatif d'applications intérieures. Le nouveau protocole doit finalement traiter la protection des occupants du bâtiment contre l'exposition à des polluants nuisible dans l'utilisation de TPPI fondées sur l'OPC, par des essais sur la formation de sous-produits.

Valeurs de ligne directrice pour des composés organiques individuels, le formaldéhyde et l'ozone

Ligne directrice sur l'ozone

Santé Canada (2010), limite d'exposition résidentielle maximale à l'ozone (exposition de 8 h) : 20 ppb ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ligne directrice sur le formaldéhyde

Santé Canada (2006), Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur – formaldéhyde (exposition de 8 h) : 40 ppb ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ligne directrice sur le toluène

Santé Canada (2011), Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur – toluène (exposition de 24 h) : 600 ppb ($2\,300 \mu\text{g}/\text{m}^3$); (exposition de 8 h) : 4 000 ppb ($15\,000 \text{mg}/\text{m}^3$)

Importance et pertinence en regard des normes et protocoles courants sur les TPPI :

Santé Canada a énoncé des orientations pour la QAI résidentiel sous forme de limites d'exposition recommandées pour le formaldéhyde, le toluène et l'ozone. La performance d'élimination des TPPI en prenant le formaldéhyde et le toluène comme polluants d'épreuve, ainsi que leur possible réémission, est couverte par les essais 1 et 2 du présent protocole. La formation de sous-produits telle que mesurée par l'essai 3 du présent protocole évalue les expositions au formaldéhyde et à l'ozone.

Tableau 9. Aperçu des normes établies sur la performance des TPPI

Norme établie	Aspect de la performance		
	Coefficients d'élimination	Coefficients de performance à long terme	Taux de ventilation équivalent
ISO 16000-23 : Essai de performance pour l'évaluation de la réduction des concentrations en formaldéhyde par des matériaux de construction sorptifs.	Flux de sorption (F_m) = $(C_{in} - C_{out}) Q/A$ Q =taux de circulation d'air de la chambre d'essai; A = superficie du spécimen d'essai	Masse totale par superf. de sorption au point de demi-vie ($\bar{n}$) = $\bar{a} (F_m \times \bar{A} t_{e,i})$ & $\bar{A} t_{e,i} = t_{e,i} - t_{e,i-1}$ (t_e = temps écoulé)	Taux vent. équiv. par superficie (Fv) = $[(C_{in}/C_{out}) - 1]Q/A$
ISO 16000-24 : Essai de performance pour l'évaluation de la réduction des concentrations en composés organiques volatils (sauf formaldéhyde) par des matériaux de construction sorptifs.	Flux de sorption (F_m) = $(C_{in} - C_{out}) Q/A$ Q =taux de circulation d'air de la chambre d'essai; A = superficie du spécimen d'essai	Masse totale par superf. de sorption au point de demi-vie ($\bar{n}$) = $\bar{a} (F_m \times \bar{A} t_{e,i})$ & $\bar{A} t_{e,i} = t_{e,i} - t_{e,i-1}$ (t_e = temps écoulé)	Taux vent. équiv. par superficie (Fv) = $[(C_{in}/C_{out}) - 1]Q/A$
ISO 22197-1 : Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air -- Partie 1 : Élimination de l'oxyde nitrique.	NO_x Ads (n_{ads}) = $f/22.4 \int (C_{in, NO} - C_{out, NO}) dt - \int C_{NO_2} dt$ - Qté NO éliminé (n_{NO}) = $f/22.4 \int (C_{in, NO} - C_{out, NO}) dt$ - Qté nette NOx élim. (n_{NOx}) = $n_{ads} + n_{NO} - n_{NO_2}$ n_{des} f = taux de circulation d'air de la chambre d'essai; C_{NO_2} = conc. de NO_2 formé	Qté NO_x désorbé (n_{des}) = $f/22.4 \int C_{out, NO} dt + \int C_{NO_2} dt$	
ISO 22197-2 : Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 2 : Élimination de l'acétaldéhyde.	- Pourcentage d'élim. (R_A) = $100 \times (C_{in} - C_{out}) / C_{in}$ - Qté élim. (n_A) = $R_A \times (C_{in} \times f \times 1.016 \times 60) / (100 \times 22.4)$ f = taux de circulation d'air de la chambre d'essai		
ISO 22197-3 : Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 3 : Élimination du toluène.	- Pourcentage d'élim. (R_A) = $100 \times (C_{in} - C_{out}) / C_{in}$ - Qté élim. (n_A) = $R_A \times (C_{in} \times f \times 1.016 \times 60) / (100 \times 22.4)$ f = taux de circulation d'air de la chambre d'essai		
ISO 22197-4 : Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la	- Pourcentage d'élim. (R_A) = $100 \times (C_{in} - C_{out}) / C_{in}$ - Qté élim. (n_A) = $R_A \times (C_{in} \times f \times 1.016 \times 60) / (100 \times 22.4)$		

<i>purification de l'air — Partie 4 : Suppression du formaldéhyde.</i>	f = taux de circulation d'air de la chambre d'essai		
ISO 22197-5 : <i>Méthodes d'essai relatives à la performance des matériaux photocatalytiques semi-conducteurs pour la purification de l'air — Partie 5 : Suppression du mercaptan méthylique.</i>	• Pourcentage d'élim. (R_A) = $100 \times (C_{in} - C_{out}) / C_{in}$ • Qté élim. (n_A) = $R_A \times (C_{in} \times f \times 1.016 \times 60) / (100 \times 22.4)$ f = taux de circulation d'air de la chambre d'essai		