

LOGICIEL DE SIMULATION DES ÉMISSIONS DE MATÉRIAUX ET DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (IA-QUEST)

Boualem Ouazia, Doyun Won, Bob Magee et Dan Sander

Programme de recherche sur l'environnement intérieur/Institut de recherche en construction
Conseil national de recherches du Canada

Indoor Air Quality and Emission Simulation Tool (IA-QUEST) - Version 1

Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC/IRC) a lancé une série de projets réunis sous l'appellation «Consortium pour la modélisation des émissions de matériaux et de la qualité de l'air intérieur» (CMEMQAI) dans le but général d'élaborer des lignes directrices touchant la sélection des matériaux intérieurs et des stratégies de ventilation en vue de satisfaire à des exigences spécifiques de qualité de l'air intérieur. Un des principaux résultats du projet a été la création d'une base de données sur les émissions des matériaux et la mise au point d'un outil de simulation de la qualité de l'air intérieur (IA-QUEST).

Le logiciel en question comporte deux parties: une base de données et un programme de simulation. La base de données fournit de l'information sur les émissions («effluents gazeux») de 90 composés organiques volatils (COV) «cibles», COV «abondants» et COVT (COV totaux) de 69 matériaux de construction couramment utilisés au Canada. Les détails des échantillons et des conditions d'essai sont également disponibles. La composante simulation consiste à prévoir les concentrations dans l'air intérieur d'une pièce pour des matériaux donnés à partir de la base de données et des conditions/stratégies de ventilation définies.

Introduction

La capacité de fournir une bonne qualité de l'air intérieur à un rendement énergétique intéressant est une exigence importante pour les bâtiments modernes. Les composés organiques volatils (COV) émis par les matériaux utilisés pour la construction constituent l'un des principaux contaminants présents dans les maisons. Certains de ces COV peuvent entraîner de l'inconfort et causer des problèmes de santé si les concentrations des contaminants ne sont pas contrôlées de façon adéquate. De nos jours, on utilise des centaines de matériaux, naturels ou synthétiques, pour la construction des bâtiments. Chaque matériau peut émettre de nombreux contaminants (An *et al.*, 1997). Par exemple, Molhave (1982) a identifié 52 composés organiques volatils

(COV) différents émis par 42 matériaux couramment utilisés pour la construction.

En moyenne, chaque matériau qui a fait l'objet d'essais avait émis 22 composés différents. Étant donné l'importante quantité de matériaux et de produits utilisés dans la construction et le nombre élevé de contaminants émis, les concepteurs, ingénieurs et gestionnaires de bâtiments ont besoin d'un outil pratique pour déterminer si le taux de ventilation prescrit pour le bâtiment en question est approprié. Pour répondre à un tel besoin, l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada a mis au point un logiciel intitulé IA-QUEST (**I**ndoor **A**ir **Q**uality and **E**mission **S**imulation **T**ool - ou-

til de simulation des émissions de matériaux et de la qualité de l'air intérieur).

Le présent article se veut une introduction au programme de simulation IA-QUEST, qui peut être utilisé pour trouver de l'information sur les émissions de matériaux dans la base de données et pour évaluer les concentrations de contaminants pour diverses options, selon l'utilisation du matériau et les taux de ventilation. Un guide de l'utilisateur (Sander *et al.*, 2005) explique les étapes à suivre pour utiliser le programme IA-QUEST.

Utilisateurs visés

Différents types d'utilisateurs peuvent tirer profit de ce progiciel, notamment les fabricants de matériaux de construction intéressés à évaluer ou à mettre au point des produits, les concepteurs, les rénovateurs et les gestionnaires de bâtiments intéressés à créer des environnements à faible concentration de COV pour les occupants et les chercheurs.

Les utilisateurs visés peuvent être regroupés comme suit :

le premier groupe inclut les concepteurs, ingénieurs et gestionnaires de bâtiments qui peuvent l'utiliser pour parcourir la base de données et y chercher de l'information, et pour prévoir les concentrations de contaminants pour différentes options de conception;

le deuxième groupe inclut les personnes intéressées à entretenir et à mettre à jour la base de données. Ce groupe d'utilisateurs peut inclure une personne désignée au sein d'une société de génie architectural, qui, par exemple, entrerait les données sur les émissions pour les matériaux/produits que sa société utilise fréquemment ou les données nouvelles qui sont fournies par les laboratoires d'essai ou les fabricants des matériaux;

le troisième groupe peut inclure des employés de laboratoires d'essai ou de sociétés de consultation en QAI qui souhaitent utiliser le programme pour gérer leurs données sur les émissions ou offrir des services de consultation à leurs clients. On s'attend à ce que les utilisateurs de ce groupe aient une bonne compréhension des divers modèles de piégeage et de source d'émissions des matériaux mis en œuvre dans le programme.

Aperçu

Le logiciel IA-QUEST a été mis au point dans le but de gérer les données sur les émissions des matériaux et de prévoir le comportement des émissions de COV dans des environnements intérieurs. Il comporte un modèle à zone unique afin de permettre aux utilisateurs de sélectionner les matériaux de construction dans la base de données, d'entrer les taux/plans de ventilation et de prévoir l'incidence des taux/plans de ventilation et des matériaux choisis sur la concentration de COV dans le bâtiment. Ce modèle à zone unique est fondé sur deux hypothèses principales. Il suppose premièrement un mélange parfait de contaminants dans l'air intérieur et deuxièmement, que les composés organiques volatils n'interagissent pas les uns avec les autres (*aucune réaction chimique en cause*).

Voici les fonctions principales du programme:

- (i) exploration de la base de données,
- (ii) interrogation de la base de données et recherche,
- (iii) lancement d'une simulation pour évaluer l'incidence des matériaux sélectionnés, de la quantité de matériaux en cause et du plan/taux de ventilation sur les concentrations de COV à l'intérieur d'un bâtiment,
- (iv) production de rapports sur les caractéristiques des émissions et finalement, entrée et mise en forme des données pour la mise à jour de la base de données.

Les données à entrer pour le logiciel de la BDEM-QAI peuvent être divisées en deux catégories principales:

Paramètres de l'environnement

- volume de la pièce (V)
- taux de renouvellement d'air (N)
- plan de ventilation
- concentration initiale de chaque polluant organique dans la pièce ou la maison (C_0)
- concentration initiale de chaque polluant organique dans l'air fourni (C_{in}).

Paramètres des matériaux

Le modèle semi-empirique mis au point à l'IRC/CNRC a été utilisé pour analyser les données sur les émissions obtenues lors d'essais effectués dans une enceinte à petite échelle. Les résultats des essais effectués dans l'enceinte à petite échelle sont exprimés sous forme de modèles mathématiques pour le taux d'émission de divers composés dans le temps. Ces paramètres ont été établis pour chaque matériau et chaque contaminant organique à l'aide des données sur les émissions obtenues lors des essais dans l'enceinte à petite échelle. Ces paramètres ont été réunis dans une base de données dont l'utilisateur peut se servir pour faire des simulations.

Base de données sur les émissions des matériaux

La base de données sur les émissions des matériaux propose actuellement quelque 2300 jeux de données sur les caractéristiques des émissions, fondés sur des essais réalisés sur 69 matériaux de construction couramment utilisés au Canada. Les essais relatifs aux émissions ont été réalisés par l'IRC/CNRC conformément à la norme ASTM D 5116. Les caractéristiques des émissions sont définies en fonction des coefficients des modèles sources.

La base de données renferme l'information suivante :

- Coefficients des modèles sources pour les composés organiques volatils (COV) « abondants », les COV « cibles » et les COV to-

taux (COVT) de 69 matériaux de construction.

- Valeur R^2 résultant de l'ajustement analytique qui a permis d'obtenir les modèles sources.
- Facteurs d'émission mesurés (maximaux et nominaux à intervalles de 24 heures).
- Relevés des résultats des essais (date de l'essai, température, taux de renouvellement d'air, humidité relative, vitesse de l'air, niveau de turbulence et coefficient de charge, le cas échéant).
- Relevés des échantillons (description générique d'un échantillon, dimensions – largeur, longueur et épaisseur, et poids, le cas échéant).
- Information sur les produits chimiques (propriétés physiques, données sur les effets sur la santé, et synonymes, le cas échéant).

La base de données sur les émissions des matériaux contient les caractéristiques des émissions des composés organiques volatils produites par les matériaux de construction. L'information sur les COV comprend:

- Propriétés : poids moléculaire, pression de vapeur et point d'ébullition
- Données sur les effets sur la santé :
 - seuil de détection olfactive (Jensen *et al.*, 1996)
 - limite d'exposition professionnelle (États-Unis, Danemark) (Jensen *et al.*, 1996).
 - seuil d'irritation des muqueuses (Jensen *et al.*, 1996)
 - niveau d'exposition chronique non cancéreuse de référence admissible en Californie (EPA)
 - limite d'exposition permise par l'OSHA (OSHA)

On a dressé une liste de 90 COV « cibles » soit 90 COV choisis à partir de 11 listes publiées par des organismes nationaux et internationaux tels que l'Organisation mondiale de la Santé et Santé

Canada ainsi qu'à partir des résultats des essais relatifs aux émissions effectués par le CNRC. On s'est employé à inclure dans la liste des COV « cibles » les substances chimiques qui : 1) causeraient de l'irritation et nuisaient à la santé ou que l'on soupçonnait de causer de l'irritation ou de nuire à la santé (critères de santé); 2) étaient, selon toutes probabilités, émises par les matériaux de construction (matériau de construction); 3) se trouvaient fréquemment dans l'air intérieur (air intérieur), et 4) se prêtaient à l'échantillonnage à l'aide de matériaux adsorbants, à l'analyse CG-SM ou à l'analyse par CLHP des composés carbonylés (analyse).

On peut consulter la liste intégrale de ces COV aux adresses suivantes:

<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc48314/> et <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/rr/rr206/>.

Méthode de simulation

Le logiciel permet de calculer la concentration, dans un espace intérieur ventilé, des contaminants dus aux émissions des matériaux présents dans cet espace. Le calcul de la concentration repose sur un modèle de mélange dans une zone unique. Les caractéristiques des émissions des matériaux sont tirées de la base de données intégrée au logiciel.

Voici les données requises pour effectuer une simulation:

- volume de l'espace
- taux de ventilation (profil en fonction du temps)
- type et quantité de matériaux qui se trouvent dans la pièce
- caractéristiques des émissions pour chaque matériau

L'utilisateur inscrit les données relatives au volume de la pièce et au plan de ventilation dans la fenêtre de l'onglet « Ventilation » (voir la figure 1).

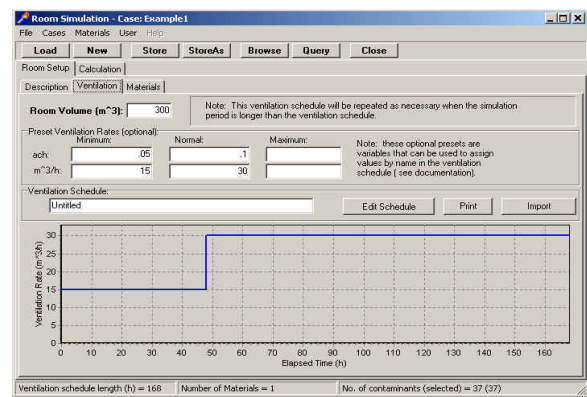


Figure 1 : Données sur la ventilation

L'utilisateur précise la quantité et le type de matériau (sélectionnés dans la base de données à l'aide des boutons « Browse » ou « Query ») tel qu'indiqué à la figure 2.

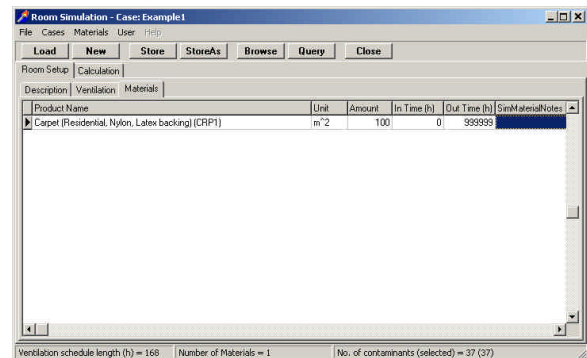


Figure 2 : Données sur les matériaux

Le logiciel IA-QUEST utilise les modèles mathématiques stockés dans la base de données pour les émissions des contaminants des matériaux précisés. La figure 3 montre la représentation graphique des caractéristiques des émissions pour le matériau choisi (émissions en fonction du temps).

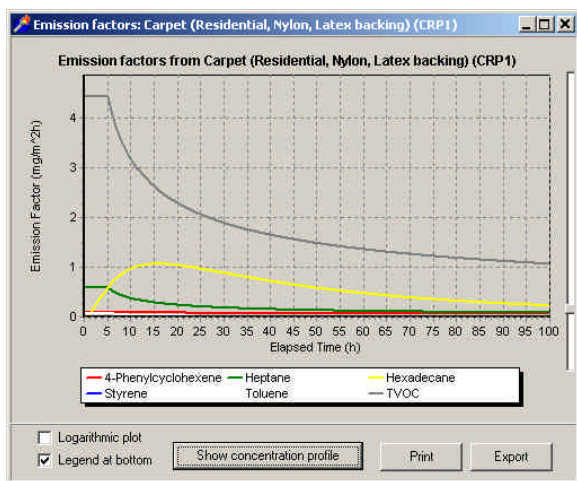


Figure 3 : Caractéristiques des émissions des matériaux

L'utilisateur peut obtenir des rapports comme celui illustré à la figure 3 en cliquant avec le bouton droit de la souris sur le nom du matériau dans la fenêtre de l'onglet « Materials » (matériaux).

La simulation de l'incidence des matériaux de construction et du mobilier sur une pièce donnée est un processus en plusieurs étapes, qui requiert les données suivantes :

- les conditions de la pièce (volume et conditions de ventilation);
- les matériaux de la base de données qui serviront à la simulation (type, quantité et temps d'entrée/sortie de la pièce utilisée pour la simulation);
- la période de simulation et la résolution;
- les COV émis qui doivent être modélisés, incluant leurs concentrations initiales dans l'espace et dans l'air fourni à la pièce.

La fenêtre « Ventilation » (figure 4) affiche les données suivantes :

Volume de la pièce: une valeur (en m^3) est requise pour le calcul.

Taux de ventilation: trois taux de ventilation (minimal, normal et maximal) peuvent être indi-

qués ici. On peut entrer un taux de renouvellement d'air ou un débit d'air (m^3/h).

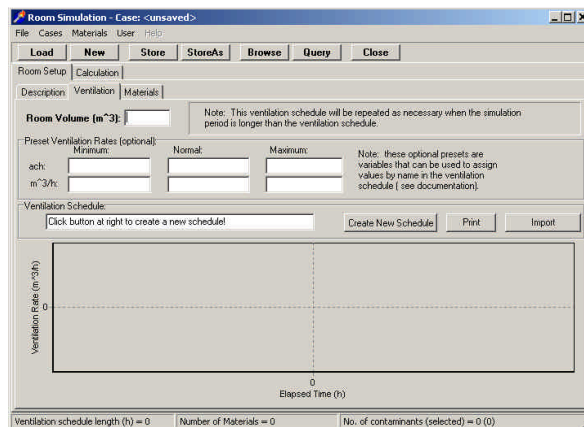


Figure 4 : Données sur la ventilation

On peut créer un plan de ventilation en inscrivant les valeurs numériques du débit d'air en m^3/h . Un plan se compose d'une série de « Days » (jours). Pour chaque « Day » (jour), il faut définir les débits d'air dans le tableau des détails et ce, pour le jour complet (c.-à-d., de l'heure 0 à l'heure 24). La figure 5 illustre un exemple de plan de ventilation.

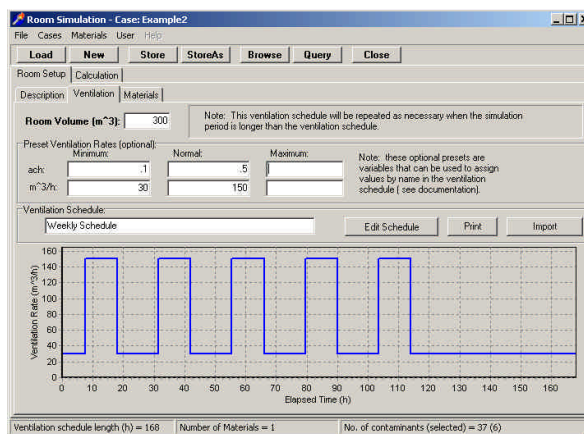


Figure 5 : Exemple de plan de ventilation

Dans la fenêtre « Materials » (figure 6), il faut entrer l'information sur les matériaux environnants. On sélectionne le matériau à l'aide du bouton « Browse », et on fait ensuite glisser le nom du matériau dans la fenêtre « Materials ». Le nom du matériau s'affiche alors dans la fen-

tre, de même que les unités pour la quantité de matériau.

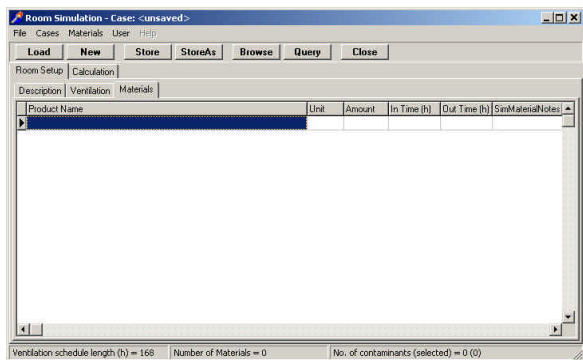


Figure 6 : Fenêtre « Materials »

La fenêtre « Calculation » (calculs) est représentée à la figure 7.

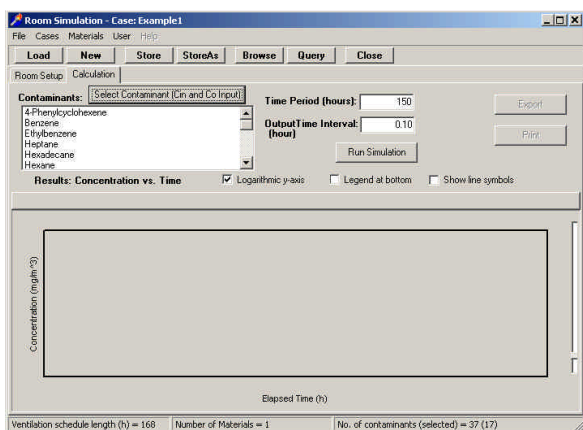


Figure 7 : Fenêtre « Calculation »

Dans « Time Period » (période de temps), entrez le nombre d'heures de la simulation (automatiquement fixé à 100).

La liste des « Contaminants » indique les contaminants qui doivent être inclus dans la simulation (voir la figure 8).

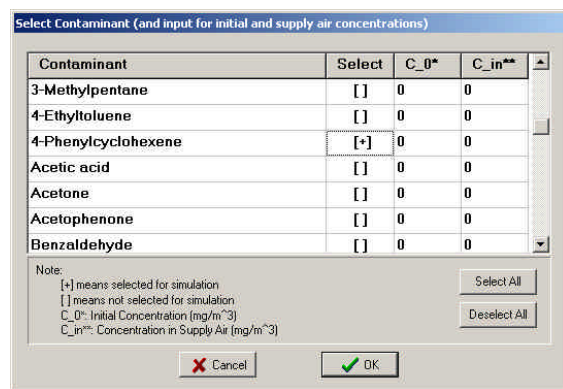


Figure 8 : Fenêtre « Contaminants »

Cette fenêtre comprend normalement la liste de tous les contaminants présents dans les matériaux et qui avaient été sélectionnés dans la fenêtre « Materials ».

Cliquer sur le bouton « Run Simulation » (lancer la simulation) permet de lancer la simulation et d'afficher une représentation graphique des concentrations résultantes, tel qu'illustré à la figure 9. Le fait de lancer la simulation entraînera l'apparition d'onglets au-dessus de la représentation graphique des résultats. Le premier onglet affichera tous les contaminants. Les autres onglets afficheront chacun 15 contaminants ou moins pour le dernier onglet.

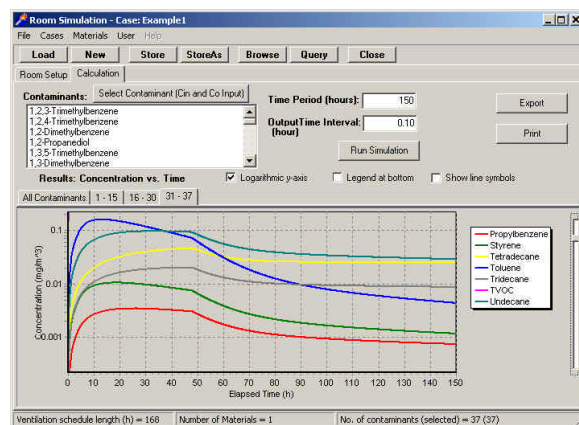


Figure 9 : Résultats de la simulation

Conclusion

Le logiciel permet à l'utilisateur de préciser les types et quantités d'une variété de matériaux de construction en présence dans une zone unique,

de même que le plan de ventilation et ensuite, de calculer les concentrations de contaminants dans cette zone.

La version actuelle du logiciel IA-QUEST contient les données obtenues dans le cadre du projet CMEMQAI qui se limitent aux données et aux modèles sources pour chaque matériau. Les données contenues dans la base de données présentent certaines limites, tant pour ce qui est du nombre de matériaux que du nombre de contaminants pour chaque matériau.

Les contraintes suivantes doivent également être prises en considération :

- Les coefficients des émissions sont établis à partir d'essais réalisés sur une période d'environ 120 heures, à une température de 23 C et une humidité relative de 50 %. Le fait d'extrapoler les résultats sur de plus longues périodes de temps ou d'autres conditions environnementales influera sur la fiabilité des résultats et devrait être effectué prudemment.
- Il se peut qu'un matériau donné ait des sources de fabrication multiples de même que des types/classes de production spécifiques. De plus, un même produit peut démontrer une grande variabilité de caractéristiques de ses émissions, en raison de facteurs de production transitoires (changement des matières premières, des conditions environnementales et des procédés au cours de la fabrication, etc.). En raison de ces influences, il se peut que les caractéristiques des émissions ne soient pas exactement les mêmes que celles indiquées par les modèles dans la base de données et ne devraient pas être considérées comme étant des produits commerciaux précis de prévision et ce, même si elles sont dans une catégorie identique.
- En raison de l'évolution des procédés et des pratiques de fabrication, il faudrait porter une attention particulière à la date d'acquisition des échantillons et de la tenue des essais

lorsqu'on tient compte du caractère représentatif des émissions indiquées.

- Dans son état actuel, le logiciel IA-QUEST ne permet pas d'estimer l'effet de « piégeage » des COV individuels ou totaux.
- Le logiciel ne tient pas compte non plus des réactions secondaires qui pourraient se produire entre les types de produits chimiques différents (c.-à-d., de l'incidence de la « chimie intérieure »).

La capacité du programme à simuler et à prévoir l'incidence de divers assemblages de construction s'améliorera à mesure que des données et des modèles sources s'ajouteront au programme.

Références

D. Sander, D. Won et R.J. Magee. IA-QUEST Version 1.0, Guide de l'utilisateur, IRC/CNRC, 2005.

An, Y., J.S. Zhang et C.Y. Shaw. 1997. A review of Volatile Organic Emission Data for Building Materials and Furnishings. Rapport interne n° IRC-IR-750.

Molhave, Lars. 1982. Indoor air pollution due to organic gases and vapours of solvent in building materials. Environmental International, Vol. 8, pp. 117-127.

Sander, D.M. 2004. "MEDB-IAQ Version 3.2 Beta; Improvement of the Material Emission Database and IAQ Simulation Software", rapport final 3.2 (ébauche) du CMEMQAI : Consortium pour la modélisation des émissions de matériaux et de la qualité de l'air intérieur II, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, Canada.

Base de données sur les propriétés des 808 COV, B.Jensen, P.Wolkoff, Nat. Inst. Occup. Health, Danemark, 1996.

Niveau d'exposition chronique non cancéreuse de référence, Office of Env., Health Hazard Assessment, California EPA.

http://www.oehha.org/air/chronic_rels/AllChrels.html.

Niveau d'exposition admissible établi par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Department of Labor des États-Unis, pour protéger les travailleurs contre les effets sur la santé de l'exposition aux substances dangereuses. Les niveaux d'exposition admissibles sont des limites réglementaires sur la quantité ou la concentration d'une substance dans l'air et sont fondés sur une moyenne pondérée dans le temps (TWA) pour une exposition de 8 heures. (C) reflète une valeur plafond.