

Département Energie Santé Environnement

Division Santé

Pôle Expologie des Environnements Intérieurs

DESE/Santé N°2012-086R

Mai 2012

**GUIDE D'APPLICATION POUR LA SURVEILLANCE
DU CONFINEMENT DE L'AIR DANS LES ETABLISSEMENTS
D'ENSEIGNEMENT, D'ACCUEIL DE LA PETITE ENFANCE
ET D'ACCUEIL DE LOISIRS**

Jacques RIBERON

Olivier RAMALHO

Corinne MANDIN

Valérie COCHET

1. DOMAINE D'APPLICATION

Ce document est destiné aux organismes en charge de réaliser les mesures sur site.

Ce document définit le protocole de mesure du dioxyde de carbone en vue du calcul du niveau de confinement de l'air à l'intérieur des établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans, d'accueil de loisirs et d'établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degré, publics ou privés.

Restrictions : Le protocole décrit dans ce document, uniquement dédié à la surveillance de la qualité de l'air, n'est pas adapté aux situations d'urgence et aux contextes de plaintes spécifiques, portant par exemple sur des odeurs ou sur des émissions liées à des contextes particuliers (mauvaise évacuation des eaux usées, chantier, etc.). Ce protocole ne vise pas à établir un diagnostic du bâtiment en vue de résoudre des pathologies liées au bâtiment.

2. CONFINEMENT DE L'AIR INTÉRIEUR

Le confinement de l'air présent à l'intérieur d'une pièce d'un bâtiment fait appel à deux notions :

- l'espace disponible à l'intérieur de cette pièce (spaciosité ou exigüité) au regard de son occupation,
- le renouvellement de l'air (ou l'aération) de cette pièce.

Un bon indicateur du confinement de l'air intérieur est la mesure du dioxyde de carbone (CO₂). Le CO₂ est émis par la respiration des personnes présentes. Ainsi, plus la concentration en CO₂ est élevée, plus l'air est confiné.

Le niveau de confinement de l'air caractérise l'ambiance au regard de la pollution liée aux bio-effluents humains et également l'efficacité du renouvellement de l'air de la pièce. Les paramètres qui affectent le niveau de confinement sont donc les paramètres d'occupation : production métabolique de CO₂ des occupants ainsi que les conditions d'aération. Les conditions d'aération de la pièce dépendent de sa perméabilité à l'air, de la présence éventuelle d'un système de ventilation, des ouvertures des fenêtres, ainsi que des portes intérieures.

3. MESURE DU DIOXYDE DE CARBONE

La mesure de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) doit s'effectuer avec un analyseur portatif et compact fonctionnant sur le principe de l'absorption infrarouge non dispersif (NDIR).

MATÉRIEL

Les caractéristiques requises du matériel de mesure du dioxyde de carbone sont les suivantes :

- domaine de mesure minimum : 0 à 5000 ppm ;
- incertitude à 20 °C et 1013 mbar $\leq \pm (50 \text{ ppm} + 5 \% \text{ de la valeur lue})$;
- résolution $\leq 2 \text{ ppm}$;
- fréquence de mesurage : 1 point toutes les 10 min ;
- capacité d'enregistrement des données couvrant un minimum de 8 jours sur un pas de temps de 10 min.

En lien avec les chapitres 5.5. « équipement » et 5.6 « traçabilité » du mesurage de la norme NF EN ISO/CEI 17025, l'organisme en charge de la mesure doit s'assurer que l'état de fonctionnement et le statut d'étalonnage de l'équipement soient vérifiés et jugés satisfaisants avant de le remettre en service.

ETALONNAGE

L'appareil doit présenter un certificat d'étalonnage en cours de validité. Le certificat d'étalonnage devra faire apparaître au moins un niveau de concentration étalon qui se situe entre 1000 et 2000 ppm (parties par million volume/volume). L'incertitude sur la valeur du gaz étalon ne doit pas excéder 3 %. La fréquence d'étalonnage est annuelle. L'organisme en charge de la mesure réalisera annuellement un étalonnage de chaque équipement de mesures, comprenant à minima une vérification de la sensibilité, linéarité et répétabilité. Le programme d'étalonnage doit être géré de façon à assurer la traçabilité de l'étalonnage et des mesures effectuées par l'organisme par rapport au Système International d'unités (SI).

VÉRIFICATION AVANT UTILISATION

Une vérification de la réponse du détecteur doit être réalisée avant chaque campagne de mesure (au plus tôt 3 jours avant) à l'aide d'une bouteille de gaz étalon sur un point spécifique de la gamme de mesures, soit 1700 ppm de CO₂ dans l'azote (tolérance du rapport de mélange entre 1600 et 1800 ppm v/v). L'écart maximum toléré entre la réponse de l'appareil et le niveau du mélange étalon est de 10 %. Si l'écart observé dépasse cette tolérance, il est nécessaire de procéder à l'opération d'ajustage du zéro avec de l'azote pur et à la mesure d'un mélange étalon de 1700 ppm de CO₂ dans l'azote (une variation du niveau du rapport de mélange entre 1600 et 1800 ppm v/v est acceptée). Après ajustage, il est nécessaire de vérifier à nouveau la réponse du détecteur, de noter et de dater les valeurs obtenues.

Par ailleurs, il est nécessaire de vérifier et au besoin de caler la date et l'heure de l'appareil par rapport à l'heure locale.

VÉRIFICATION APRÈS UTILISATION

Une vérification de la réponse du détecteur doit être réalisée après chaque campagne de mesure (au plus tard 3 jours après) à l'aide d'une bouteille de gaz étalon sur un point spécifique de la gamme de mesures, soit 1700 ppm de CO₂ dans l'azote (une variation du niveau du rapport de mélange entre 1600 et 1800 ppm v/v est acceptée). L'écart maximum toléré entre la réponse de l'appareil et le niveau du mélange étalon est de 10 %. Si l'écart observé dépasse cette tolérance, il revient à l'organisme en charge de la mesure d'analyser la situation selon ses dispositions de gestion des travaux non conformes. La mesure sera invalidée si l'impact est considéré comme majeur.

4. STRATÉGIE DE MESURE

DURÉE D'ENREGISTREMENT

La concentration de CO₂ est mesurée en continu avec une fréquence d'acquisition d'une valeur toutes les 10 minutes (valeur moyenne sur les 10 dernières minutes). L'enregistrement est réalisé pendant une semaine du lundi matin au vendredi soir (soit environ 4,5 jours). L'enregistrement est réalisé en parallèle du prélèvement de formaldéhyde et de benzène. Il est préférable de privilégier les semaines ne comportant ni jours fériés ni jours d'absence des enfants.

PÉRIODE DE MESURE

La mesure doit s'effectuer **en période de chauffe de l'établissement**. Dans les départements, territoires et collectivités d'outre-mer, dont la zone climatique dispense l'établissement d'usage de système de chauffage, la mesure peut s'effectuer à n'importe quelle période de l'année.

La mesure doit être réalisée en période d'occupation normale des locaux avec un minimum de 12 heures de présence cumulée des enfants durant la semaine d'expérimentation.

Pour les centres de loisirs, il est nécessaire de privilégier la période durant laquelle le temps de présence des enfants est le plus important.

L'occupation normale des locaux est définie lorsque le nombre d'enfants effectivement présents dans le local expérimenté est compris entre 0,5 et 1,5 fois l'effectif théorique du local (par exemple, nombre d'enfants inscrits dans la classe).

MISE EN ŒUVRE

La sélection des pièces pour la mesure du confinement est conforme à la stratégie d'échantillonnage des autres paramètres formaldéhyde et benzène.

L'appareil est positionné dans la salle, dans la zone d'occupation des enfants, à la hauteur de leurs voies respiratoires. Le capteur est placé à une hauteur au-dessus du sol comprise entre 50 cm et 2 m. En pratique, il est placé à un endroit sécurisé et accessible d'une prise électrique au besoin.

L'appareil devra être éloigné des sources intenses de chaleur (émetteurs de chauffage) d'au moins 50 cm, et du rayonnement solaire direct. L'appareil ne doit pas être positionné dans le flux direct de l'air venant de l'extérieur (fenêtres), ni positionné près de la porte d'accès.

Une mesure à l'extérieur du bâtiment n'est pas nécessaire.

5. CALCUL DE L'INDICE DE CONFINEMENT

Le calcul de l'indice de confinement nécessite de disposer de l'enregistrement des valeurs de concentrations en CO₂ et de la plage de présence dans le local (en occupation normale) durant la semaine.

Pour le calcul de l'indice, seules les valeurs de concentrations de dioxyde de carbone mesurées pendant la présence en occupation normale des enfants dans la salle sont prises en compte.

Les plages de présence des enfants dans chaque local sont **renseignés a posteriori** avec l'aide de l'adulte enseignant ou encadrant sur l'ensemble de la semaine.

Sont exclues :

- (a) toute période où les enfants sont absents.
- (b) toute période où l'occupation n'est pas normale (voir §4).

Les valeurs de dioxyde de carbone correspondant aux périodes retenues sont ensuite partitionnées en trois classes selon leur niveau :

- nombre de valeurs inférieures ou égales à 1000 ppm (n_0)
- nombre de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm inclus (n_1)
- nombre de valeurs supérieures à 1700 ppm (n_2)

L'indice de confinement ICONE est alors calculé suivant la formule :

$$ICONE = \left(\frac{2,5}{\log_{10}(2)} \right) \log_{10}(1 + f_1 + 3f_2)$$

$$f_1 : \textit{proportion de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm} \left(f_1 = \frac{n_1}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

$$f_2 : \textit{proportion de valeurs supérieures à 1700 ppm} \left(f_2 = \frac{n_2}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

L'indice de confinement est calculé pour chaque salle instrumentée et exprimé avec une précision égale à 1 (c'est-à-dire arrondi avec 0 chiffre après la virgule) selon la règle suivante :

Valeur brute de l'indice de confinement	Valeur retenue de l'indice de confinement
ICONE < 0,5	0
0,5 ≤ ICONE < 1,5	1
1,5 ≤ ICONE < 2,5	2
2,5 ≤ ICONE < 3,5	3
3,5 ≤ ICONE < 4,5	4
ICONE ≥ 4,5	5

Conformément à l'article 7 du décret relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur, une valeur retenue de l'indice de confinement égale à 5 implique que des investigations complémentaires doivent être menées et que le préfet du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé.

6. EXPRESSION DES RESULTATS

Le rapport de mesures mentionnera la note de chacune des salles instrumentées. Le planning d'occupation utilisé pour le calcul doit être également documenté pour chaque salle.

Enfin, l'indice de confinement est présenté comme suit :

INDICE DE CONFINEMENT	NATURE DU CONFINEMENT	INFORMATIONS
0	Confinement nul	Néant
1	Confinement faible	
2	Confinement moyen	
3	Confinement élevé	
4	Confinement très élevé	<p><u>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage :</u></p> <p>Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu.</p> <p>Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation.</p> <p>En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant la période d'occupation.</p>
5	Confinement extrême	<p><u>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage :</u></p> <p>Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu.</p> <p>Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est recommandé de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation.</p> <p>En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est recommandé d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant la période d'occupation.</p> <p><u>Actions à mener par l'organisme en charge de la réalisation des mesures sur site :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Information au préfet du département du lieu d'implantation de l'établissement dans un délai de quinze jours après réception de l'ensemble des résultats d'analyse.

		<p>Actions à mener par le maître d'ouvrage ou l'exploitant de l'établissement :</p> <p>- Nécessité de mener toute expertise nécessaire pour identifier les causes du confinement extrême dans l'établissement.</p>
--	--	---

L'indice de confinement ICONNE reflète la qualité du renouvellement de l'air du local pour une occupation donnée. Un confinement très élevé indique que le renouvellement d'air est insuffisant pour évacuer les bioeffluents produits par les occupants, qui s'accumulent. Par conséquent, en présence d'une source significative de polluants dans une atmosphère très confinée, des niveaux de polluants très élevés peuvent être observés. Les situations de confinement très élevées (ICONNE = 4) ou extrêmes (ICONNE = 5) sont jugées préoccupantes.

Dans les situations de confinement très élevées (ICONNE = 4) ou extrêmes (ICONNE = 5), il convient d'accompagner le rapport de mesures d'un message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage (voir tableau ci-dessus).

Dans les situations de confinement extrêmes (ICONNE = 5), l'organisme en charge des mesures sur site est soumis à l'obligation d'informer le préfet du lieu d'implantation de l'établissement. De même dans une situation de confinement extrême, le maître d'ouvrage est soumis à l'obligation de mener des investigations complémentaires.

7. ÉLÉMENTS D'INCERTITUDES SUR LE CALCUL DU CONFINEMENT (INFORMATIF)

L'incertitude sur le calcul du confinement dépend de l'incertitude sur la mesure de la concentration en CO₂ (\pm [50 ppm + 3% de la valeur lue]) et de l'incertitude sur la détermination de la plage d'occupation des pièces. On suppose ici que l'occupation est correctement renseignée. L'incertitude sur l'indice ICONNE a été déterminée à partir de corrélations observées entre les notes journalières de l'indice de confinement et les moyennes journalières de CO₂ en période d'occupation des salles par les enfants.

A l'examen des résultats on obtient l'incertitude suivante :

Note de l'indice	Incertitude absolue due à l'erreur sur la mesure
0	+0,2
1	±0,2
2	±0,3
3	±0,3
4	±0,3
5	±0,3

Par ailleurs, la présence doit être correctement renseignée pour éviter toute erreur sur l'évaluation de la note. A titre d'exemple, un calcul de sensibilité basé sur l'hypothèse d'une non prise en compte de l'occupation ou de l'inoccupation pendant une 1/2 journée par rapport à la semaine d'expérimentation (6 heures de présence pendant 4 jours effectifs) a été réalisé. Cette non prise en compte intervient à la fois sur la durée totale d'occupation et sur le nombre de valeurs de CO₂ dépassant 1000 ou 1700 ppm, affectant ainsi les proportions f_1 et f_2 .

Les hypothèses retenues sont majorantes et conduisent à des écarts sur la note de l'indice pouvant aller de -0,36 à +1,00 point. Les situations les plus réalistes conduisent plutôt à des écarts de $\pm 0,36$. Car en effet, il est peu probable d'omettre une 1/2 journée d'occupation durant laquelle le niveau de CO₂ dépasse systématiquement 1700 ppm, alors que le reste de la semaine, les niveaux restent inférieurs à 1000 ppm.

Note de l'indice	Ecart absolu due à la durée d'occupation			
	-1/2 journée	+1/2 journée	+1/2 journée	+1/2 journée
	CO ₂ < 1000	CO ₂ < 1000	CO ₂ > 1000	CO ₂ > 1700
0	+0,06	-0,06	+0,34	+1,01
1	+0,13	-0,13	+0,22	+0,80
2	+0,20	-0,20	+0,09	+0,58
3	+0,28	-0,28	-0,06	+0,31
4	+0,33	-0,33	-0,15	+0,16
5	+0,36	-0,36	-0,21	+0,03

Compte tenu de ces éléments, il est possible d'estimer une incertitude globale sur le calcul de la note de confinement comprise entre 0,2 (pour une note à 0) et 0,5 (pour une note à 5).

C'est pourquoi au vu des résultats, il est convenu d'exprimer les notes de l'indice de confinement – déterminées à partir de mesures du CO₂ – avec une précision égale à 1, c'est-à-dire arrondies au nombre entier le plus proche.

8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les normes suivantes peuvent être consultées afin de disposer de plus de détails sur la mesure du dioxyde de carbone.

Projet de Norme relative à la stratégie de mesure :

PR NF EN ISO 16000-26 (2010-11-08), Air intérieur - Partie 26: Stratégie de mesure du dioxyde de carbone (CO₂) - Partie 26: Stratégie d'échantillonnage du dioxyde de carbone (CO₂).

Normes relatives aux spécificités du matériel de mesure :

NF EN 50543 (2011-04-01), Matériels électroniques portables et transportables de détection et de mesure du dioxyde de carbone et/ou du monoxyde de carbone dans l'air ambiant intérieur des locaux - Exigences et méthodes d'essai.

NF EN 45544-1 (2000-05-01), Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 1 : exigences générales et méthodes d'essai

NF EN 45544-2 (2000-05-01), Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 2 : exigences de performance pour les appareillages utilisés pour le mesurage des concentrations de l'ordre des valeurs limites.

NF EN 45544-3 (2000-05-01), Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 3 : exigences de performance pour les appareillages utilisés pour le mesurage des concentrations très supérieures aux valeurs limites.

NF EN 45544-4 (2000-05-01), Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 4 : guide de sélection, d'installation, d'utilisation et d'entretien.

FIN DE PROTOCOLE
