

Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air



Maria José RUEDA LOPEZ,
Olivier RAMALHO

*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
Direction Santé Confort*

Avec la collaboration du groupe de travail :

Gwladys Arnould (ARS Grand Est), Souad Bouallala-Selmi (Ademe), Cécile Caudron (Cerema), Gilles Ferrier (ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse), Alice Lejeune (DREAL Grand Est), Nina Lemaire (Réseau français Villes-Santé), Sylviane Oberle (Association des maires de France), Cyril Pouvesle (DREAL Auvergne-Rhône-Alpes), Chantal Restes (DREAL Occitanie), Guillaume Rey (Collectivité Aix-les-Bains), Fabien Squinazi (Haut conseil de la santé publique)

Juin 2023

Version 1

Référence : SC-QEI-2023-083

Convention DGS-CSTB 2022 – action 2

Les indications de texte [en couleur bleu](#) dans le guide font directement référence aux textes réglementaires relatifs à la surveillance de la qualité de l'air intérieur :

- Articles [L221-7](#) et [L221-8](#) du Code de l'environnement.
- Article [R221-29](#) et [articles R.221-30 à R.221-37 ainsi que D221-38](#) du Code de l'environnement.
- [Décret n°2012-14 du 5 janvier 2012](#) relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public modifié par le décret n° 2022-1690 du 27 décembre 2022.
- [Arrêté du 1^{er} juin 2016 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public](#) modifié par l'arrêté du 27 décembre 2022.
- [Arrêté du 1^{er} juin 2016 relatif aux modalités de présentation du rapport d'évaluation des moyens d'aération](#) modifié par l'arrêté du 27 décembre 2022.
- [Arrêté du 27 décembre 2022](#) fixant les conditions de réalisation de la mesure à lecture directe de la concentration en dioxyde de carbone dans l'air intérieur au titre de l'évaluation annuelle des moyens d'aération.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent document, faite sans l'autorisation du CSTB est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

L'élaboration de ce document a bénéficié du soutien financier de la Direction générale de la santé.

© 2023 CSTB

Table des matières

0. Contexte	5
0.1. Pourquoi et pour qui ce guide ?.....	5
0.2. Pourquoi mesurer la concentration en CO ₂ dans l'air intérieur ?.....	5
0.3. Quel est le lien entre le renouvellement de l'air, la QAI et la concentration en CO ₂ ?.....	5
0.4. La surveillance de la QAI est-elle obligatoire dans les ERP ?.....	6
0.5. En quoi consiste la surveillance de la QAI dans les ERP ?.....	6
1. Mesure à lecture directe de la concentration en CO₂	8
1.1. Préambule.....	8
1.2. A quoi sert la mesure à lecture directe de la concentration en CO ₂ ?.....	8
1.3. Qui est en charge de ces mesures ?.....	8
1.4. Quelles sont les étapes de la mesure à lecture directe ?.....	10
1.5. Quelles sont les caractéristiques des appareils de mesure ?.....	11
1.6. Quelles sont les pièces à mesurer ?.....	12
1.7. Où sont installés les appareils de mesure ?.....	13
1.8. Quand et pendant combien de temps faut-il mesurer ?.....	14
1.9. Comment l'évaluation est-elle réalisée ?.....	16
1.10. Qu'en est-il des résultats de la mesure à lecture directe ?.....	16
1.11. Quelles actions immédiates en cas de dépassement durant les 2 heures de surveillance de la mesure à lecture directe ?.....	16
1.12. Quelles actions en cas de dépassement subsistant après les 2 heures de surveillance de la mesure à lecture directe ?.....	17
2. Campagnes de mesure du CO₂ aux étapes clés de la vie du bâtiment	20
2.1. A quoi sert la surveillance du CO ₂ lors des campagne de mesures ?.....	20
2.2. Quelles sont les « étapes clés de la vie du bâtiment » qui nécessitent une campagne de mesure impliquant le CO ₂ ?.....	20
2.3. Qui met en œuvre ces campagnes de mesures ?.....	21
2.4. Quelles sont les pièces choisies pour la mesure ?.....	21
2.5. Où sont installés les appareils de mesure ?.....	22
2.6. Quand et pendant combien de temps faut-il mesurer ?.....	22
2.7. Comment l'évaluation est-elle réalisée ?.....	23
2.8. Qu'en est-il des résultats de l'évaluation ?.....	23
2.9. Que faire avec les résultats de l'évaluation ?.....	24
2.10. Quelles actions en cas d'indice de confinement égal à 5 (confinement de l'air extrême) ?.....	24
Annexe A	26

Liste des tableaux

Tableau 1. Tableau récapitulatif des mesures de CO ₂ dans le cadre de la surveillance de la QAI dans les ERP.	7
Tableau 2. Effectif théorique et période d'occupation avec risque de confinement élevé.	15
Tableau 3. <i>Seuils de concentration en CO₂ pour la mesure à lecture directe.</i>	16
Tableau 4. Etapes clés dans la vie d'un bâtiment nécessitant une campagne de mesure de CO ₂	21
Tableau 5. Interprétation de résultats de l'indice de confinement (ICONE).	23

Liste des figures

Figure 1 : La mesure à lecture directe du CO ₂ , un « thermomètre » de l'aération des pièces.	8
Figure 2. Les différentes étapes de la mesure à lecture directe.	10
Figure 3. Critères de sélection de pièces pour la mesure à lecture directe.	13
Figure 4. Actions immédiates et progressives sur l'aération à mettre en œuvre en cas d'un dépassement observé durant les 2 heures.	17
Figure 5. Actions correctives permettant de revenir à un renouvellement de l'air satisfaisant (en cas de dépassement du seuil de 800 ppm) pouvant être mises en place sans tarder et ne nécessitant pas d'investissement financier.	18
Figure 6. Actions correctives urgentes (dépassement persistant du seuil de 1500 ppm malgré les pratiques d'aération mises en place) à envisager dans le cadre du plan d'actions.	19
Figure 7. Critères de sélection de pièces pour la réalisation d'une campagne de mesures.	22
Figure 8. Actions correctives urgentes à mener dans le cas d'un indice de confinement égal à 5.	24
Figure 9. Actions correctives recommandées dans le cas d'un indice de confinement égal à 3 ou 4.	25

0. Contexte

0.1. Pourquoi et pour qui ce guide ?

Ce guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air détaille la gestion de la mesure du dioxyde de carbone (CO₂) dans un espace clos occupé, au travers de la lecture directe de la concentration en CO₂, d'une part, et du calcul de l'indice de confinement de l'air, après enregistrement des concentrations en CO₂, d'autre part. Il s'adresse aux collectivités ainsi qu'aux propriétaires et exploitants des établissements recevant du public (ERP) publics ou privés, responsables de la mise en œuvre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur (QAI).

Les ERP concernés par ce guide sont :

- Les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans ;
- Les établissements d'accueils de loisirs¹ ;
- Les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degrés (écoles maternelles, écoles élémentaires, collèges et lycées).

L'objectif de ce guide est d'accompagner ces acteurs dans l'application du nouveau dispositif révisé de surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur entré en vigueur au 1^{er} janvier 2023, et plus particulièrement en ce qui concerne la mesure du CO₂.

Ce guide est un complément au « Guide d'accompagnement à la mise en œuvre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public » publié par le Cerema (guide Cerema²) qui présente toutes les étapes de la surveillance réglementaire de la QAI.

0.2. Pourquoi mesurer la concentration en CO₂ dans l'air intérieur ?

Le dioxyde de carbone (CO₂) est une molécule produite à la fois par l'organisme humain au cours de la respiration et par les processus de combustion. A l'intérieur des bâtiments, et en l'absence de sources de combustion, la concentration en CO₂ dans l'air varie en fonction de la densité d'occupation et du taux de renouvellement d'air (lequel est assuré par aération via l'ouverture des fenêtres ou par un système de ventilation). La concentration en CO₂ dans l'air est donc un indicateur du renouvellement de l'air intérieur : plus la concentration en CO₂ est élevée, plus l'air est confiné et plus l'accumulation des polluants potentiellement dangereux pour la santé est possible. Les potentiels effets chroniques de l'exposition à une concentration élevée en CO₂ tels que rencontrés dans les environnements intérieurs incluent des maux de tête, de la somnolence et une baisse des performances cognitives.

La concentration en CO₂ est facilement mesurable. De plus, le prix d'achat des appareils de mesure est accessible.

0.3. Quel est le lien entre le renouvellement de l'air, la QAI et la concentration en CO₂ ?

L'air que l'on respire à l'intérieur d'un espace clos renferme un mélange de différentes substances chimiques et de particules, dont certaines présentent un danger pour la santé. Ces agents polluants peuvent provenir de diverses sources, telles que l'air extérieur, les produits de construction, de décoration et d'ameublement, les produits d'entretien, les activités et les comportements des occupants. Comme nous passons la plupart de notre temps dans des espaces clos, il est important d'obtenir une bonne qualité sanitaire de l'air intérieur

¹ Accueils de loisirs mentionnés au 1^o du II de l'article R. 227-1 du code de l'action sociale et des familles.

² http://www.cerema.fr/system/files/documents/2023/03/guide_qai.pdf

par la maîtrise des émissions des sources de pollution et du renouvellement de l'air intérieur. Pour vérifier cela, il est nécessaire de surveiller les concentrations de polluants afin de limiter nos expositions.

La mesure du CO₂ dans un espace clos occupé est essentielle, même si elle ne permet pas à elle seule une évaluation précise de la QAI. Plus la concentration de CO₂ est élevée, plus le confinement est important et plus l'accumulation des polluants potentiellement dangereux pour la santé est possible. Des études montrent qu'il existe des corrélations positives significatives entre le CO₂ et certains polluants dont le formaldéhyde et les particules³. Par ailleurs, plus la concentration moyenne de CO₂ est élevée, plus la proportion de situations où un polluant dépasse une valeur cible sanitaire augmente. Néanmoins, à l'inverse, une concentration de CO₂ faible n'est pas une garantie d'absence de polluants.

0.4. La surveillance de la QAI est-elle obligatoire dans les ERP ?

Comme précisé par les décrets n° 2022-1689 et 2022-1690 du 27 décembre 2022, [le propriétaire ou, si une convention le prévoit, l'exploitant des ERP publics ou privés cités au 1°, 2° et 3° du II du R.221-30 du code de l'environnement est tenu de faire procéder, à ses frais, à une surveillance de la QAI des locaux de son établissement suivant le dispositif révisé en vigueur à partir du 1^{er} janvier 2023.](#)

0.5. En quoi consiste la surveillance de la QAI dans les ERP ?

La surveillance de la QAI dans les ERP comporte :

1. Une **évaluation annuelle des moyens d'aération** des bâtiments incluant notamment la **mesure à lecture directe de la concentration en CO₂ de l'air intérieur dans un espace clos occupé**. La première évaluation doit être réalisée au plus tard en 2024 ;
2. Un autodiagnostic de la qualité de l'air intérieur, réalisé au moins tous les quatre ans ;
3. Une campagne de mesures des polluants réglementés, incluant notamment l'enregistrement des **concentrations en CO₂ de l'air intérieur** dans un espace clos occupé à **certaines étapes clés de la vie du bâtiment**, permettant le calcul d'un indice de confinement de l'air ;
4. Un plan d'actions prenant en compte l'évaluation annuelle des moyens d'aération, l'autodiagnostic et les campagnes de mesure visant à améliorer la QAI.

Le présent guide est consacré à la seule mesure du CO₂ que ce soit par lecture directe ou lors d'une campagne après une étape clé de la vie du bâtiment nécessitant l'enregistrement des concentrations en CO₂ de l'air intérieur. Les autres aspects de la surveillance de la QAI dans les ERP sont détaillés dans le guide Cerema.

³ [Avis de l'Anses « Concentrations de CO₂ dans l'air intérieur et effets sur la santé »](#) (Anses, juillet 2013)

Tableau 1. Tableau récapitulatif des mesures de CO₂ dans le cadre de la surveillance de la QAI dans les ERP.

	Mesure du CO ₂ à lecture directe	Mesure du CO ₂ pour le calcul de l'indice de confinement
Dans quel cadre ?	Evaluation annuelle des moyens d'aération	Campagnes de mesures après certaines étapes-clés de la vie du bâtiment
Quel objectif ?	Outil de vérification et d'amélioration en temps réel des conditions de renouvellement de l'air intérieur. Outil pédagogique	Outil de vérification des conditions de renouvellement de l'air à l'issue des travaux réalisés
Qui mène les mesures ?	Personnel occupant les bâtiments avec l'aide des personnels techniques de l'établissement ou de la collectivité ou prestataires externes	Organismes accrédités répondant aux exigences définies par l'arrêté du 1 ^{er} juin 2016 relatif aux modalités de surveillance de la QAI dans certains ERP
Quelles actions ?	Actions immédiates d'aération dès qu'un dépassement est observé dans les 2 heures	Actions correctives à mener à moyen ou long-terme
Où mesurer ?	Pièces listées ci-dessous dans tout l'établissement	Pièces listées ci-dessous uniquement dans les bâtiments affectés par une ou plusieurs étapes-clés
	Dans un échantillon représentatif de pièces de l'établissement parmi : <ul style="list-style-type: none"> • Les salles d'enseignement, • Les salles réservées à la pratique d'activités sportives • Les salles d'activité ou de vie • Les salles de restauration • Les dortoirs 	
Comment mesurer ?	Surveillance de l'affichage de l'appareil toutes les 15 à 20 minutes	Enregistrement de la mesure toutes les 10 minutes
Dans quelle situation ?	Quand l'effectif présent dans la pièce est compris entre 0,5 fois et 1,5 fois l'effectif théorique de la pièce étudiée	
Quand ?	Pendant la saison de chauffage si elle existe	Après chaque étape clé et en période de chauffage* si elle existe
Combien de temps mesurer ?	2 heures en continu par an (intégrant pauses aux intercourts et récréation)	4,5 jours en continu
Quelle est le nombre recommandé de pièces à mesurer ?	Jusqu'à 20 pièces	Jusqu'à 8 pièces
Qu'en est-il des résultats de l'évaluation ?	Mise en forme des résultats par le service technique ou le prestataire externe et intégration au rapport d'évaluation des moyens d'aération	Rédaction du rapport d'analyse des polluants par l'organisme accrédité ayant effectué le prélèvement

*Exception : Pour une campagne partielle n'impliquant que le CO₂, la mesure est réalisée dans le mois suivant la fin de l'étape clé, même hors période de chauffage.

1. Mesure à lecture directe de la concentration en CO₂

1.1. Préambule

Pour une mise en œuvre efficace de la mesure à lecture directe de la concentration en CO₂, il est important de :

- SENSIBILISER : l'ensemble du personnel technique des collectivités, les utilisateurs des locaux (enseignants, adultes encadrants) et les services de gestion de l'établissement et du personnel sont sensibilisés en amont.
- COMMUNIQUER : une organisation et une communication effective sont établies entre toutes les personnes des différents services avant, pendant et après la mise en œuvre de la mesure, pour évaluer voire améliorer les pratiques d'aération.

1.2. A quoi sert la mesure à lecture directe de la concentration en CO₂ ?

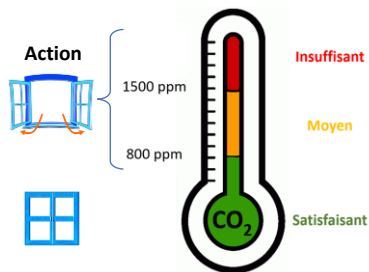


Figure 1. La mesure à lecture directe du CO₂, un « thermomètre » de l'aération des pièces

La mesure à lecture directe du CO₂ est avant tout un **outil de vérification et d'amélioration en temps réel des conditions de renouvellement de l'air intérieur au regard des seuils d'actions de 800 et 1500 ppm**. Elle est destinée aux personnes qui sont en mesure d'agir sur l'aération de locaux occupés. Elle intervient en complément de la vérification du bon fonctionnement des ouvrants et du système de ventilation menée dans le cadre de l'évaluation des moyens d'aération.

A la différence du calcul de l'indice de confinement (voir section 2), basé sur un relevé métrologique où la donnée chiffrée est importante, la mesure à lecture directe du CO₂ repose plus sur les actions menées en cas de dépassement des seuils. La mesure à lecture directe peut être vue comme un « **thermomètre** » de l'aération des pièces. En ce sens, elle s'inscrit dans une optique pédagogique et de sensibilisation sur les pratiques d'aération. Elle permet aux utilisateurs des locaux (cible première de la démarche) de réagir **en temps réel au résultat de la mesure**, par exemple en ouvrant les fenêtres, et de mettre au point les pratiques quotidiennes d'aération (plan d'aération). La mesure est ici une incitation à l'action en cas de dépassement des seuils réglementaires de CO₂ pour entrer dans une démarche d'amélioration continue du renouvellement de l'air intérieur. **L'enjeu se situe surtout dans la gestion quotidienne de l'aération par les usagers**, qui peut être mise en place via le plan d'action en prenant en compte les dépassements observés.

Pour des pièces ventilées mécaniquement, la mesure à lecture directe de la concentration en CO₂ permet de vérifier la bonne adéquation de la ventilation avec l'occupation de la pièce. Elle joue ainsi un rôle d'alerte soulignant la nécessité de mener des investigations complémentaires si nécessaire.

1.3. Qui est en charge de ces mesures ?

Les personnes en charge de la mise en œuvre technique de la mesure à lecture directe de la concentration en CO₂ sont les personnes également en charge de l'évaluation annuelle des moyens d'aération. Les utilisateurs des locaux jouent également un rôle actif dans la mesure. La répartition des rôles de chacun doit être organisée par la personne qui supervise l'évaluation annuelle des moyens d'aération dans l'établissement. Une distribution possible des différents rôles des services techniques et/ou prestataires externes ainsi que des utilisateurs des locaux pourrait être la suivante :

☐ Services techniques et/ou prestataires externes :



- Echanger en amont avec le directeur d'établissement et le personnel ;
- Choisir les pièces à évaluer ;
- Fournir et préparer les appareils ;
- Etalonner les appareils ;
- Former à l'utilisation des appareils ;
- Prendre en charge la mise en forme des résultats ;
- Réaliser les actions correctives éventuelles d'optimisation des conditions d'aération et de la ventilation.

Services techniques, ou toute autre personne, de la collectivité publique ou du propriétaire ou de l'exploitant de l'établissement.

Prestataires externes éventuellement mandatés par le propriétaire (ou maître d'ouvrage) ou l'exploitant de l'établissement : **contrôleur technique**⁴, titulaire d'un agrément l'autorisant à intervenir sur les bâtiments, un bureau d'études ou un ingénieur-conseil intervenant dans le domaine du bâtiment, ou un organisme effectuant les prélèvements et analyses⁵.

☐ Personnel occupant les bâtiments (enseignants, utilisateurs des locaux) :



- Surveiller à intervalles réguliers (15 – 20 min) la valeur lue sur l'appareil ou son indicateur visuel sur une durée d'au moins 2 heures consécutives ;
- Consigner par écrit les dépassements observés > 800 ou > 1500 ppm ;
- Entreprendre et consigner les actions immédiates d'aération mises en œuvre suite aux dépassements ;
- Communiquer aux services techniques et/ou prestataires externes les dépassements, les actions entreprises et les conséquences de ces actions sur le niveau de CO₂.

Il est fortement recommandé que **le personnel occupant les bâtiments (enseignants, utilisateurs des locaux)** soit associé à la démarche très en amont par la personne qui supervise l'évaluation annuelle des moyens d'aération. **Le personnel occupant les bâtiments doit être au centre du dispositif** de la mesure à lecture directe du CO₂ et des **actions immédiates** qui en découlent, de façon à s'approprier les gestes permettant une aération adéquate des locaux. Il représente le premier maillon d'un bon renouvellement de l'air des locaux.

☐ Propriétaire et/ou exploitant :



- Intégrer ces résultats dans un plan d'action (voir le tome 6 du guide Cerema) ;
- Après la mise en place du plan d'actions, afficher près de l'entrée principale de l'établissement les résultats de l'évaluation annuelle des moyens d'aération dont la mesure à lecture directe du CO₂.

⁴ Contrôleur technique au sens de l'article L. 125-1 du code de la construction et de l'habitation.

⁵ Prélèvements et analyses mentionnés à l'article L. 221-8 et à l'article R. 221-31 du code de l'environnement.

1.4. Quelles sont les étapes de la mesure à lecture directe ?

Les différentes personnes en charge de la mesure à lecture directe pour une évaluation des pratiques d'aération (service technique et/ou prestataire externe et utilisateur des locaux), et le propriétaire et/ou exploitant du bâtiment procèdent selon les étapes présentes dans la Figure 2.

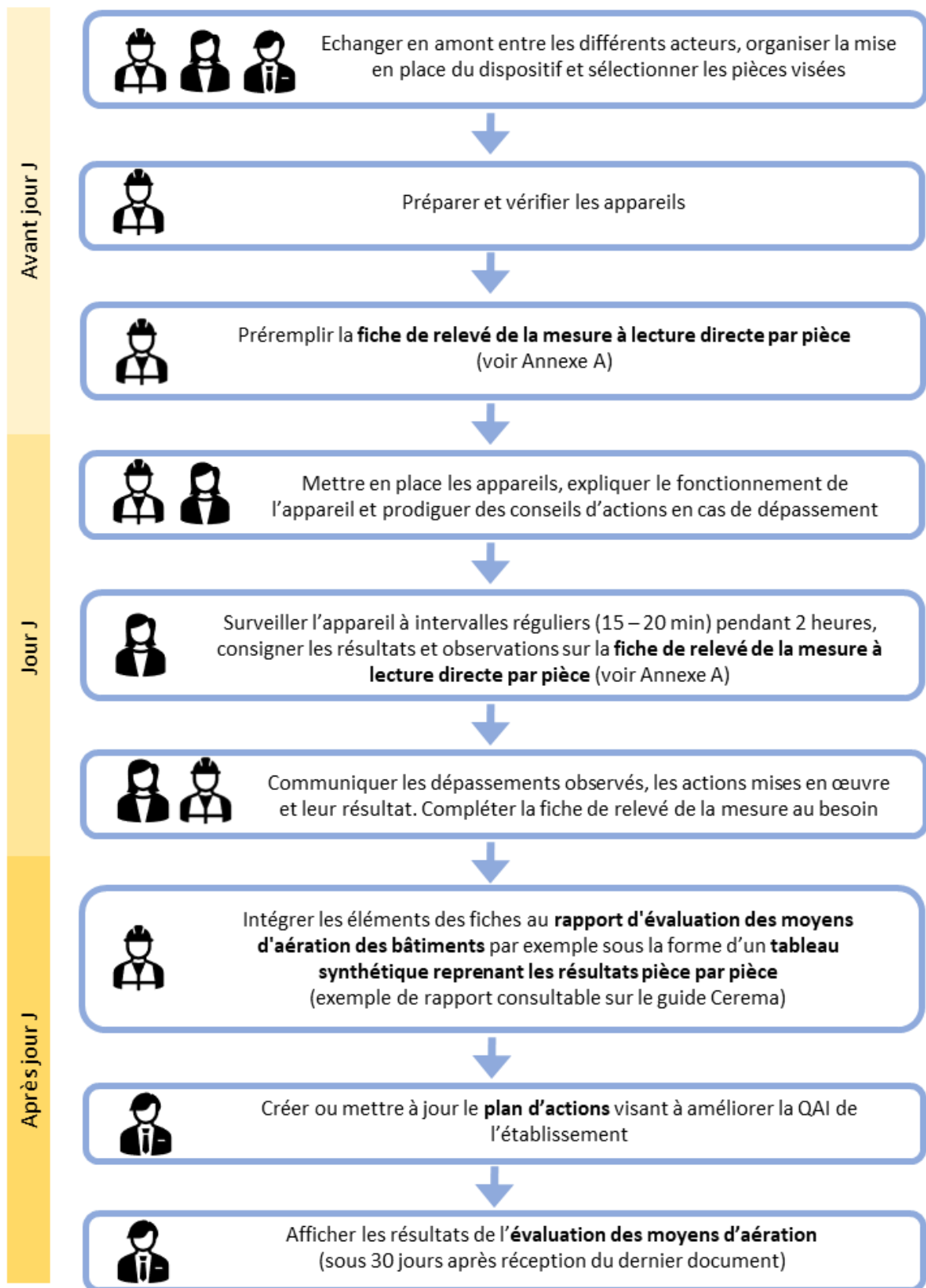


Figure 2. Les différentes étapes de la mesure à lecture directe.

1.5. Quelles sont les caractéristiques des appareils de mesure ?

Il est important de bien respecter les spécifications indiquées ci-après au moment de l'achat ou de la location des appareils.

La mesure à lecture directe de la concentration en CO₂ dans l'air est réalisée à l'aide d'un appareil fonctionnant sur le principe de la spectrométrie d'absorption infrarouge non dispersif ou d'une technologie démontrant des performances équivalentes, répondant aux caractéristiques suivantes :

- Domaine de mesure minimum : 0 à 5000 parties par million (ppm) ;
- Incertitude de mesure maximale : $\pm (50 \text{ ppm} + 5 \% \text{ de la valeur lue})$;
- Affichage de la mesure : en parties par million (ppm) ou par l'utilisation d'indicateurs corrélés à des valeurs de mesure. L'ensemble des valeurs de mesure est affiché y compris pour les mesures sous 400 ppm pour permettre d'identifier un éventuel problème d'étalonnage ;
- Fréquence d'affichage inférieure ou égale à 10 minutes ;
- La fonction d'enregistrement de données peut s'avérer nécessaire dans certains cas mais elle n'est pas obligatoirement requise. Par exemple, durant une période de sommeil dans les dortoirs, une mesure à lecture directe n'est pas possible et l'enregistrement peut permettre de vérifier s'il est nécessaire de modifier les pratiques d'aération durant cette période.

L'étalonnage consiste à vérifier que le résultat de la mesure fourni par l'appareil est correct en le comparant avec une valeur de référence. **Cette vérification de l'appareil doit être effectuée avant chaque mise en œuvre des mesures à lecture directe :**

- **Présence d'un certificat d'étalonnage** datant de moins de 1 an (sauf mention contraire du fabricant) ou
- **Réalisation systématique d'un étalonnage manuel selon les instructions du fournisseur de l'appareil** ou en exposant l'appareil à l'extérieur (à l'écart de grands axes routiers, des rejets de cheminée et autres sources de combustion) pendant 15 – 30 minutes et en vérifiant que la mesure affichée est comprise entre 400 et 450 ppm. Si un écart est observé, il est nécessaire de procéder à un nouvel étalonnage ou écarter l'appareil, ou
- **En cas d'affichage de la mesure par indicateurs colorés ou sonores, il est nécessaire de vérifier que les seuils de mesure de l'appareil correspondent bien aux valeurs de référence de 800 et 1500 ppm, et si besoin réajuster ces seuils.**

Autres vérifications indispensables avant chaque mise en œuvre des mesures à lecture directe :

- Vérification des batteries (si appareil autonome) ;
- Vérification de l'horodatage (appareil à la bonne heure) ;
- Vérification du pas de temps de mesurage (en cas d'enregistrement) ;
- Vérification de la bonne connexion en amont des appareils au réseau en cas d'utilisation de appareils connectés (vérifier également la capacité de la mémoire tampon, et possibilité d'enregistrement supplémentaire si ce n'est pas le cas).

Les caractéristiques des appareils de mesure, ainsi que la vérification de leur étalonnage énoncés précédemment, sont conformes aux recommandations faites par le HCSP⁶ dans son avis du 28 avril 2021 et dans son avis du 21 janvier 2022 (détecteurs de CO₂ préférentiellement de type infrarouge préalablement

⁶ Haut Conseil de la santé publique.

étalonnés en usine⁷ ou aisément vérifiables par l'utilisateur) et définies dans l'arrêté du 27 décembre 2022 fixant les conditions de réalisation de la mesure à lecture directe de la concentration en dioxyde de carbone dans l'air intérieur au titre de l'évaluation annuelle des moyens d'aération.

Dans la mesure du possible, il faut éviter les appareils qui émettent une alerte sonore pour signaler un dépassement. Si votre appareil est équipé, désactivez l'alerte sonore avant chaque mesure afin de ne pas gêner les utilisateurs des locaux. Consultez les manuels des appareils et le site web du fabricant pour vérifier que vos appareils répondent aux spécifications indiquées ci-dessus.

Il n'est pas nécessaire d'installer un appareil en permanence dans chaque pièce. Pour une utilisation de 2 heures par an et par pièce faisant l'objet de l'évaluation des moyens d'aération, un appareil peut être utilisé séquentiellement sur plusieurs pièces. De même, le prêt d'appareils entre établissements et collectivités peut être envisagé pour mutualiser les coûts et limiter les déchets produits du fait de leur obsolescence.

1.6. Quelles sont les pièces à mesurer ?

Les pièces à considérer pour la mesure à lecture directe du CO₂ sont celles qui font l'objet de l'évaluation des moyens d'aération pour l'année en cours et dans lesquelles une vérification du bon fonctionnement des ouvrants et des systèmes de ventilation est réalisée en parallèle. Sont concernées par la réglementation :

- Les salles d'enseignement des établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degré ;
- Les salles réservées à la pratique d'activités sportives au sein de ces établissements ;
- Les salles d'activité ou de vie des établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans ou des accueils de loisirs ;
- Les salles de restauration ;
- Les dortoirs (notamment en crèches, maternelles et internats).

Sont notamment exclus les espaces servant aux circulations, les locaux techniques, les cuisines, les sanitaires, les bureaux, les logements de fonction, les locaux à pollution spécifique (locaux dans lesquels des activités émettent des polluants dans l'air autres que ceux liés à la seule présence humaine).

Les ateliers d'enseignement spécifiques ne sont pas considérés comme des locaux à pollution spécifique, même si différentes activités dont l'usage de sources de combustion peuvent y être réalisées. Ces locaux peuvent également être intégrés à l'évaluation des moyens d'aération, durant les séquences d'enseignement en excluant toute période durant lesquelles des activités spécifiques polluantes sont mises en œuvre.

Pour la mesure à lecture directe du CO₂, **les pièces sélectionnées doivent être occupées.**

Parmi les types de pièces concernées par la réglementation, une sélection de pièces est réalisée chaque année, dans chaque ERP, pour faire l'objet de l'évaluation des moyens d'aérations dont la mesure à lecture directe du CO₂. Les critères de sélection de ces pièces sont présentés dans la Figure 3.

⁷ Attention, il existe des modèles étalonnés en usine mais pas ré-étalonnables (ni en usine ni par l'utilisateur) qui sont donc à déconseiller.

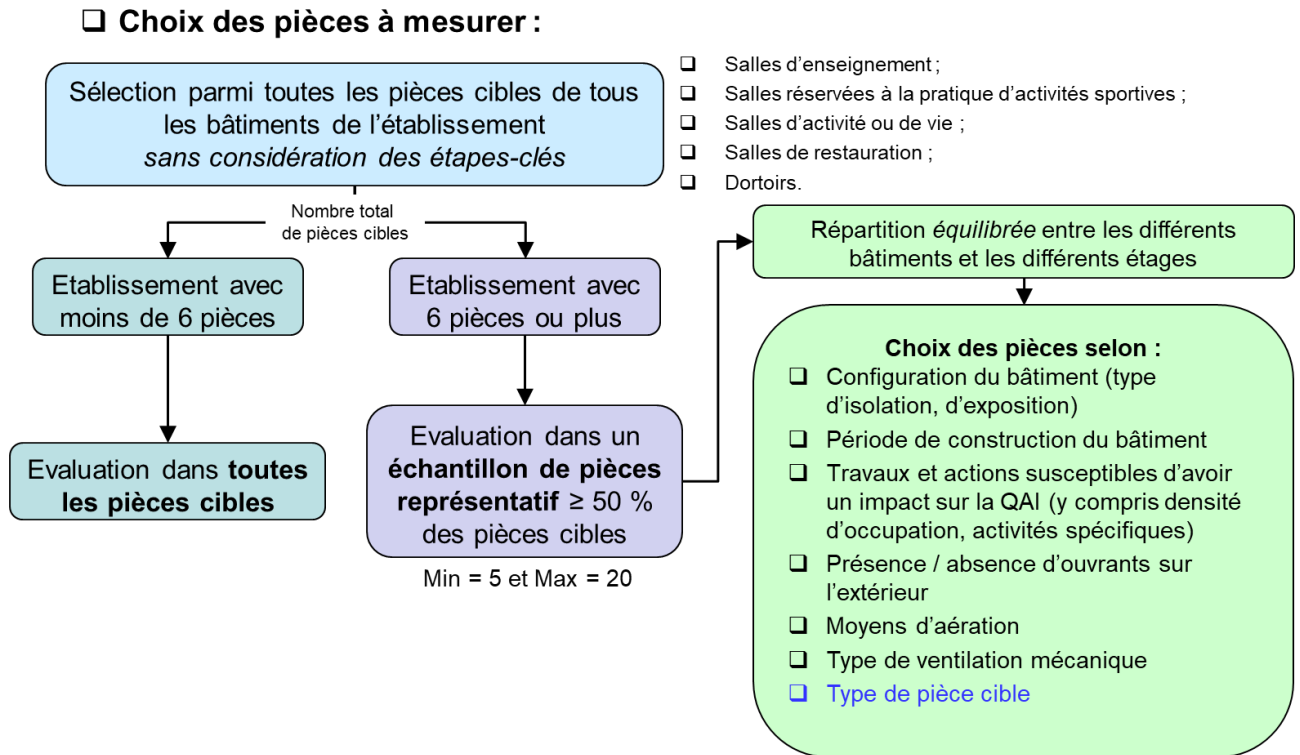


Figure 3. Critères de sélection de pièces pour la mesure à lecture directe.

Il est fortement recommandé d'adopter une approche dynamique dans la sélection des pièces visées en fonction des observations inscrites dans le plan d'action ou en cas de changement des personnes en charge de la pièce (enseignant, etc.). Par exemple, ne pas retenir la pièce si aucun dépassement n'a été observé l'année précédente et établir une rotation des pièces visées pour vérifier à terme d'une part les conditions d'aération dans l'ensemble des pièces d'un établissement et d'autre part les usages établis par l'ensemble du personnel. Dans le cas où un dépassement est observé dans une pièce, il pourrait être également intéressant de continuer à suivre cette pièce lors de la mise en œuvre de l'évaluation des moyens d'aération et de la mesure à lecture directe afin de constater les améliorations d'une année sur l'autre. De la même façon, suite à une campagne de mesure dans laquelle un indice de confinement de 3 ou plus a été observé dans une pièce, cette dernière peut être retenue pour l'évaluation à venir des moyens d'aération.

1.7. Où sont installés les appareils de mesure ?

La mesure est réalisée dans un seul point (représentatif de l'exposition moyenne) dans chaque pièce. L'endroit d'installation de l'appareil de mesure est choisi selon les spécifications suivantes :

- Loin de toutes sources de combustion ;
- Loin des entrées et sorties d'air, y compris des portes ou fenêtres ouvertes ;
- Loin des zones proches des sources de chaleur ou des rayonnements solaires ;
- Entre 1 mètre et 2 mètres de hauteur. En pratique, le placement de l'appareil à hauteur de table est toléré ;
- Dans la mesure du possible, au centre de la pièce et au moins à une distance d'un mètre des parois ou du plafond de la pièce ;
- Avec l'affichage ou l'indicateur lumineux orienté vers l'utilisateur ou également vers les élèves dans un contexte pédagogique.

Il ne doit pas être placé à proximité immédiate de la bouche d'une personne.

L'appareil doit rester installé dans la pièce pendant les deux heures, même si les utilisateurs de la pièce changent.

1.8. Quand et pendant combien de temps faut-il mesurer ?

La mesure à lecture directe est réalisée en période de chauffage, si elle existe, et dans les conditions normales d'exploitation de la pièce (présence des usagers, activités et pratiques d'aération et ventilation habituelles). Elle est effectuée sur une période au cours de laquelle l'effectif présent dans la pièce est compris **entre 0,5 fois et 1,5 fois l'effectif théorique** de la pièce étudiée.

La mesure est idéalement réalisée pendant **les deux heures d'occupation présentant le risque de confinement le plus élevé** sans remettre en cause les pratiques ni chercher à reproduire des conditions de confinement plus défavorables que celles d'usage. Le Tableau 2 fournit des informations pour aider à déterminer l'effectif théorique et pour identifier les périodes avec risque de confinement élevé par type de salle.

Dans le cas des établissements d'enseignement où l'occupation change en moins de deux heures (par exemple les salles de cours dans le second degré où les élèves changent de salle après une heure de cours), privilégier le fractionnement par heure de cours. C'est-à-dire qu'il faut commencer à mesurer au début d'un cours avec forte fréquentation et arrêter de mesurer à la fin du cours suivant. La pause intercours ou la récréation peut être intégrée à la période de mesure à lecture directe de la concentration en CO₂.

Lorsque les locaux présentent en situation habituelle une durée d'occupation inférieure à 2 heures sur une journée (exemple : salle de restauration d'une petite école), il est exceptionnellement toléré de réaliser la mesure à lecture directe du CO₂ sur une durée plus courte correspondant à la période d'occupation.

Il n'est pas obligatoire que la mesure à lecture directe de la concentration en CO₂ soit réalisée en même temps que les autres aspects de l'évaluation des moyens d'aération d'autant que cette mesure doit être déployée en période de chauffe (si elle existe) et dans des locaux occupés alors que ces deux conditions ne s'appliquent pas à la vérification de l'ouverture des ouvrants et du fonctionnement du système de ventilation. Ainsi, la mesure à lecture directe de CO₂ peut être réalisée à une autre saison de la même année civile que la mesure à lecture directe.

Tableau 2. Effectif théorique et période d'occupation avec risque de confinement élevé.

Type de salle	Effectif théorique	Périodes d'occupation avec risque de confinement le plus élevé
Salle d'enseignement du 1 ^{er} degré	Nombre d'enfants inscrits dans la classe	Période d'occupation en classe complète de 2 heures, de préférence en fin de matinée, par exemple de 10h à 12h (ou fin de journée selon l'emploi du temps)
Salle d'enseignement du 2 nd degré	Nombre maximum d'élèves inscrits parmi l'ensemble des classes qui utilisent la salle	Période d'occupation en classe complète de 2 heures ou plusieurs périodes successives d'occupation en classe complète, couvrant un minimum de 2 heures, de préférence en fin de matinée, par exemple de 10h à 12h (ou fin de journée selon l'emploi du temps)
Salle d'activité ou de vie (halte-garderie ou accueil de loisirs)	Pas d'effectif théorique (effectif trop variable)	Créneau d'accueil le plus chargé
Salle d'activité ou de vie (crèches)	Capacité d'accueil de la salle en nombre d'enfants	
Salle réservée à la pratique d'activités sportives	Nombre maximum de mineurs utilisant la salle sur un créneau donné (1 à 2 heures) durant la semaine	Créneau d'activité le plus chargé
Salle de restauration (réfectoire)	Nombre maximum de couverts servis sur une journée durant la semaine en ne considérant que les mineurs	
Pièce de sommeil (dortoir en crèches/salles de repos des maternelles)	Nombre maximum de mineurs utilisant le dortoir sur un créneau donné durant la semaine	Créneau de sommeil le plus chargé en nombre de mineurs présents
Pièce de sommeil (dortoir en internat)	Nombre maximum de mineurs utilisant la chambre/dortoir sur un créneau donné durant la semaine	Dernière nuit de la semaine en fin de nuit (de 04h30 à 06h30), typiquement le jeudi, avec enregistrement des données nécessaire

1.9. Comment l'évaluation est-elle réalisée ?

La mesure à lecture directe consiste en la surveillance à intervalles réguliers (toutes les 15 à 20 minutes) de la valeur affichée ou de la couleur de l'indicateur sur une durée d'au moins deux heures. L'interprétation de la mesure repose sur les valeurs seuils affichées dans le Tableau 3, en fonction desquelles l'observateur va agir, par exemple en ouvrant les fenêtres (cf. section 1.11). Pendant la période de mesure, l'observateur prend également note des dépassements de seuils, des actions immédiates mises en place et leurs effets (retour à la normale ou dépassement qui perdure).

L'enregistrement des données n'est pas obligatoire, mais il peut s'avérer nécessaire dans certains cas (dortoirs en internat par exemple). Cependant, cela limite forcément l'interaction voulue au départ. En cas d'enregistrement des données, il est recommandé de conserver le fichier de données pour chacune des pièces avec la fiche de relevé.

Tableau 3. Seuils de concentration en CO₂ pour la mesure à lecture directe.

Concentration en CO ₂	Renouvellement de l'air
Inférieure à 800 ppm	Satisfaisant
Entre 800 et 1500 ppm	Moyen
Supérieure à 1500 ppm	Insuffisant

1.10. Qu'en est-il des résultats de la mesure à lecture directe ?

Les résultats de la mesure à lecture directe représentent à la fois les dépassements observés mais également et surtout les actions correctives immédiates mises en œuvre et leurs effets. L'ensemble de ces indications viennent alimenter l'évaluation annuelle des moyens d'aération et contribuent ainsi à l'amélioration du renouvellement de l'air des locaux. Ces résultats sont intégrés dans le plan d'actions d'amélioration de la QAI au même titre que les résultats des campagnes de mesures.

Attention : Les éléments ayant servi au rapport d'évaluation des moyens d'aération des bâtiments sont conservés au moins jusqu'à l'évaluation suivante. Il est recommandé de les conserver sur une durée plus longue, par exemple quatre ans pour correspondre avec la fréquence de l'autodiagnostic.

1.11. Quelles actions immédiates en cas de dépassement durant les 2 heures de surveillance de la mesure à lecture directe ?

Dès lors qu'un dépassement est observé sur les 2 heures de surveillance de la mesure à lecture directe du CO₂, l'utilisateur doit agir immédiatement sur l'aération pour revenir à une qualité de renouvellement de l'air satisfaisante (concentration en CO₂ < 800 ppm). La Figure 4 présente les actions immédiates et progressives à mettre en œuvre pour améliorer les conditions d'aération.

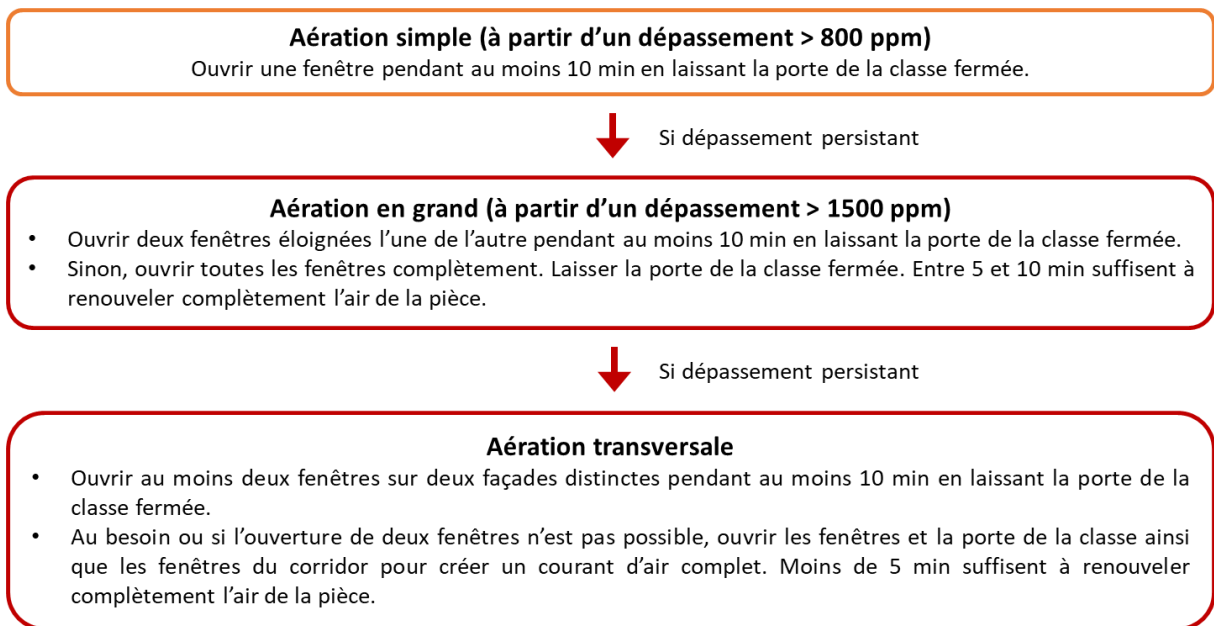


Figure 4. Actions immédiates et progressives sur l'aération à mettre en œuvre en cas d'un dépassement observé durant les 2 heures.

Conseils pratiques d'aération

- Aérer avant les premiers cours du matin et de l'après-midi.
- Tout au long de la journée, utiliser pleinement les pauses pour aérer le plus possible.
- Pendant les périodes de présence, aérer au moins 5 minutes toutes les heures.
- Ne pas déposer d'objets sur le rebord des fenêtres afin de ne pas entraver l'ouverture complète des fenêtres.
- En été, laisser les pièces se rafraîchir aussi longtemps que possible durant la nuit ou tôt le matin.
- En hiver, éviter une aération prolongée durant la période de chauffage.
- Les enseignants qui partagent une même salle de classe coordonnent leurs habitudes d'aération.
- L'ouverture de la porte d'accès à la pièce seule sans ouvrir les fenêtres est possible mais déconseillée car le renouvellement de l'air ne se fait pas avec de l'air neuf mais de l'air vicié par d'autres polluants.

1.12. Quelles actions en cas de dépassement subsistant après les 2 heures de surveillance de la mesure à lecture directe ?

Si malgré ces actions correctives immédiates, un dépassement subsiste, il serait nécessaire d'entreprendre des actions correctives différenciées selon le niveau du dépassement. Il en va de même pour les pièces sans ouvrants donnant sur l'extérieur ou dans lesquelles des consignes de sécurité ne permettent pas d'agir sur les ouvrants.

Un dépassement du seuil de 800 ppm (renouvellement de l'air moyen) qui subsiste conduit à engager des actions sur l'aération et/ou d'optimisation de la ventilation permettant d'agir sur les causes du dépassement et de revenir à une qualité de renouvellement de l'air satisfaisante (Figure 5). Si ces actions s'avèrent insuffisantes, il convient d'envisager de mener des actions correctives plus lourdes telles que celles recommandées en cas de dépassement du seuil de 1500 ppm.

Un dépassement du seuil de 1500 ppm (renouvellement de l'air insuffisant) qui subsiste malgré les pratiques d'aération indique la nécessité de mettre en place des actions correctives urgentes (Figure 6). Ces actions peuvent impliquer des travaux ou modifications des ouvrants ou de la ventilation mécanique et possiblement déclencher une campagne de mesure partielle ou complète (voir section 2).

Avant d'envisager des actions correctives lourdes, il est important que le résultat de la mesure à lecture directe soit mis en perspective par rapport à l'ensemble des observations recueillies lors de la surveillance de la qualité de l'air dans l'établissement (autodiagnostic et campagnes de mesures), au contexte de chaque bâtiment et du comportement des occupants. Ces éléments viennent alimenter les décisions à prendre dans le cadre du plan d'action.

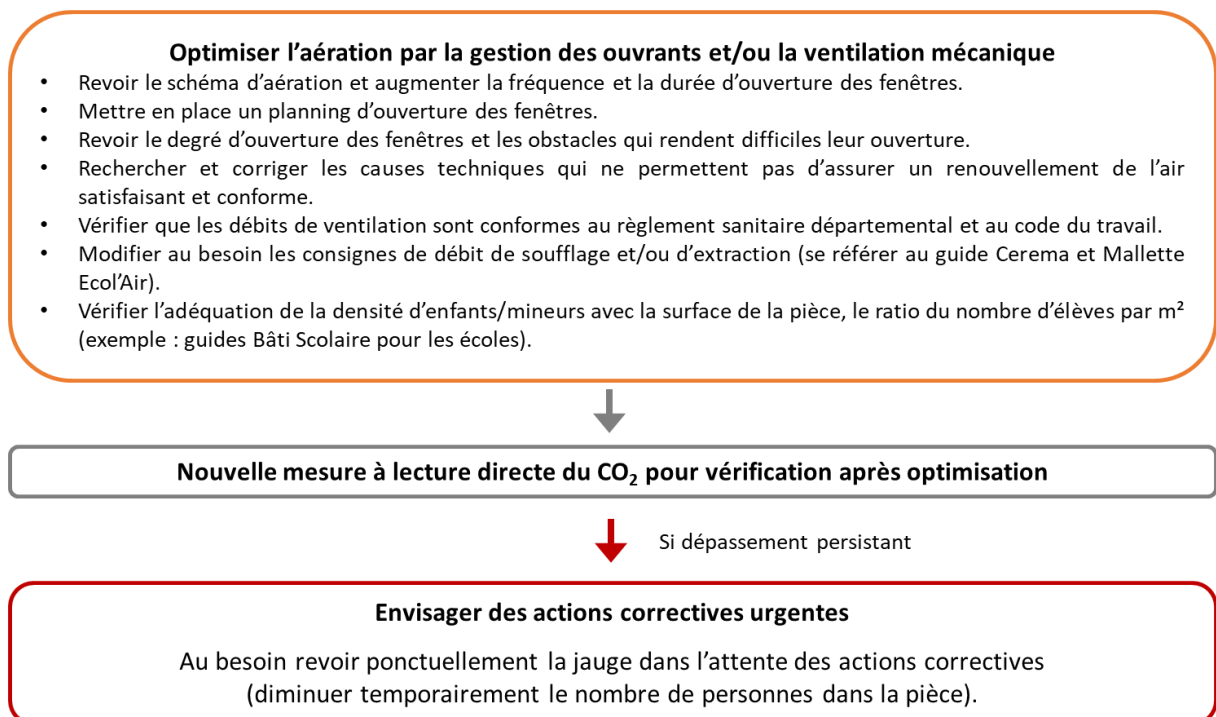


Figure 5. Actions correctives permettant de revenir à un renouvellement de l'air satisfaisant (en cas de dépassement du seuil de 800 ppm) pouvant être mises en place sans tarder et ne nécessitant pas d'investissement financier.

Actions urgentes

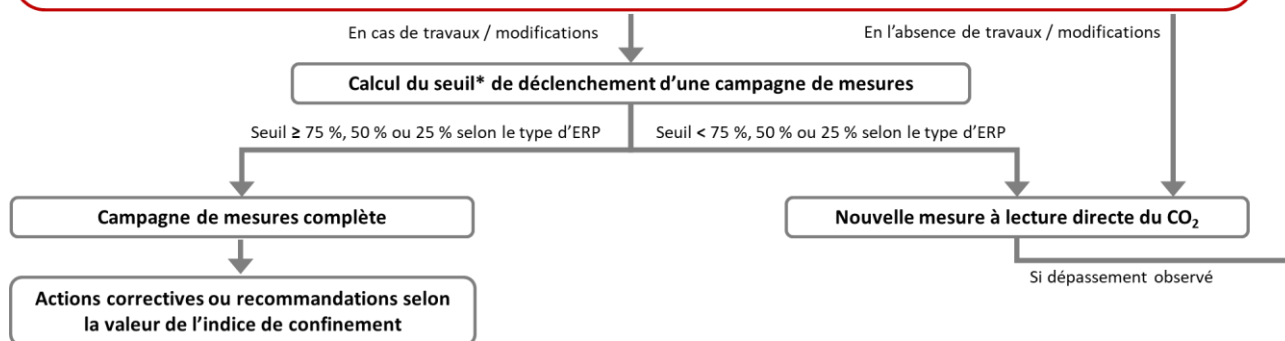
Identification des causes du renouvellement de l'air insuffisant

- Mener toute expertise nécessaire pour identifier les causes du renouvellement de l'air insuffisant dans l'établissement et fournir tous les éléments au choix des mesures correctives pérennes et adaptées.
- Analyse globale des conditions de renouvellement de l'air tenant compte du contexte du bâtiment et du comportement des occupants.
- Conforter au besoin avec une nouvelle mesure à lecture directe du CO₂.

Actions correctives urgentes

Modification des moyens techniques d'aération et/ou de ventilation (étape clé)

- Si des dysfonctionnements ont été identifiés au niveau des ouvrants, procéder à leur réparation ou à leur changement.
- Si les 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 et vérifier notamment la conformité des débits d'air neuf. En fonction du résultat de l'inspection, il peut être nécessaire de changer les consignes de débit ou de mener des travaux de modification du système de ventilation (se référer au besoin à la mallette Ecol'air et au guide Cerema).



*seuil de déclenchement des campagnes de mesures (art 6. du décret n° 2022-1690 du 27 décembre 2022, guide Cerema).
Le calcul ne tient compte que des bâtiments affectés par une étape clé.

Figure 6. Actions correctives urgentes (dépassement persistant du seuil de 1500 ppm malgré les pratiques d'aération mises en place) à envisager dans le cadre du plan d'actions.