



Guide pour la mesure du dioxyde de carbone, de l'humidité relative et de la température et pour la gestion des paramètres de confort dans les écoles

Le 8 septembre 2021

Le présent document a été élaboré par le ministère de l'Éducation en collaboration avec des intervenants du réseau de l'éducation.

Ce document a fait l'objet d'une consultation auprès d'experts en santé publique de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et d'experts en ventilation de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) et de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

Coordination et rédaction

Direction de l'expertise et du développement des infrastructures scolaires
Direction générale des infrastructures
Secteur de la gouvernance des infrastructures

Pour tout renseignement, s'adresser à l'endroit suivant :

Renseignements généraux
Ministère de l'Éducation
1035, rue De La Chevrotière, 21^e étage
Québec (Québec) G1R 5A5
Téléphone : 418 643-7095
Ligne sans frais : 1 866 747-6626

Ce document peut être consulté
sur le site Web du Ministère :
education.gouv.qc.ca.

© Gouvernement du Québec, 2021
Ministère de l'Éducation

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	4
1. PROTOCOLE D'INSTALLATION DES LECTEURS DE CONCENTRATION DE CO ₂ , DE TEMPÉRATURE ET D'HUMIDITÉ RELATIVE	5
2. ENCADREMENT DE LA PRISE DE MESURE	7
3. INTERVENTION À RÉALISER SELON LES SEUILS FIXÉS.....	8
4. RÉFÉRENCES	14

INTRODUCTION

L'évaluation des paramètres de confort¹ (concentration de CO₂, température, humidité relative) dans les bâtiments scolaires s'inscrit dans un projet visant à améliorer la qualité de l'air intérieur (QAI) des locaux d'apprentissage, et ce, dans l'optique de favoriser la réussite éducative. De manière plus précise, cette démarche permettra d'assurer que les paramètres observés n'excèdent pas les seuils recommandés, de manière à garantir le confort des occupants. Le cas échéant, elle permettra également d'apporter les actions correctives nécessaires pour atténuer la concentration de CO₂ et ainsi favoriser l'apprentissage scolaire.

Basé sur une revue exhaustive de la littérature traitant des bonnes pratiques en matière de mesure et de contrôle des concentrations de CO₂ en milieu intérieur, le présent document retient les recommandations suivantes pour l'établissement des seuils d'intervention à suivre :

Tableau 1 : Recommandations de seuils provenant de diverses sources

Organisme/publication	Seuil visé	Type de donnée	Effets visés
Santé Canada / Projet de lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel	< 1 000 ppm	Moyenne sur 24 h	Confort Santé en général
ASHRAE ² 62.1	700 ppm de plus que l'extérieur	Moyenne quotidienne	Bonne ventilation
DIN ³ 1946-2	< 1 500 ppm	Valeur ponctuelle	Bonne ventilation

Il est également à noter que le *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (RSST) précise que des effets permanents sur la santé peuvent se produire dans un contexte de travail où le CO₂ est produit par un procédé industriel. En effet, de tels effets sont possibles à la suite d'une exposition moyenne pondérée à plus de 5 000 ppm sur une période de 8 heures de travail ou d'une exposition à plus de 10 000 ppm sur une période de plus de 15 minutes. Il est toutefois à noter que le présent document concerne des aspects de confort et non de santé et sécurité au travail, puisque les concentrations de CO₂ généralement observées dans le contexte scolaire sont largement inférieures à ces seuils.

Pour la température et l'humidité relative, le Ministère s'appuie sur les seuils établis dans le son [Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires](#), qu'il a publié.

¹ Soit les paramètres de confort définis dans le [Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires](#).

² American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

³ Deutsches Institut für Normung (Institut allemand de normalisation).

Le présent document s'adresse principalement aux intervenants du milieu scolaire qui ont à intervenir en matière d'utilisation des lecteurs de paramètres de confort installés dans les locaux d'apprentissage. Il présente les directives à appliquer pour une bonne gestion des paramètres de confort dans les bâtiments scolaires :

1. Protocole d'installation des lecteurs de concentration de CO₂, de température et d'humidité relative;
2. Encadrement de la prise de mesure;
3. Interventions à réaliser selon les seuils fixés.

1. PROTOCOLE D'INSTALLATION DES LECTEURS DE CONCENTRATION DE CO₂, DE TEMPÉRATURE ET D'HUMIDITÉ RELATIVE

Cette section décrit les dispositions à prendre et les étapes à suivre pour installer des lecteurs de concentration de CO₂, d'humidité relative et de température dans les locaux d'apprentissage des bâtiments scolaires, notamment les salles de classe, les laboratoires, les salles de musique, les salles d'art plastiques et les bibliothèques. Il est important que ces directives soient respectées pour que les résultats des lectures soient les plus fiables possibles. La fiabilité des mesures permettra de poser un diagnostic approprié qui, en retour, permettra de déployer des mesures correctives ciblées.

Éléments à respecter pour des lectures valides

L'organisme scolaire doit installer un lecteur par local d'apprentissage. Chaque lecteur doit répondre aux critères suivants :

- Être certifié par un organisme indépendant reconnu et être conforme à l'ensemble des normes et règlements applicables au Québec⁴;
- Être calibré périodiquement selon les instructions du fabricant, préférablement selon la certification ISO/IEC 17025:2017.
- Être positionné (voir la figure 1) :
 - à plus de 2 m des éléments suivants dans les locaux :
 - grilles de ventilation ou diffuseurs d'air (si présents);
 - fenêtres ouvrantes;
 - sources de chaleur (radiateurs);
 - dans un lieu visible et non pas derrière un placard;
 - à plus de 1,5 m d'un occupant dans la mesure du possible;
 - à la hauteur à laquelle les occupants respirent (entre 0,5 m et 2 m du sol);
 - sur un mur intérieur (non extérieur).

Si la sonde est filée, il faut sceller le passage des câbles d'alimentation dans le mur pour éliminer les fuites d'air.

⁴ Il est à noter que les lecteurs qui ont été acquis par le ministère de l'Éducation par le biais de l'appel d'offres lancé en juillet 2021 sont conformes à cette exigence.

Figure 1 : Conseils pour un positionnement adéquat du lecteur de dioxyde de carbone (CO₂)



De plus, un lecteur extérieur doit être installé à l'extérieur de chaque bâtiment scolaire, dans le respect des règles suivantes :

- Être positionné :
 - à au moins 2 m des éléments suivants :
 - sorties d'air vicié du bâtiment;
 - fenêtres ouvrantes;
 - source d'émission de CO₂ (échappement d'une chaudière, stationnement, débarcadère, etc.);
 - à l'abri du soleil (installer au nord);
 - à un endroit qui n'est pas accessible à partir de la cour (pour éviter le vandalisme).

Il est à noter que le lecteur extérieur n'est pas destiné à être lu sur place puisqu'il n'a pas d'écran d'affichage.

2. ENCADREMENT DE LA PRISE DE MESURE

Cette section présente les principales directives et recommandations nécessaires pour encadrer la prise de lectures des appareils installés dans les classes et assurer l'uniformité et la fiabilité des mesures prises et affichées.

Fréquence des lectures

Les lectures sont effectuées minimalement :

- toutes les 5 minutes durant les heures de classe (à partir d'au moins 30 minutes avant le début des classes jusqu'à au moins 30 minutes après la fin des classes);
- toutes les heures en dehors des heures de classe (à partir de 30 minutes après la fin des classes jusqu'à 30 minutes avant le début des classes);
- toutes les heures les fins de semaine, les jours fériés et durant l'été.

Les lectures peuvent être interrompues durant la saison estivale, lorsque les locaux d'enseignement sont inoccupés, soit du 1^{er} juillet au 15 août.

Calcul de la moyenne quotidienne de concentration de CO₂

Contrairement aux prises de lectures directes sur les lecteurs installés dans les locaux d'apprentissage, les moyennes quotidiennes sont calculées à des fins d'analyse des données de concentration de CO₂ recueillies. À cet effet, le système de gestion des données qui accumule et gère l'ensemble des données calcule la moyenne quotidienne de concentration de CO₂ en fonction de l'ensemble des données recueillies durant la journée de classe :

$$\text{Moyenne quotidienne} = \frac{\sum_{\text{début des classes}}^{\text{fin des classes}} \text{Concentration de CO}_2 \text{ mesurée}_n}{n}$$

n = Nombre total de mesures entre le début des classes et la fin des classes

La journée de classe correspond au temps où les élèves sont présents en classe. Ainsi, on calcule la moyenne en considérant toutes les données, que les élèves soient en classe ou à l'extérieur (périodes de récréation et de dîner). Il est à noter que l'impact de ces périodes sur le calcul de la moyenne quotidienne est négligeable.

Informations sur les locaux d'apprentissage

L'organisme scolaire doit détenir les informations suivantes sur tous les locaux d'apprentissage. Ces informations permettent d'interpréter les résultats obtenus et de bien cibler les correctifs à apporter, le cas échéant.

- Type de ventilation :
 - o naturelle;
 - o mécanique;
 - o hybride (combinaison de ventilation mécanique et naturelle).

3. INTERVENTION À RÉALISER SELON LES SEUILS FIXÉS

Cette section présente les interventions que les divers intervenants du milieu scolaire doivent réaliser en cas de dépassement des seuils dans les salles de classe des bâtiments scolaires. Il est important de respecter rigoureusement ces directives afin de maintenir en tout temps les paramètres de confort à des seuils favorables à l'apprentissage.

DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

Seuils d'intervention

Le ministère de l'Éducation retient deux types de paramètres pour établir des seuils d'action dans les salles de classe :

- **Lectures directes** : elles sont prises au besoin sur les écrans d'affichage des lecteurs et utilisées par les enseignants et le personnel scolaire qui interviennent quotidiennement dans les locaux d'apprentissage;
- **Moyennes quotidiennes** : elles sont générées par le système de gestion des données de confort et sont utilisées par les directions d'établissement (DÉ), les services des ressources matérielles (SRM) et le Ministère pour identifier les classes présentant de potentiels problèmes de confort et/ou de ventilation en vue de planifier des interventions ciblées.

Les seuils retenus sont les suivants pour chacun des paramètres :

Tableau 2 : Seuils retenus pour les lectures directes et les moyennes quotidiennes

Lecture directe Enseignants et personnel scolaire	Moyenne quotidienne DÉ et SRM
< 1 000 ppm Plage de mesures souhaitable	< 1 000 ppm Concentration moyenne optimale
Entre 1 000 et 1 500 ppm Plage de mesures acceptable	Entre 1 000 et 1 500 ppm Concentration moyenne acceptable
Entre 1 500 et 2 000 ppm Plage de mesures limite	Entre 1 500 et 2 000 ppm Concentration moyenne limite
> 2 000 ppm Seuil à ne pas dépasser	> 2 000 ppm Concentration moyenne à ne pas dépasser

ACTIONS À POSER EN FONCTION DES VALEURS DE CONCENTRATION DE CO₂ OBSERVÉES

Lectures directes

Pour les lectures directes, les enseignants devront poser des actions sur la base des concentrations de CO₂ lues sur les lecteurs des locaux d'apprentissage. Les lecteurs de CO₂ possèdent des dispositifs de visualisation permettant de constater facilement le dépassement d'un seuil. Le tableau suivant présente les actions que les usagers doivent poser en fonction des concentrations mesurées.

Tableau 3 : Actions à poser par les usagers en fonction de la concentration de CO₂ mesurée et du type de ventilation

	Ventilation naturelle	Ventilation mécanique
Concentration de CO ₂ mesurée (lecture directe)	Actions par les usagers	
< 1 000 ppm	Continuer les pratiques de base liées à l'ouverture des fenêtres et des portes (politique de l'organisme scolaire).	Aucune action n'est requise.
Entre 1 000 et 1 500 ppm	En plus des pratiques de base, intensifier l'ouverture des fenêtres et de la porte du local, en fonction de la température	Si possible, ouvrir les fenêtres et la porte en fonction de la température.
Entre 1 500 et 2 000 ppm	En plus des pratiques de base, intensifier l'ouverture des fenêtres et de la porte du local, sans égard à la température. Si possible, prendre une pause pour aérer le local.	Si possible, ouvrir les fenêtres et la porte. Si possible, prendre une pause pour aérer le local.
> 2 000 ppm	Augmenter la fréquence d'aération du local avec une plus grande amplitude des ouvertures des fenêtres et des portes. Prendre une pause pour aérer le local. Si le problème persiste malgré ces actions, en informer la direction de l'établissement, qui appliquera les actions requises à son niveau.	Si possible, ouvrir les fenêtres et la porte. Prendre une pause pour aérer le local. Informer le jour même la direction de l'établissement.

Moyennes quotidiennes

Les actions en matière de suivi et d'amélioration continue des infrastructures sont posées en fonction des moyennes observées et de la persistance dans le temps des moyennes supérieures au seuil recommandé. Par exemple, l'observation d'une moyenne quotidienne supérieure à 1 500 ppm une fois dans un mois ne mérite pas la même attention qu'une moyenne équivalente observée durant plusieurs jours. Les intervenants doivent faire une analyse afin d'établir des priorités d'action en comparant les situations de dépassement de leur parc immobilier.

Il est également important d'agir dans une logique de gradation des actions, en débutant par les actions les plus simples (ex. : application de la procédure d'ouverture des fenêtres et des portes, sensibilisation des intervenants) et en allant graduellement vers les actions les plus complexes (ex. : installation d'échangeurs d'air ou remplacement de systèmes de ventilation mécanique).

Le tableau suivant présente le type d'actions que les directions d'établissement et les services des ressources matérielles doivent poser en fonction des moyennes quotidiennes de concentration de CO₂ mesurées. Idéalement, les DÉ et les SRM devraient consulter les moyennes au moins une fois par semaine, puisque le système de gestion en place envoie des notifications à cette fréquence.

Tableau 4 : Action à poser par les directions d'établissement et les services de ressources matérielles en fonction de la concentration de CO₂ (moyenne quotidienne) mesurée et du type de ventilation des locaux

	Ventilation naturelle		Ventilation mécanique ⁵
Concentration de CO ₂ mesurée (moyenne quotidienne)	Types d'action – Directions d'établissement	Types d'action – Services des ressources matérielles	Types d'action – Services des ressources matérielles
< 1 000 ppm	Aucune action requise.	Aucune action requise.	Aucune action requise.
Entre 1 000 et 1 500 ppm	Application de la directive d'ouverture des fenêtres et des portes.	Aucune action requise.	Vérification des systèmes de ventilation. Zone de surveillance.
Entre 1 500 et 2 000 ppm	Informé le SRM et collaborer avec lui.	<ul style="list-style-type: none"> Analyse sur place. Sensibilisation du personnel en place. Réalisation de travaux d'optimisation lorsque requis⁶. 	Vérification des systèmes de ventilation. Entretien et calibration en sus de celle prévue par le fabricant. Planification d'un projet d'investissement au besoin.
> 2 000 ppm	Informé le SRM et collaborer avec lui.		Vérification des systèmes de ventilation. Entretien et calibration en sus de celle prévue par le fabricant. Prévision au plan quinquennal d'un projet d'investissement si possible.

⁵ Pour les bâtiments ayant une ventilation hybride, des actions des deux types peuvent être déployées en fonction de l'analyse de la situation.

⁶ Les travaux d'optimisation peuvent inclure, sans s'y limiter : l'amélioration ou le remplacement de mécanismes de fenêtre, l'optimisation du confort thermique (il peut être indiqué dans certaines circonstances d'augmenter le chauffage dans un local pour contrebalancer les pertes thermiques associées à l'ouverture des fenêtres), l'installation d'un échangeur d'air, l'installation d'un système de ventilation mécanique.

Si les résultats sont non conformes aux seuils d'action énoncés précédemment, l'organisme scolaire doit procéder à une analyse de la situation afin d'obtenir en tout ou en partie les données suivantes, qui permettront de préparer les correctifs à apporter et de valider leur nécessité :

- Respect des procédures d'ouverture des fenêtres, portes et vasistas :
 - o Si les procédures ne sont pas respectées, s'assurer de les faire respecter;
 - o Si elles sont respectées, réfléchir à d'autres solutions.
- État de marche du système de ventilation :
 - o Faire réaliser un diagnostic de bon fonctionnement du système de ventilation par du personnel qualifié.
- Densité d'occupation du local :
 - o Une non-conformité peut arriver si le nombre d'occupants dépasse une certaine densité d'occupation dans la classe. Par exemple, si une activité d'apprentissage comportant un nombre d'utilisateurs plus élevé qu'habituellement est requise, il faut la relocaliser dans un local plus grand, réduire le nombre de personnes y participant ou la tenir à l'extérieur, si les conditions climatiques le permettent.
- Activité en cours dans le local lorsque les résultats sont non conformes :
 - o Une activité physique intense peut momentanément générer plus de CO₂ que la normale. Le cas échéant, il faut relocaliser l'activité dans des locaux plus grands, réduire le nombre de personnes y participant ou la tenir à l'extérieur, si les conditions climatiques le permettent.

LECTURE DE LA TEMPÉRATURE

Dans les locaux d'apprentissage, les températures ambiantes souhaitables sont généralement les suivantes :

Tableau 5 : Seuils de température retenus

Seuils de température
< 20 °C : Température basse
Entre 20 et 26 °C : Plage souhaitable
> 26 °C : Température élevée

Des valeurs plus précises et variant en fonction des saisons sont également présentées dans le [Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires](#).

De manière générale, lorsque l'enseignant ou un autre intervenant remarque que la température se maintient sous ou au-dessus de la température visée, il est invité à en aviser sa direction pour que des actions soient prises localement (augmenter la consigne de chauffage, réviser l'ouverture des fenêtres, etc.) ou au niveau de la direction des ressources matérielles.

Par ailleurs, si la direction des ressources matérielles identifie des classes où la température est généralement hors des paramètres visés, elle doit mettre en place les actions appropriées qui permettront de corriger la situation.

En outre, les paramètres de température présentés ci-haut sont ceux qui modulent l'ouverture des fenêtres en fonction de la concentration de CO₂ mesurée, comme indiqué au tableau 3 de la présente section.

De plus, en cas de chaleurs extrêmes, l'organisme scolaire doit se référer aux directives de la santé publique et aux indications du RSST pour assurer la santé et la sécurité de ses usagers.

LECTURE DE L'HUMIDITÉ RELATIVE

Dans les locaux d'apprentissage, les valeurs d'humidité relative souhaitables sont généralement les suivantes :

Tableau 6 : Seuils d'humidité relative retenus

Seuils d'humidité relative
< 30 % : Air sec
Entre 30 % et 55 % : Plage souhaitable
> 55 % : Air humide

Des valeurs plus précises et variant en fonction des saisons et du type de ventilation sont également présentées dans le [Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires](#).

De manière générale, lorsque l'enseignant ou un autre intervenant remarque que l'humidité relative se maintient sous ou au-dessus des valeurs visées, il est invité à en aviser sa direction pour que des actions soient prises localement ou au niveau de la direction des ressources matérielles.

MAUVAIS FONCTIONNEMENT DU LECTEUR DE CO₂, D'HUMIDITÉ RELATIVE ET DE TEMPÉRATURE

En cas de défaillance ou d'un problème de calibration des lecteurs en place, la première étape à suivre consiste à remplacer l'équipement défaillant par un autre qui est fonctionnel. Un délai d'au plus 14 jours est acceptable pour l'échange du lecteur auprès d'un fournisseur.

Le cas échéant, les organismes scolaires peuvent utiliser un lecteur calibré non relié à un système d'information pour poursuivre l'application du présent protocole dans le local concerné pour ce qui est des lectures directes.

Un tel équipement peut également être utilisé dans les écoles pour vérifier ponctuellement la calibration des lecteurs en place.

4. RÉFÉRENCES

American National Standards Institute/American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2019). *Standard 62.1-2019 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*.

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2021). *Dioxyde de carbone*.

Eykelbosh, A. (Mai 2021). *Indoor CO2 Sensors for COVID-19 Risk Mitigation: Current Guidance and Limitations*. Vancouver, BC: National Collaborating Centre for Environmental Health.

Ministère de l'Éducation. (2020). *Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires*. Gouvernement du Québec.

Organisation internationale de normalisation. (2012). *ISO 16000-26 : 2012 Air intérieur — Partie 26 : Stratégie d'échantillonnage du dioxyde de carbone (CO₂)*.

Organisation internationale de normalisation. (2017). *ISO/IEC 17025:2017 Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*.

Poulin, P et al. (Juillet 2021). *COVID-19 : Concepts de base concernant le dioxyde de carbone (CO₂) et sa mesure dans les bâtiments*. Québec, QC : Institut national de santé publique du Québec.

Santé Canada. (2020). *Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel – Dioxyde de carbone*. Gouvernement du Canada.

EDUCATION.GOUV.QC.CA