

# Annexe A : Aérosols et concentration élevée de CO<sub>2</sub> dans les salles de classe

Annexe à la documentation «Air pur – maintenant !» pour les communes et cercles scolaires, présentée par [#ProtectTheKids](#), v1.21 (22.09.2022).

Cette annexe s'adresse à la présidence des Commissions scolaires et aux autorités scolaires dans les communes et les cercles scolaires, aux décideurs en matière d'éducation et de santé, ainsi qu'aux personnes qui s'occupent de la technique du bâtiment et de la climatisation des locaux.

Auteurs :

Andrea Hadorn-Stuker  
Educatrice lic. phil. I et MSc

Membre du comité directeur

Fredy Neeser  
Dr. sc. techn. ETH

Conseil scientifique

Traduction :

Marie Launaz  
Conseillère scientifique,  
MAS en éducation

Contact :

[#ProtectTheKids](#)  
[medien@protect-the-kids.ch](mailto:medien@protect-the-kids.ch)

Les salles de classe dans les écoles et les jardins d'enfants font partie des espaces publics les plus densément occupés et, en l'absence de mesures techniques appropriées pour assurer un air intérieur pur, la qualité de l'air dans les salles de classe se détériore rapidement durant leur utilisation, en particulier à la saison froide ou en période de canicule.

Les deux principaux problèmes liés à la qualité de l'air dans les salles de classe sont la propagation d'infections des voies respiratoires par des aérosols et les concentrations souvent trop élevées de CO<sub>2</sub>. Une concentration de CO<sub>2</sub> élevée par rapport à l'air extérieur est un indicateur d'air vicié et peut donc indiquer une concentration potentiellement élevée d'aérosols chargés de virus.

Les capteurs de CO<sub>2</sub> sont des instruments utiles pour évaluer la qualité de l'air, en particulier pour savoir si une salle de classe, avec une occupation donnée, reçoit un débit suffisant pour la ventilation, c'est-à-dire suffisamment d'air extérieur ("air frais"). Toutefois, lorsque la concentration de CO<sub>2</sub> est utilisée comme indicateur d'une concentration d'aérosols potentiellement élevée, il convient de tenir compte du fait que la classe est ou non équipée d'un système de filtration HEPA (HEPA = High Efficiency Particulate Air).

## A.1. Les aérosols à l'intérieur des bâtiments propagent les maladies respiratoires

Lorsque nous respirons, parlons, chantons, etc., nous émettons des [particules d'aérosol](#) (très petites particules en suspension de différentes tailles et fines gouttelettes) ainsi que des gouttelettes plus grosses qui se forment dans nos voies respiratoires. Les particules d'aérosol sont émises en particulier lorsqu'on parle, crie ou chante à haute voix et lorsqu'on pratique un sport. Ces particules peuvent être chargées de virus (SARS-CoV-2, grippe, virus du rhume, varicelle, rougeole, etc.), qui sont alors également appelés virosols. De telles particules sont des vecteurs

efficaces de maladies respiratoires, notamment de COVID-19. Les particules d'aérosol peuvent également transmettre des maladies infectieuses bactériennes comme la tuberculose.

Dans une salle de classe densément occupée, le risque d'infection est particulièrement élevé si la qualité de l'air intérieur est insuffisante, car des aérosols chargés de virus peuvent s'accumuler dans l'air en présence d'une personne contagieuse. Ainsi, les personnes sont exposées dans toute la salle de classe. De plus, la dose de virus inhalée augmente avec le temps passé dans la classe.

Plus les particules d'aérosol sont petites, plus leur vitesse de descente dans l'air est faible et plus leur portée est grande. Sans précautions appropriées, des concentrations d'aérosols dangereuses pour la santé peuvent se former dans toute la salle de classe.

Les particules d'aérosol peuvent être transmises à proximité (distance < 1,5 m), mais aussi sur des distances plus grandes. Des contaminations sont possibles même si une personne infectée a quitté la salle de classe depuis longtemps, car les petites particules d'aérosol sont légères et peuvent rester en suspension dans l'air pendant longtemps. On peut s'imaginer les particules d'aérosol comme la fumée de cigarette – sans aération, celle-ci reste en suspension dans l'air.

Un [aérosol](#) (au singulier) est un mélange de fines particules d'aérosol (particules en suspension et fines gouttelettes, couramment appelées «aérosols») et d'un gaz, généralement l'air. Les particules en suspension peuvent être solides, liquides ou un mélange de parties solides et liquides. Leur taille varie de quelques nanomètres à 100 micromètres. Les gouttelettes peuvent également contenir des particules solides. L'air qu'on respire contient toujours des [particules d'aérosol de différents types et de concentration variable](#). On distingue les bioaérosols naturels (pollens, spores, bactéries, virus, composants de virus), les particules inorganiques naturelles (p. ex. poussières minérales, sel marin) et les autres particules organiques ou inorganiques introduites par l'homme (particules de poussière, produits de combustion, nanoparticules).

## A.2. Concentration de CO<sub>2</sub> trop élevée dans les salles de classe

Déjà durant les périodes de chauffage 2013/14 et 2014/15 l'*Office fédéral de la santé publique* (OFSP) a eu connaissance d'une qualité de l'air dangereuse pour la santé dans 67 % des salles de classe suisses analysées (cantons de Berne, Grisons et Vaud). Des pics dangereux pour la santé de la fraction volumique («concentration») de CO<sub>2</sub>, compris entre 3300 et 4700 ppm (parties par million), ont ainsi été relevés dans 10 écoles. Ces données de mesure ont été publiées le 02.06.2022 dans [Ktipp-Ausgabe 11/2022](#).

Un projet de recherche italo-suisse sur la [qualité de l'air dans les bâtiments scolaires](#), qui a été mené par la [Haute école des sciences appliquées et des arts de la Suisse méridionale \(SUPSI\)](#) en collaboration avec [IDM Südtirol](#), a donné des résultats similaires. Des mesures ont été effectuées dans six écoles tessinoises, aussi bien en hiver qu'en été: les résultats montrent que la concentration de CO<sub>2</sub> augmente avec le temps durant la période de cours. Si les valeurs supérieures à 2000 ppm sont rares, les valeurs supérieures à 1000 ppm sont la règle durant la deuxième partie de la leçon, à l'exception des salles de classe équipées d'un système de ventilation mécanique (conduits d'aération et ventilateurs) ou d'une ouverture automatique des fenêtres (voir l'article des auteurs dans [Dati – Statistiche e società](#), juillet 2021).

Des concentrations de CO<sub>2</sub> bien supérieures à 1000 ppm (0,1 % en volume) rendent la respiration difficile, peuvent provoquer des maux de tête et des vertiges et altèrent la capacité à se concentrer - voir p. ex. [Pulimeno et al., «Indoor air quality at school and students' performance: Recommendations of the UNESCO Chair on Health Education and Sustainable Development & the Italian Society of Environmental Medicine \(SIMA\)»](#).

Les concentrations de CO<sub>2</sub> supérieures à 2000 ppm sont considérées comme dangereuses pour la santé.

Une concentration élevée de CO<sub>2</sub> dans un espace intérieur est généralement synonyme d'une forte proportion d'air vicié (expiré) et indique souvent une concentration d'aérosols problématique pour la santé.

### A.3. Concentration élevée de CO<sub>2</sub> comme indicateur d'air vicié

En cas d'apport insuffisant d'air frais ou d'absence de ventilation d'extraction, la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air intérieur augmente rapidement. C'est pourquoi une concentration en CO<sub>2</sub> plus élevée que dans l'air extérieur est un indicateur d'air vicié et peut également être une mesure des aérosols chargés de virus.

Les capteurs de CO<sub>2</sub> permettent de surveiller la qualité de l'air et mettent ainsi en évidence la nécessité de veiller à ce que l'air intérieur soit frais et propre. Pour des concentrations moyennes de CO<sub>2</sub> inférieures à 1000 ppm, qui sont encore considérées comme acceptables en l'absence de filtrage HEPA, les salles de classe sans système de climatisation doivent être aérées jusqu'à trois fois par heure pour une occupation d'environ 25 personnes, en fonction de l'activité et des conditions de l'air extérieur.

Dans les salles sans filtrage mécanique (par purificateurs d'air HEPA, systèmes de climatisation avec filtrage HEPA et/ou masques), la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air intérieur ou, plus précisément, la différence entre cette concentration et la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air extérieur est considérée comme un bon «proxy» (substitut) de la charge en aérosols respiratoires, c'est-à-dire de la densité moyenne (microgrammes par mètre cube) des particules d'aérosol en suspension potentiellement chargées de virus. Cette relation peut se représenter approximativement comme une proportionnalité entre la différence de concentration de CO<sub>2</sub> et la densité des particules d'aérosol.

Dans certaines situations, il y a toutefois un découplage entre la différence de concentration de CO<sub>2</sub> et la densité des particules d'aérosol dans l'air intérieur, par exemple lors de l'utilisation de filtres HEPA ou lorsque les particules d'aérosol tombent au sol sous l'effet de la gravité après avoir quitté la salle – un processus qui peut durer plusieurs heures.

### A.4. Guide des salles de classe saines

Le [Guide for ventilation towards healthy classrooms](#) co-rédigé avec le Dr. Michael Riediker, directeur du [Centre suisse de santé au travail et de l'environnement \(SCOEH\)](#), s'adresse aux collaborateurs de la planification technique. Ce [guide pour des salles de classe saines](#) scientifiquement fondé vise à évaluer et à définir des stratégies de ventilation afin de réduire la propagation potentielle du virus SARS-CoV-2 par transmission d'aérosols dans les locaux scolaires.

Le guide explique comment vérifier si la ventilation réduit suffisamment le risque de transmission par aérosols. Sur la base de la différence de concentration de CO<sub>2</sub> qui s'établit par rapport à l'air extérieur, il est possible de déterminer la performance de la ventilation pour un nombre donné de personnes. Le guide décrit également une méthodologie pour évaluer le risque relatif d'infection dans une salle de classe pour différents scénarios.

De plus, le SCOEH met à disposition gratuitement et en plusieurs langues un [simulateur de scénarios d'intérieur pour estimer l'exposition et la dose de virus et CO<sub>2</sub>](#). Le calcul de la concentration en CO<sub>2</sub> et de la dose de virus inhalée est basé sur la taille de la pièce, le nombre de personnes présentes, la durée de séjour et d'autres paramètres.