



Fiche d'information

31 août 2022

Bien aérer

Résumé

Une bonne aération des espaces fermés présente de nombreux avantages : elle est nécessaire pour garantir une bonne qualité de l'air ambiant, une bonne performance intellectuelle et elle favorise la santé et le bien-être. Elle peut également contribuer à réduire le risque de transmission du coronavirus et d'autres agents pathogènes.

Cependant, l'odorat humain ne suffit pas pour détecter le besoin d'aération. Ainsi, une aération optimale est essentielle dans les espaces ventilés par ouverture des fenêtres. Un emploi du temps fixe ou des appareils de mesure du CO₂ adaptés et correctement positionnés peuvent ainsi être utiles pour savoir quand aérer. Dans les deux cas, il importe de toujours aérer de manière efficace, régulière et suffisante. S'agissant des pièces ventilées au moyen d'installations mécaniques, la performance de l'installation doit être examinée et son exploitation adaptée aux recommandations visant à mieux prévenir les infections.



Qualité de l'air ambiant et aération

L'être humain émet plus de 3000 substances dans les espaces fermés, en respirant ou par voie cutanée, notamment du dioxyde de carbone (CO₂ dans l'air expiré). À celles-ci s'ajoutent des matières issues des vêtements et des produits de soin du corps ainsi que des particules (p. ex. squames), des bactéries et des virus. Les matériaux et le mobilier se trouvant dans une pièce peuvent également libérer de petites quantités de substances dans l'air.

Afin que l'air vicié, ou « consommé », ne s'accumule pas dans une pièce en détériorant progressivement la qualité de l'air ambiant, il doit être évacué grâce à une aération répétée et remplacé par une quantité correspondante d'air frais provenant de l'extérieur.

Les enveloppes des bâtiments sont généralement étanches et conçues de manière à rendre quasiment impossible tout échange naturel d'air au travers de fuites (infiltration naturelle). Lorsque plusieurs personnes se trouvent dans une pièce qui n'est aérée qu'en ouvrant les fenêtres, la qualité de l'air se détériore particulièrement vite si ces fenêtres restent fermées, et les virus et bactéries peuvent alors se multiplier rapidement.

Aération et santé

De nombreuses études scientifiques ont permis d'examiner le lien entre le degré d'aération des espaces fermés et les conséquences pour les personnes se trouvant dans ces espaces. Leurs conclusions étaient les suivantes :

Lorsqu'une pièce est mieux aérée,

- la qualité de l'air ambiant est jugée comme meilleure par les personnes qui entrent dans cette pièce,
- les problèmes de santé non spécifiques tels qu'une irritation des muqueuses, les maux de têtes et la fatigue sont plus rarement signalés,
- les symptômes que présentent les personnes atteintes de maladies respiratoires telles que l'asthme sont moins graves,
- la productivité sur le lieu de travail ainsi que les performances intellectuelles dans les écoles sont meilleures.

Une bonne aération des pièces peut limiter la circulation des maladies infectieuses transmises par voie aérienne. Avant même la pandémie de COVID-19, de nombreuses études¹ ont révélé les liens entre une faible aération et un taux de transmission plus élevé de maladies infectieuses telles que la rougeole, la varicelle, la tuberculose, la grippe et le SRAS. Dans le contexte actuel de la pandémie de COVID-19, il a également été constaté que le risque de transmission du coronavirus était particulièrement élevé dans les pièces densément occupées et mal ventilées.

Des règles particulières s'appliquent sur le lieu de travail afin de garantir une aération suffisante pour protéger la santé des occupants (cf. encadré « Aération sur le lieu de travail »).

Aération et COVID-19

Le coronavirus SARS-CoV-2 se transmet majoritairement par voie aérienne, bien qu'une quantification précise ne soit pas possible. Il est présent dans les gouttelettes respiratoires (en physique, on parle

¹ Pour des informations générales sur l'aération et les maladies infectieuses, cf. p. ex. : <https://iaqscience.lbl.gov/air-infections-control-strategies-building-ventilation>

d'aérosols²) de taille variable qui sont libérées dans l'air par les personnes infectées, non seulement lorsqu'elles respirent mais aussi et en particulier lorsqu'elles parlent, chantent, toussent et éternuent. Bien que les plus grosses gouttelettes retombent rapidement au sol à de faibles distances (env. 1,5 m), les toutes petites gouttelettes, qu'on appelle alors noyaux de condensation ou aérosols, flottent longuement dans l'air et se dispersent dans les pièces fermées. La concentration de gouttelettes et d'aérosols, et par conséquent le risque de contamination, est le plus important à proximité des personnes infectées. Lorsque la distance par rapport à ces personnes augmente, les concentrations diminuent rapidement et les aérosols restants sont considérablement dilués dans l'air ambiant. Le risque de contamination est donc nettement inférieur à celui observé à proximité d'une personne infectée.

Dans une pièce fermée mal ventilée en revanche, les aérosols infectieux se multiplient dans l'air. Cette situation peut donner lieu à la contamination de plusieurs personnes, en particulier si celles-ci se trouvent dans la pièce pendant un long moment. Il importe de réduire ce risque de contamination sur de plus longues distances. Garantir une bonne aération est la mesure primordiale à cet égard.

Cependant, face à l'émergence de variants de plus en plus contagieux du virus SARS-CoV-2 (p. ex. les variants Omicron BA.2 et BA.5), cette mesure se heurte à des limites pratiques. Certaines situations posent problème, notamment celles dans lesquelles plusieurs personnes infectées se trouvent dans une pièce ou que des activités impliquant une forte excrétion du virus doivent avoir lieu, telles que parler fort et fréquemment, chanter, jouer des instruments à vent ou effectuer des exercices physiques intenses (fitness, sport). Dans ces situations, la charge virale dans l'air ambiant peut atteindre un tel niveau qu'il est difficile de la faire baisser suffisamment au moyen d'une aération renforcée. Il peut alors s'avérer nécessaire de prendre des mesures supplémentaires, en fonction de la situation épidémiologique locale, à savoir notamment : le port du masque et éventuellement des purificateurs d'air équipés de filtres³ efficaces ou des dispositifs/appareils professionnels de désinfection de l'air par rayonnement UV-C.

Il ne faut pas oublier que des mesures aérauliques telles qu'une ventilation renforcée ou l'utilisation de purificateurs d'air ne permettent pas de prévenir une contamination due à un contact étroit avec les personnes atteintes du virus (conversation, etc.). Ainsi, seule une combinaison de mesures peut contribuer à endiguer efficacement les vagues de transmission du SARS-CoV-2 au sein de la population. En outre, le degré d'immunisation de la population joue également un rôle déterminant en ce sens.

Bien aérer

En Suisse, de nombreux immeubles ne peuvent être aérés qu'en ouvrant les fenêtres. La qualité de l'air ambiant se détériore alors rapidement. Les occupants d'une pièce ne peuvent cependant pas percevoir immédiatement une détérioration continue et ne réalisent donc pas non plus à quel moment la pièce doit être aérée. En outre, il est difficile pour elles de savoir dans quelle mesure la qualité de l'air a pu être améliorée une fois la pièce aérée, ou si la durée d'aération a permis de renouveler intégralement l'air. Lorsqu'un flux d'air froid provenant de l'extérieur pénètre dans une pièce, on a rapidement une sensation de « fraîcheur » qui s'accompagne du besoin de refermer rapidement la fenêtre en raison de la chute de température. Par conséquent, une aération effectuée en fonction du « ressenti » est généralement insuffisante, et il est recommandé de recourir plutôt à un horaire (p. ex. un horaire d'aération⁴ dans les écoles ou une règle générale à suivre).

² En physique, on entend par aérosols des mélanges entre des particules solides ou liquides (« particules en suspension ») dans un gaz ou un mélange de gaz tel que l'air. Les aérosols peuvent mesurer entre un nanomètre et plusieurs centaines de micromètres. Dans le contexte des maladies infectieuses, le terme « aérosol » est toutefois encore souvent employé en lien avec la taille (p. ex. moins de 5 micromètres) et distingué du terme « gouttelette », bien que les passages d'un terme à l'autre soient courants.

³ Pour des informations et recommandations à ce sujet, cf. https://www.bag.admin.ch/dam/bag/fr/dokumente/mt/k-und-i/aktuelle-ausbrueche-pandemien/2019-nCoV/luftfiltergeraete_bekaempfung_coronavirus_20211026.pdf.download.pdf/Apareils%20de%20filtrage%20de%20l'air%20pur%20lutter%20contre%20le%20coronavirus.pdf

⁴ www.simaria.ch est un outil simple permettant d'établir des horaires d'aération

Il est également possible d'utiliser un appareil de mesure du CO₂ qui se substituerait aux sensations trompeuses des occupants de la pièce et permettrait d'identifier en temps voulu la nécessité d'aérer. Le recours à un tel appareil est particulièrement judicieux dans les pièces où se trouvent plusieurs personnes, ou dans lesquelles se succèdent différents groupes de personnes. Dans les pièces occupées par le même nombre de personnes, un appareil de mesure du CO₂ permet également de mettre en place une routine d'aération adaptée à l'utilisation de la pièce durant la période de chauffage.

Dans les pièces à ventilation mécanique, il n'est pas nécessaire d'ouvrir les fenêtres selon un horaire d'aération régulier ou d'utiliser un appareil de mesure du CO₂ (cf. section sur les Pièces à ventilation mécanique).

Règles générales pour les pièces aérées en ouvrant les fenêtres

- *aérer efficacement* : Pendant l'aération, toutes les fenêtres sont toujours entièrement ouvertes ; dans la mesure du possible, aérer par courant d'air (en ouvrant les fenêtres qui sont face à face ; dans les salles de classe, maintenir ouverte la porte de la salle ainsi que les fenêtres se trouvant dans les couloirs).
De cette manière, l'air consommé pourra rapidement être remplacé par de l'air frais issu de l'extérieur, et les différentes parties du bâtiment ne refroidiront pas, ce qui permettra de minimiser la perte d'énergie.
- *démarrer avec de l'air frais* : Aérer généreusement la pièce avant son utilisation le matin et après la pause de midi.
- *aérer régulièrement* : Pour une bonne qualité de l'air ambiant, aérer toutes les heures ; dans les pièces où se trouvent plusieurs personnes, aérer deux fois par heure si possible.⁵ Les salles de classe ont tout particulièrement besoin d'une quantité généreuse d'air frais. Dans la mesure du possible, elles devraient être aérées toutes les 20 à 25 minutes.
- *aérer pendant une durée suffisante* :
Une durée d'aération d'au moins 5 minutes est recommandée pendant la période de chauffage. Lors de journées très froides ou venteuses, ou si la pièce est ventilée par courant d'air, cette durée peut être réduite à 3 minutes au minimum.
S'agissant des salles de classe, il est en outre recommandé d'utiliser les longues pauses de la matinée et de l'après-midi pour aérer généreusement les locaux.

Logements aérés en ouvrant les fenêtres

- *Aérer efficacement et par courant d'air* l'ensemble du logement le matin, à midi et avant d'aller se coucher.
- *Aérer efficacement, régulièrement et suffisamment longtemps* les pièces qui sont occupées longtemps et/ou par plusieurs personnes (p. ex. salle de séjour ou espace de télétravail) conformément aux recommandations énoncées ci-dessus.
- Il est conseillé d'éviter de laisser les fenêtres ouvertes ou en position basculée toute la nuit car cette méthode conduit à des pertes importantes d'énergie. Aérer l'ensemble du logement le soir avant d'aller se coucher. En laissant la porte de la chambre entrouverte d'au moins 10 cm, il est possible de maintenir la qualité de l'air dans la chambre jusqu'au matin en profitant du réservoir d'air frais issu de l'extérieur qui se trouve dans le reste du logement.
- COVID-19 : si une personne doit s'isoler au sein d'un foyer, la porte de sa chambre doit rester constamment fermée et la pièce doit être régulièrement et généreusement aérée.

⁵ Il est possible de calculer les intervalles d'aération adaptés pour différents types d'utilisation, de tailles de pièce et de taux d'occupation p. ex. à l'aide de l'outil de l'association allemande pour l'alimentation et la restauration (BGN) : <https://www.bgn.de/lueftungsrechner>

Aération en ouvrant les fenêtres et utilisation complémentaire d'un appareil de mesure du CO₂

- Respecter les consignes générales en matière d'aération : constamment *aérer de manière efficace* et commencer à utiliser une pièce lorsqu'elle a préalablement été *entièrement aérée*.
- *aérer régulièrement* : Idéalement, aérer lorsque la concentration de CO₂ dépasse les 1000 ppm, au plus tard lorsqu'elle atteint les 1400 ppm. Pour une meilleure protection contre la transmission du coronavirus, en particulier lorsque le niveau de circulation du virus au sein de la population est important, il convient de ne pas dépasser le seuil des 1000 ppm.
Concernant les appareils qui affichent uniquement des voyants colorés et non le taux exact de CO₂ : vérifier à partir de quelle concentration le voyant passe au « jaune » ou au « rouge », ou une alarme retentit. Ajuster les paramètres de l'appareil si nécessaire.
- *aérer suffisamment longtemps* : Idéalement, aérer jusqu'à ce que la concentration de CO₂ soit redescendue sous la barre des 500 ppm. Pour les appareils qui n'indiquent pas le taux exact de CO₂ : respecter la durée d'aération recommandée (voir les règles générales en matière d'aération). Attention : si les fenêtres sont refermées dès que l'appareil affiche un voyant « vert », il se peut que la concentration de CO₂ ne soit, suivant les paramètres qui régissent le changement de couleur, redescendue que sous la barre des 800 ppm p. ex. La concentration peut alors rapidement remonter (voyant « jaune », puis « rouge ») et nécessiter une nouvelle aération après un court laps de temps. Il peut être utile, dans ce contexte, de paramétrer des valeurs plus basses pour le changement de couleur (« vert » à « jaune »). Étant donné que le voyant sera alors la plupart du temps sur « jaune », les utilisateurs devraient en être informés.

Aération sur le lieu de travail

En vertu de l'art. 6 de la loi sur le travail, les employeurs sont tenus de garantir la protection de la santé de leurs employés sur le lieu de travail (RS 822.11). Le SECO est le service de la Confédération auquel incombe la protection des travailleurs (art. 75 OLT 1), et les offices cantonaux de l'inspection du travail sont chargés de surveiller la mise en œuvre de la loi sur le travail dans les entreprises. L'aération sur le lieu de travail est régie par les dispositions légales existantes issues des [commentaires de l'ordonnance 3](#) relative à la loi sur le travail, en particulier l'art. 16 (climat des locaux), l'art. 17 (ventilation) et l'art. 18 (pollution de l'air).

Dans les locaux dotés de postes de travail fixes, une ventilation naturelle ou mécanique doit assurer un échange d'air suffisant. L'employeur doit prendre des mesures en vue de protéger les employés de la transmission d'agents pathogènes en suspension dans l'air.

- Dans les espaces de travail à ventilation naturelle, le renouvellement de l'air doit être garanti par une aération manuelle régulière tenant compte du volume de la pièce, de son taux d'occupation et de l'activité effectuée dans la pièce. L'efficacité de la ventilation naturelle dépend, en dehors de la surface des fenêtres pouvant être ouvertes, de la différence entre la température de la pièce et la température extérieure. Dans ce contexte, la marche à suivre doit être adaptée aux conditions saisonnières (p. ex. pauses d'aération courtes et intenses en hiver, aération par courant d'air et ouverture de toutes les fenêtres pendant la mi-saison. Pour des raisons de consommation d'énergie, une aération continue en laissant les fenêtres en position basculée n'est envisageable qu'en été). Un appareil de mesure du CO₂ peut être utile pour déterminer le moment où une pièce devra être aérée.
- Pour les pièces à ventilation mécanique, les règles fixées par les normes SN 546382/1 « Installations de ventilation et de climatisation - Bases générales et performances requises » et SN 520180 « Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments » s'appliquent. S'agissant des différents types d'utilisation des pièces, il convient de consulter les données relatives au débit d'air extérieur de la norme SNR 592024. Le respect de ces règles doit permettre d'atteindre une qualité de l'air moyenne à bonne.

Les informations contenues dans le document « [Protection contre le risque de transmission d'agents pathogènes par voie aérienne](#) » sont destinées aux professionnels afin de les aider à déterminer les mesures appropriées sur le lieu de travail et de réduire le risque de transmission.

Informations concernant les appareils de mesure du CO₂

Le CO₂, un indicateur de la qualité de l'air et du degré d'aération

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un composant naturel de l'atmosphère terrestre. La teneur en CO₂ de l'air extérieur se situe aujourd'hui autour de 0,04 vol. % (400 ppm), et cette concentration augmente constamment en raison des émissions issues de la combustion d'énergies fossiles. Dans une pièce non occupée ou entièrement aérée, la concentration de CO₂ est similaire à celle de l'air extérieur (400-500 ppm). Dans une pièce occupée, elle augmente en raison du CO₂ expiré par l'organisme des personnes présentes dans la pièce. Le taux de CO₂ peut alors être plusieurs fois supérieur à celui de l'extérieur. Le CO₂ dans un espace fermé reste stable et ne peut être évacué qu'en aérant la pièce. La teneur en CO₂ dans une pièce occupée est donc non seulement un indicateur simple et approximatif de la pollution de l'air causée par les personnes, et donc de la qualité de l'air ambiant, mais aussi un indicateur du degré d'aération d'une pièce occupée.⁶

Lorsqu'une pièce est aérée en ouvrant les fenêtres, la concentration de CO₂ peut fortement fluctuer, chutant à des valeurs basses après l'aération, qui augmentent à nouveau continuellement jusqu'à la prochaine aération. La vitesse et le degré d'augmentation du taux de CO₂ par la suite dépendent de l'occupation de la pièce par rapport à sa taille et du temps écoulé avant que la pièce ne soit à nouveau aérée. La vitesse et le degré de diminution du taux de CO₂ lors de l'aération dépendent du degré et de l'efficacité du renouvellement de l'air (surface des fenêtres ouvertes, courant d'air, différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, durée d'aération). Dans les pièces densément occupées qui ne sont pas correctement aérées, la teneur en CO₂ peut atteindre plus de 2000 ppm. Compte tenu des critères relatifs à la qualité de l'air, les valeurs supérieures à 2000 ppm sont inacceptables.⁷

Dans les pièces à ventilation mécanique en revanche, la concentration de CO₂ augmente légèrement au début de la période d'occupation de la pièce, puis reste plus ou moins stable. La norme SIA 382/1:2014 « Installations de ventilation et de climatisation - Bases générales et performances requises »⁸ s'applique pour les bâtiments à ventilation mécanique. Cette norme définit les classes d'air ambiant et les débits d'air extérieur correspondants qui sont nécessaires. Dans les pièces occupées conformément à l'usage prévu, la norme veut que les concentrations de CO₂ soient maintenues entre 1000 ppm et 1400 ppm (catégorie de qualité d'air intérieur INT 3), et s'il s'agit de pièces répondant à des exigences accrues, en dessous de 1000 ppm (catégorie de qualité d'air intérieur INT 2). Le critère ciblé est la qualité de l'air ambiant ressentie (pollution issue du métabolisme des personnes se trouvant dans la pièce).

Concentration de CO₂ et COVID-19

Pour réduire le risque de transmission aérienne du coronavirus et d'autres maladies infectieuses telles que la grippe, il est important de bien aérer les espaces fermés. Les pièces occupées sont bien aérées lorsque les taux de CO₂ se situent la majorité du temps en dessous de 1000 ppm.

Il convient de noter que la concentration de CO₂ n'est pas un indicateur exact du risque de transmission dans un espace fermé. L'ensemble des personnes présentes dans une pièce expirent du CO₂, mais toutes n'émettent pas d'aérosols infectieux, et les personnes infectées dispersent des quantités très variables de virus suivant leur degré de production et d'excrétion du virus. Le degré d'excrétion du virus dépend fortement des activités effectuées telles que parler d'une voix forte, chanter, faire de

⁶ Cette corrélation s'applique en principe pour la différence entre la concentration de CO₂ dans la pièce et la concentration de CO₂ à l'extérieur, et uniquement en l'absence d'autres sources de CO₂ dans la pièce telles que p. ex. une cuisinière à gaz ou d'autres dispositifs de combustion non négligeables qui seraient en fonctionnement. Dans la pratique, le taux de CO₂ de l'air extérieur (qui se situe aux alentours de 400 ppm) est le plus souvent déjà pris en compte, et la concentration de CO₂ dans la pièce est directement utilisée comme indicateur.

⁷ Il s'agit là d'une évaluation générale du niveau d'hygiène de l'air ambiant et non d'une valeur de référence ou d'une valeur seuil toxicologique. La norme SIA 180:2014 « Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments » indique généralement une plage de 1000 à 2000 ppm de CO₂ ne devant pas être dépassée. Pour les pièces ventilées mécaniquement, la norme de ventilation SIA 382/1 s'applique.

⁸ Pour les bâtiments résidentiels, la norme SIA 382/5:2021 s'applique avec les mêmes exigences relatives à la qualité de l'air ambiant.

l'exercice physique intense ou tousser et éternuer. En outre, la distance entre les personnes influe grandement sur le risque de contamination. Il n'est donc pas possible de qualifier une pièce de « sûre » en matière de contamination en se fondant uniquement sur la concentration de CO₂.

Les mesures supplémentaires visant à réduire le risque d'infection dans les espaces fermés, comme le port du masque, les purificateurs d'air équipés de filtres efficaces ou les dispositifs/appareils professionnels de désinfection de l'air par rayonnement UV-C n'ont pas d'influence sur la concentration en CO₂ dans la pièce.

Sélection des appareils de mesure du CO₂

Appareils et types d'appareils

Il existe, sur le marché, différents appareils pour mesurer la concentration de CO₂ dans les espaces clos. La plupart d'entre eux indiquent une valeur mesurée de CO₂, la température ambiante et l'humidité relative de l'air. Les grands écrans faciles à lire sont une option idéale.

La plupart des appareils disposent en outre d'un affichage couleur avec des voyants vert, jaune et rouge et/ou une alarme sonore.⁹ Il existe cependant d'autres appareils uniquement équipés d'un affichage couleur. Le changement de couleur peut être paramétré à différents niveaux suivant l'appareil (p. ex. passage du « jaune » au « rouge » à 1200, 1400 ou 2000 ppm ; passage du « jaune » au « vert » à 800 ou 1000 ppm). Le changement de couleur doit pouvoir être paramétré manuellement. Si l'appareil dispose d'une alarme sonore, celle-ci doit également pouvoir être paramétrée et activée/désactivée manuellement.

La plupart des appareils de mesure du CO₂ fonctionnent à l'aide d'un capteur de type NDIR (capteur infrarouge non dispersif). Il s'agit de capteurs de pointe, fiables, stables en termes de mesure et durables (leur durée de vie est généralement de 10 à 15 ans). Les capteurs équipés d'un double faisceau NDIR tendent à être plus fiables. Il existe également des capteurs photo-acoustiques (PAS) dont les caractéristiques sont similaires et qui se distinguent par un format nettement plus petit et compact.¹⁰

Certains appareils moins chers fonctionnent au moyen de capteurs qui ne mesurent pas directement le CO₂, mais qui s'appuient notamment sur la présence d'alcools et d'autres substances volatiles (capteurs de gaz à oxydes métalliques semi-conducteurs). Ceux-ci peuvent indiquer des valeurs qui divergent parfois considérablement de la concentration réelle de CO₂ dans l'air, et sont moins adaptés en tant qu'appareils de mesure du CO₂.¹¹

Précision des mesures

La Haute école spécialisée de Lucerne *Technique et architecture* a analysé la précision des mesures de différents appareils disponibles sur le marché suisse à différents niveaux de concentration de CO₂.¹² Alors que la plupart des appareils affichaient des mesures précises, avec des divergences de moins de 10 % par rapport au gaz de référence, certains révélaient des écarts considérables (jusqu'à

⁹ Les affichages en couleur ou les alarmes sonores dépendent toujours des valeurs mesurées indiquées par l'appareil ; celles-ci peuvent potentiellement différer de la concentration réelle de CO₂ (précision des mesures).

¹⁰ Pour une précision maximale, le capteur doit pouvoir tenir compte de la température et du degré d'humidité.

¹¹ De tels capteurs détectent notamment les substances volatiles et les odeurs émises par le métabolisme des personnes, et indiquent ainsi une estimation sommaire de la qualité de l'air ambiant, p. ex. si un grand nombre de personnes se trouve dans la pièce. Le lien avec la concentration de CO₂ peut toutefois varier et être perturbé par d'autres émissions dans la pièce qui ne proviennent pas des personnes.

¹² Lien vers le rapport (indisponible pour le moment)

100 %). Les auteurs de l'étude recommandent de consulter les tests des produits avant tout achat et d'exiger des rapports d'analyse indépendants avant toute acquisition en grande quantité.¹³

Étalonnage

Tout comme de nombreux appareils de mesure électroniques, les appareils de mesure du CO₂ subissent également une dérive (*drift*) au fil du temps, c'est-à-dire que la mesure affichée diffère de plus en plus de la concentration réelle.¹⁴ Par conséquent, les appareils de mesure du CO₂ doivent régulièrement être ajustés (on parle également, en termes courants, « d'étalonnage »). Suivant le modèle, cet ajustement peut être réalisé automatiquement par un système électronique interne (p. ex. principe de mesure à double faisceau), manuellement par l'utilisateur ou automatiquement au moyen d'une méthode de calcul prédéfinie (p. ex. analyse ABC). La plupart des appareils de mesure du CO₂ sont équipés d'un système d'ajustement automatique suivant la logique ABC.

Recommandations pour un emploi adéquat de l'appareil de mesure du CO₂ :

- Pour les appareils s'appuyant sur une analyse ABC, l'appareil de mesure doit être suffisamment exposé à l'air extérieur une fois par semaine. Dans l'idéal, il faudrait le placer à l'extérieur ou sur le rebord d'une fenêtre ouverte pendant un certain temps. Il est également possible d'aérer la pièce dans laquelle se trouve l'appareil de mesure pendant 15 à 20 minutes en ouvrant la fenêtre et en veillant à ce que la pièce ne soit pas occupée.
- Si un ajustement manuel est possible en complément, celui-ci doit de préférence être effectué tous les trois mois, conformément aux instructions du fabricant.

Adéquation

Les appareils de mesure du CO₂ aident à mieux aérer les pièces équipées de fenêtres. Leur utilisation est particulièrement judicieuse dans les pièces où des groupes de personnes se trouvent ou se succèdent sur de longues périodes, telles que les salles de classe, les salles communes dans les maisons pour personnes âgées, les salles de réunion, les bureaux, les salles de pause et les salles d'attente des cabinets médicaux et des offices.

Dans les locaux très spacieux ou les pièces faiblement occupées, le CO₂ est moins adapté en tant qu'indicateur pour la ventilation. Si d'autres sources de CO₂ se trouvent dans la pièce (procédé de combustion, brûleur à gaz ouvert, cuisinière à gaz), ces émissions seront également prises en compte par l'appareil de mesure.

Dans les pièces ventilées mécaniquement, un appareil de mesure du CO₂ permet d'examiner si le système d'aération offre une performance suffisante ou est bien paramétré lorsque la pièce est moyennement ou densément occupée. Il se peut qu'un ajustement des paramètres de fonctionnement du système de ventilation soit nécessaire (cf. section sur les pièces ventilées mécaniquement).

Lieu d'installation

L'air mesuré doit être le plus représentatif possible de l'air se trouvant dans le reste de la pièce. Un appareil de mesure sera donc idéalement placé au centre de la pièce. Si ce positionnement est impossible, il est recommandé de placer l'appareil à un endroit bien visible, à une hauteur d'env. 1,5 m et à

¹³ Différents magazines de consommateurs tels que SRF Kassensturz ou Stiftung Warentest en Allemagne ont réalisé des tests de ce type, cf. <https://www.srf.ch/news/panorama/gegen-corona-co2-messgeraete-im-test-wirksam-gegen-viren-und-dicke-luft>
<https://www.test.de/CO2-Messgeraete-und-CO2-Ampeln-im-Test-5709239-5709248/>
<https://www.rtl.de/vergleiche/heimwerken/co2-messgeraet-test/>

¹⁴ Dans les appareils de mesure, la dérive (*drift*) désigne la variation progressive de la grandeur de sortie qui n'est pas liée à la grandeur d'entrée.

au moins 50 cm du mur suivant. L'appareil ne doit pas se trouver à proximité de portes, de fenêtres (distance d'au moins 1 m par rapport aux fenêtres) ou derrière des rideaux, et ne doit pas être directement exposé à l'air expiré par les personnes se trouvant dans la pièce (p. ex. sur des bureaux).

Limites de l'aération par les fenêtres et nécessité d'un concept de ventilation

Dans les pièces qui ne sont aérées qu'en ouvrant les fenêtres, le degré d'aération et, par conséquent, la qualité de l'air dépendent uniquement du comportement des utilisateurs de la pièce. Cela représente une grande difficulté si une pièce est densément occupée, car celle-ci aura besoin de beaucoup d'air frais et devra donc être aérée en conséquence. Il n'est pas simple d'acquiescer les bonnes habitudes nécessaires en matière d'aération. Les problèmes liés au confort des occupants lorsque des courants d'air froid pénètrent dans la pièce par temps frais, et à la brève chute de la température ambiante sont des obstacles notables. Les nuisances sonores provenant de l'extérieur constituent une autre difficulté. Il est particulièrement important de tenir compte également des déperditions thermiques par renouvellement d'air, qui engendrent un conflit entre le besoin d'aérer de manière adéquate et celui d'économiser de l'énergie (cf. encadré « Considérations énergétiques concernant l'aération des pièces »). Il n'est donc pas étonnant que la qualité de l'air dans les pièces aérées par ouverture des fenêtres soit souvent insuffisante. On observe tout particulièrement cette situation dans les pièces densément occupées telles que les salles de classe¹⁵.

Les objectifs fixés en matière de qualité de l'air peuvent considérablement influencer sur le comportement d'aération nécessaire pour les atteindre. En effet, des exigences plus élevées quant à la qualité de l'air ambiant impliquent un renouvellement d'air largement supérieur et par conséquent une aération beaucoup plus fréquente. Par exemple, pour maintenir une concentration de CO₂ (en cas de faible activité) de 1400 ppm ±50 ppm, le débit d'air extérieur devrait être de 19 à 21 m³ par personne et par heure, de 30 à 36 m³ pour une concentration de 1000 ppm ±50 ppm et de 44 à 57 m³ pour une concentration de 800 ppm ±50 ppm. À plus long terme, il n'est pas possible de respecter des exigences élevées uniquement en ouvrant les fenêtres pour aérer des pièces densément occupées telles que des salles de classe. Il est impératif que le secteur du bâtiment et de la technique du bâtiment apportent leur contribution : un concept de ventilation fonctionnel doit être élaboré et mis en œuvre afin que la responsabilité de l'aération repose moins, sinon plus du tout sur les utilisateurs. L'aération doit avoir lieu de manière contrôlée. En d'autres termes, il conviendrait d'avoir recours à des systèmes d'aération mécanique.¹⁶

¹⁵ Pour cette raison, l'OFSP a lancé en 2019 la campagne d'information « Air frais, idées claires » afin de diffuser des informations concernant les problèmes d'aération dans les salles de classe et formuler des recommandations aussi bien à l'adresse des écoles que des maîtres d'ouvrage : <https://www.schulen-lueften.ch/fr>

¹⁶ Différents exemples concrets concernant l'aération dans les écoles sont présentés sur la page <https://www.schulen-lueften.ch/fr/maitres-de-ouvrage/exemples-concrets>

Considérations énergétiques concernant l'aération des pièces

Le parc immobilier consomme environ 45 % des besoins en énergie de la Suisse et représente près d'un tiers des émissions de gaz à effet de serre. La plupart de la consommation d'énergie est imputable au chauffage. En vue d'une réduction nécessaire de la consommation d'énergie pour le chauffage, l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments est constamment améliorée, et des chauffages à énergie renouvelables remplacent ceux à énergie fossile.

En conséquence, l'impact relatif des déperditions thermiques par renouvellement de l'air augmente. Dans les bâtiments chauffés au moyen d'énergies fossiles (en 2022, il s'agit encore d'environ 900 000 bâtiments), les émissions de gaz à effet de serre correspondantes sont considérables. Les déperditions thermiques par renouvellement d'air doivent être limitées en vue de réduire davantage ces émissions.

En outre, pendant la période de chauffage, une efficacité énergétique élevée est particulièrement importante pour des raisons de sécurité de l'approvisionnement.

Il est possible pour les systèmes d'aération de récupérer de la chaleur issue de l'air évacué en alimentant directement l'air fourni avec l'énergie issue de l'air chaud évacué, qui permet de préchauffer l'air fourni. Le rendement de ce procédé se situe généralement au-dessus de 80 %. Le besoin de chaleur de chauffage diminue ainsi de plus d'un tiers. Lorsque, en période de pandémie, le besoin de ventilation est plus important, la récupération de chaleur permet de réduire encore le besoin de chauffage.

Si des locaux sont aérés naturellement en ouvrant les fenêtres, aucune récupération de chaleur n'est possible. Le besoin de chaleur de chauffage augmente alors considérablement, y compris lorsque le renouvellement d'air est plus élevé. En période de chauffage, il importe de ne pas laisser les fenêtres ouvertes en permanence (fenêtres basculantes), mais d'aérer par intermittence aussi efficacement que possible. Cette méthode permet d'éviter que les différentes parties du bâtiment ne refroidissent et ne doivent alors être à nouveau réchauffées avec un apport d'énergie supplémentaire. Il n'est pas envisageable de renoncer au renouvellement de l'air, indispensable pour des raisons d'hygiène et de santé.

Les espaces fermés sont souvent chauffés à plus de 23°C. Abaisser la température d'1°C permet d'économiser environ 6 à 10 % d'énergie pour le chauffage. Pour une meilleure ventilation, il est par conséquent recommandé, en complément, de vérifier la température ambiante et de l'abaisser à 20 à 22°C au maximum. Dans les bâtiments publics, p. ex. dans les écoles, les vannes thermostatiques manuelles permettent d'appliquer ce qu'on appelle le « modèle agréé ». Il est aussi possible de placer directement un clip de limitation sur certains modèles existants. Ces deux solutions permettent ainsi de limiter le réglage de la température.¹⁷

Pièces à ventilation mécanique

À l'heure actuelle, un nombre croissant de bâtiments et de locaux sont équipés d'une installation de ventilation mécanique, notamment tous les bâtiments d'habitation et les bâtiments fonctionnels certifiés Minergie, les grands immeubles de bureaux, les établissements de restauration, les locaux à usage spécial tels que les centres de fitness, les salles de sport, les centres commerciaux, les théâtres, les halls d'exposition, les bâtiments de laboratoires, mais aussi certains locaux scolaires neufs ou assainis. Les dispositifs et appareils de ventilation permettent alors de veiller à ce que les locaux soient suffisamment ventilés en permanence, sans que les utilisateurs de la pièce n'aient besoin d'ouvrir les fenêtres. La ventilation mécanique est ainsi adaptée au degré d'occupation et au type d'utilisation de la pièce. Dans la pratique, ce dispositif donne lieu à une qualité nettement meilleure de l'air ambiant qu'avec une aération par les fenêtres, en particulier dans les pièces densément occupées. Les fenêtres peuvent également être ouvertes dans les bâtiments à ventilation mécanique (y compris dans les bâtiments Minergie). Cette possibilité présente également des avantages lorsqu'il est recommandé de renouveler davantage l'air en période de pandémie.

¹⁷ SuisseEnergie, Les vannes thermostatiques protègent et limitent la température, <https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/9980>

Outre le fait que l'aération ne dépende plus des occupants des locaux, les bâtiments ou locaux à ventilation mécanique présentent d'autres avantages : les occupants ne sont pas dérangés par le bruit extérieur lors de la ventilation. Grâce à la filtration de l'air extérieur, les particules fines et les allergènes polliniques sont retenus, et la qualité de l'air entrant est bien meilleure qu'en cas d'aération par ouverture des fenêtres. Il importe également de noter que l'efficacité énergétique est bien meilleure : la récupération de chaleur, grâce à laquelle la chaleur de l'air évacué est transférée à l'air fourni, permet de réduire drastiquement la perte d'énergie causée par l'aération. C'est essentiel lorsqu'un renouvellement d'air plus important est nécessaire, ce qui peut être le cas en période de pandémie. Le transfert de chaleur est également avantageux car il renforce le confort thermique de la pièce grâce à un chauffage/refroidissement préalable de l'air fourni. Les prescriptions énergétiques des cantons exigent que les installations de ventilation soient munies de récupérateurs de chaleur.¹⁸

Ventilation mécanique et COVID-19

Compte tenu du fait que les pièces à ventilation mécanique sont continuellement aérées, elles permettent généralement une meilleure protection contre la transmission par voie aérienne des maladies infectieuses que les pièces aérées uniquement en ouvrant les fenêtres. C'est également le cas s'agissant du coronavirus. Les systèmes d'aération eux-mêmes ne présentent pas de risque de transmission et ne doivent en aucun cas être éteints. On peut cependant s'interroger sur la manière dont ils doivent être exploités afin de garantir une meilleure protection contre la transmission des virus sur de longues distances dans les espaces fermés.

Exploitants professionnels

Au printemps 2020, la Fédération des associations européennes de chauffage, de la ventilation et de l'air conditionné REHVA (*Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations*) a publié des lignes directrices relatives à la gestion du SARS-CoV-2. Ces lignes directrices ont été continuellement améliorées suivant les plus récentes connaissances issues de la recherche et de la pratique. En automne 2021, la Société suisse des ingénieurs en technique du bâtiment (DIE PLANER, SICC) a réalisé une traduction officielle en allemand des lignes directrices les plus récentes (version 4.1) et publié le rapport technique TRSWKI VA104-01 :

[https://www.rehva.eu/fileadmin/content/REHVA_COVID19 - Leitfaden V4.1.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/content/REHVA_COVID19_-_Leitfaden_V4.1.pdf)

L'OFSP recommande à tous les exploitants d'immeubles équipés d'installations de ventilation de vérifier la performance de ces installations, de les exploiter conformément aux lignes directrices de la REHVA et, dans la mesure du possible, d'adapter ces installations en conséquence.

Les principes essentiels pour une meilleure protection contre la transmission du SARS-CoV-2 par l'air ambiant sont les suivants :

- Maximiser le débit d'air fourni
- Désactiver temporairement la régulation de la demande du débit d'air fourni ou abaisser les valeurs de consigne de CO₂ à 550 ppm
- Pour les appareils de ventilation/climatisation avec recirculation d'air, veiller à un apport d'air extérieur et, si possible, réduire la part d'air en circulation en faveur de l'apport d'air extérieur ou désactiver temporairement la fonction de recirculation de l'air
- Activer la ventilation au niveau standard au moins 2 heures avant l'occupation des locaux (exploitation en amont) et passer à un niveau de ventilation inférieur pas moins de 2 heures après la période d'occupation de la pièce (exploitation en aval). S'agissant des bâtiments industriels, cette durée peut se limiter à 1 heure avant et après la période d'occupation du bâtiment si l'air est renouvelé 3 fois au cours de cette période.

¹⁸ Cf. MuKE n° 2014, article 1.19.

- Ne désactiver la ventilation ni la nuit ni le week-end, et laisser plutôt fonctionner l'installation au niveau le plus bas.

Habitations Minergie et autres habitations ventilées mécaniquement (aération douce)

Depuis le printemps 2020, l'association Minergie fournit, sur son site Internet, des informations et des recommandations périodiquement mises à jour « Coronavirus et climat intérieur dans un bâtiment Minergie ». La dernière version du document se trouve à l'adresse suivante (document en allemand) : [211215 coronavirus und innenraumklima im minergie-haus de.pdf](https://www.minergie.ch/211215_coronavirus_und_innenraumklima_im_minergie-haus_de.pdf)

Aération par ouverture des fenêtres dans les bâtiments et les pièces à ventilation mécanique

L'ouverture des fenêtres en complément de la ventilation mécanique permet d'améliorer l'aération. Cette mesure est expressément recommandée pendant la pandémie de COVID-19. Lorsque la performance de la ventilation mécanique est insuffisante compte tenu du niveau d'occupation de la pièce et de l'utilisation qui en est faite, et qu'il n'est pas possible de l'augmenter, la pièce doit alors être entièrement et efficacement aérée de temps en temps en ouvrant les fenêtres (si possible avec un courant d'air).