Groupe de travail – OAI

COVID-19 & installations techniques

Mesures pour réduire les risques de propagation actuels et futurs.

Février 2022

OAI
ORDRE DES ARCHITECTES
ET DES INGENIEURS-CONSEILS

Sommaire

Groupe de travail – OAI

Mesures pour réduire les risques de propagation actuels et futurs.

Contexte 3

Voies de transmission du virus SARS-CoV-2 4

Base scientifique et technique 5

Probabilité d'infection 6

Risque de transmission par aérosols augmenté dans certains contextes 7

Lien entre qualité de l'air intérieur et risque de transmission du virus 8

Recommandations 9

Bon à savoir 10

Bâtiments sans ventilation mécanique 11

Bâtiments avec ventilation mécanique 12

Résumé 13

Purificateurs d'air mobiles 14

Autres préconisations 15

Sources, documents et hyperliens 16

Contexte

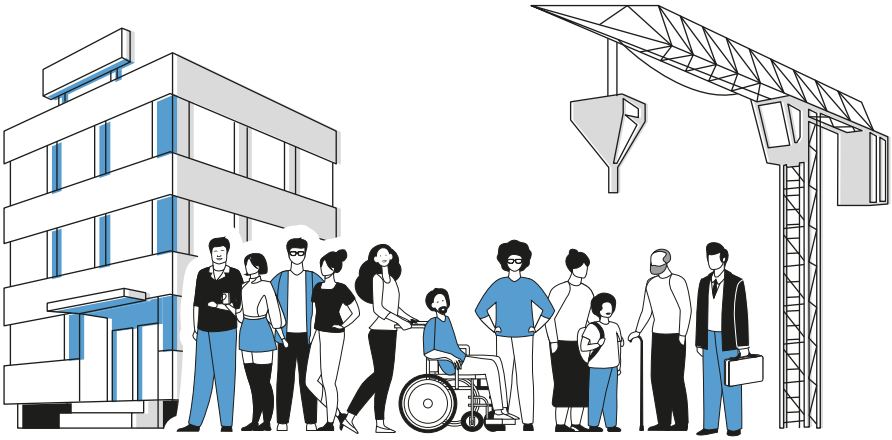
Sur initiative de l'Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils, le ministère de la Santé a chargé un groupe de travail, composé d'acteurs de la santé et du bâtiment, d'élaborer des **recommandations en relation avec les systèmes de ventilation pour réduire le risque de propagation des maladies contagieuses à transmission aérienne.** Celles-ci se basent notamment sur les constats et découvertes faites dans le contexte de la pandémie liée à la COVID-19.

La maladie COVID-19 est causée par le virus SARS-CoV-2 qui peut être transmis d'une personne à l'autre par différentes voies. Les données scientifiques actuellement disponibles soulignent l'importance de la propagation par voie aérienne de la COVID-19 par inhalation d'aérosols, fines particules de virus persistant pendant un certain temps dans l'air.

L'efficacité de la protection contre l'infection est donc étroitement liée à la ventilation des pièces intérieures occupées. Un des enjeux primordiaux pour limiter toute propagation consiste donc à trouver le juste équilibre entre niveau de sécurité sanitaire, qualité de l'air intérieur et niveau élevé de performance énergétique des constructions au Grand-Duché de Luxembourg.

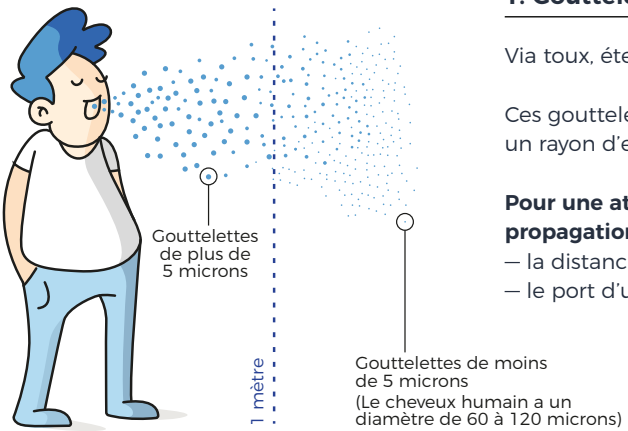
Le présent document contient des recommandations élaborées communément par les différents membres du groupe de travail. Les mesures retenues se basent sur l'état actuel des connaissances et s'alignent sur les mesures et constats faits par des experts, professionnels et services sanitaires nationaux et internationaux.

RECOMMANDATIONS A DESTINATION :
Des bâtiments tertiaires existants et des constructions futures accueillant du public.



Voies de transmission du virus SARS-CoV-2

Les modes de transmission actuellement connus peuvent être distingués en **3 catégories :**



1. Gouttelettes respiratoires

Via toux, éternuement, postillons…

Ces gouttelettes tombent par terre dans un rayon d'environ 1 mètre.

Pour une atténuation des risques de propagation, il faut assurer :
— la distanciation physique,
— le port d'un masque chirurgical.

2. Aérosols

Via toux, éternuement, chant, voix, respiration…

Les plus petites particules persistent et voyagent dans l'air.

Pour une atténuation des risques de propagation, il faut assurer :
— la dilution de la concentration des particules par renouvellement régulier de l'air,
— le port d'un masque chirurgical ou de type FFP2,
— éventuellement, une purification de l'air.

3. Contact direct

En touchant des surfaces contaminées ou des personnes infectées et en portant les mains ainsi contaminées à la bouche, au nez, aux yeux.

Pour une atténuation des risques de propagation, il faut assurer :
— le nettoyage ou la désinfection des mains,
— le nettoyage ou la désinfection régulière des surfaces et des objets fréquemment touchés.

Base scientifique et technique

L'analyse de la **littérature spécialisée** concernant les risques de propagation du virus SARS-CoV-2 a permis d'établir un état de l'art, en particulier quant au rôle de la ventilation.
Les sources des documents analysés peuvent être retrouvées à la fin du document.

Afin d'assurer une protection suffisante en temps de pandémie, les experts (REHVA, FGK, OMS...) se rejoignent pour préconiser **un niveau de qualité de l'air intérieur où le taux de CO_2 reste inférieur à 800-1.000 ppm** dans les pièces occupées. Sur base de la norme **ILNAS-EN 16798-1**, cela correspond au meilleur niveau de qualité de l'air, celui de **catégorie 1**.

Cette norme offre la possibilité de déterminer les catégories de qualité d'air selon 3 méthodes :

Méthode 1

Basée sur la qualité de l'air perçue.
En fonction du % d'insatisfaits et du niveau de pollution.

Méthode 2

Basée sur des valeurs limites de concentration en CO_2.
Voir tableau ci-dessous.

Méthode 3

Basée sur des débits de ventilation prédéfinis.
En fonction de l'occupation ou de la surface.

Catégorie ILNAS-EN 16798-1	Niveau qualité de l'air ILNAS-EN 16798-1	Concentration CO_2 au-dessus de celle extérieure	Concentration absolue en CO_2, hypothèse air extérieur : 450 ppm
1	**Haute**	**+ 550 ppm**	**< 1.000 ppm**
2	Moyenne	+ 800 ppm	< 1.250 ppm
3	Modérée	+ 1350 ppm	< 1.800 ppm
4	Faible	> 1350 ppm	> 1.800 ppm

Seuils méthode 2

Hormis avec la méthode 2 (basée sur les concentrations en CO_2), il est délicat de déterminer les débits de ventilation à planifier pour s'assurer du respect de la catégorie 1. En effet, plusieurs paramètres peuvent rentrer en compte dans les calculs de débit (niveau de pollution du bâtiment, occupation du local, surface du local...). Si l'atteinte de la catégorie 1 de qualité de l'air semble être une bonne base, il est toutefois nécessaire de pouvoir prescrire des préconisations pragmatiques, qui ne dépendent pas de multiples paramètres.

Ceci permettra de fournir aux concepteurs, maîtres d'ouvrage et exploitants une guidance claire pour limiter le risque de propagation du virus, en particulier concernant la transmission par aérosols.

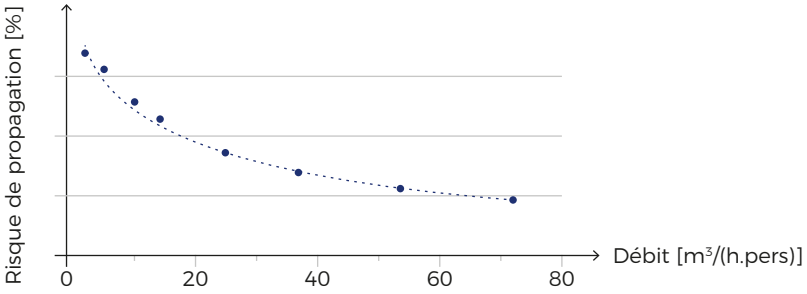
Probabilité d'infection

Dans l'objectif de déterminer des recommandations pratiques relatives à la ventilation, de nombreux cas standards (bureaux cloisonnés, open space, salles de classe, magasins, salles de sport…) ont été analysés avec toutes les méthodes de calcul de la qualité de l'air selon la norme ILNAS-EN 16798-1. **Les débits d'air ainsi obtenus ont ensuite été confrontés à une méthode de calcul de la probabilité d'infection.**

Pour cela, un calculateur Excel développé par la RHEVA – "REHVA COVID-19 Ventilation Calculator for estimation of ventilation effect on COVID-19 airborne infection" – a été utilisé afin d'estimer, pour les cas standards étudiés, les probabilités de risque d'infection.

Ce risque est déterminé sur base d'un modèle type de transmission de maladie par voie aérienne, à savoir le modèle Wells-Riley, qui a été calibré pour la COVID-19.

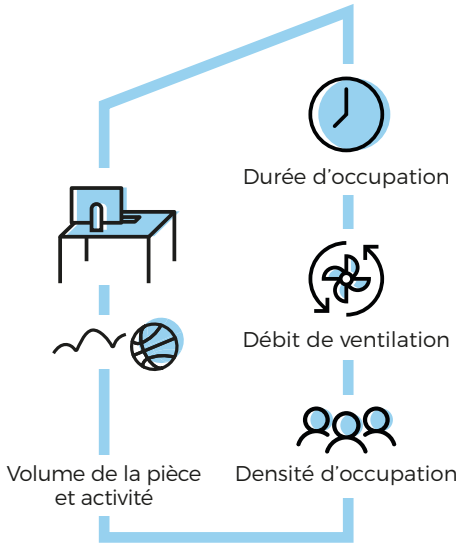
Bien que restant une modélisation théorique, avec ses incertitudes (dose virale émise en fonction de l'activité, hypothèse de distance physique suffisante pour la non prise en compte de la transmission par contact ou gouttelettes, concentration uniforme du virus dans l'espace…), il est important de noter que l'objectif est d'obtenir l'ordre de grandeur des effets en jouant sur différents paramètres.



Tendance de l'évolution du risque de propagation en fonction du débit de ventilation.

Même si cette approche statistique connaît des limites, elle nous permet toutefois d'évaluer l'ordre de grandeur des effets de la ventilation sur la transmission du virus par aérosols. Nous constatons par exemple que le risque 0 n'existe pas, même en négligeant la transmission par contact direct (lavage des mains et surfaces) et par gouttelettes respiratoires (distanciation physique entre les personnes). L'objectif est donc de trouver un optimum entre protection de la santé des occupants et faisabilité technique.

Risque de transmission par aérosols augmenté dans certains contextes



Parmi les paramètres qui influencent le risque d'infection, on retrouve la **densité d'occupation** (nombre de personnes/m²), l'**activité dans la pièce**, la **durée d'occupation**, le **volume de la pièce**, et bien évidemment le **débit de ventilation**. Les calculs ont été réalisés pour des valeurs typiques au Grand-Duché de Luxembourg.

Cette analyse a confirmé **que l'atteinte de la catégorie 1 pour la qualité de l'air est une bonne approche pour limiter la probabilité d'infection à un niveau raisonnablement bas.** Par la suite seront documentées les recommandations qui découlent de ces investigations et raisonnements.

$$p=1-e^{-C_{avg}.Q_b.D}$$

P : Probabilité d'infection.
C_{avg} : Concentration moyenne de virus [quanta/m³]. Un quanta est défini comme quantité de virus en suspension dans l'air nécessaire pour provoquer une infection chez 63% des personnes.
Q_b : Taux de respiration [m³/h]
D : Durée de l'occupation [h]

La concentration de quanta en suspension dans l'air augmente avec le temps à partir d'une valeur initiale de zéro selon une forme " exponentielle moins un ".

$$C_{avg}=\frac{E}{\lambda.V}\cdot\left[1-\frac{1}{\lambda.D}(1-e^{-\lambda.D})\right]$$

E : Taux d'émission de quanta – dépendant de l'activité [quanta/h]
λ : Coefficient de taux de perte de quanta/h dû aux effets additionnés de la ventilation (λv, 1/h), du dépôt sur les surfaces (λdep, 1/h), de la décomposition du virus (k, 1/h) et de la filtration éventuelle par un épurateur d'air portable (kfiltration, 1/h) – non pris en compte ici, λ = λv + λdep + k + kfiltration
V : Volume de la pièce [m³]

Lien entre qualité de l'air intérieur et risque de transmission du virus

Les considérations ci-dessus, ainsi que la littérature spécialisée indiquent que **le risque de transmission de virus comme par exemple le SARS-CoV-2 diminue corolairement avec l'augmentation de la qualité d'air intérieur.**

Un critère permettant d'évaluer la qualité de l'air et pour lequel la mesure, le suivi et le monitoring est aujourd'hui pratique courante est le taux de CO_2 dans l'air. Dans une pièce fermée, une concentration en CO_2 élevée indique un haut degré de confinement qui peut être associé à une concentration importante en aérosols chargés en particules virales.
Il faut toutefois souligner que le taux en CO_2 ne permet d'évaluer la concentration des particules virales aérosolisées que de manière approximative.

Dans certaines situations la quantité d'aérosols pourra augmenter bien plus rapidement que la concentration en CO_2 comme lors d'activités de chant, sportives ou encore en présence d'une personne hautement infectieuse.
Le présent guide vise cependant à donner des consignes simples et faciles à mettre en œuvre. Les recommandations se basent ainsi sur des valeurs limites de CO_2, mesurées à l'intérieur des pièces fermées.

Les gestes barrière et les mesures sanitaires en vigueur en cas de pandémie doivent obligatoirement compléter les recommandations de ce guide.

Lavez-vous régulièrement et correctement les mains à l'eau et au savon.

Evitez de serrer des mains ou de faire la bise.

Evitez les contacts proches avec les personnes malades.

Toussez ou éternuez dans le pli du coude ou un mouchoir en papier.

Portez un masque pour couvrir le nez et la bouche.

En cas de maladie restez à la maison, n'allez pas au travail ou à l'école.

Les principaux gestes barrières

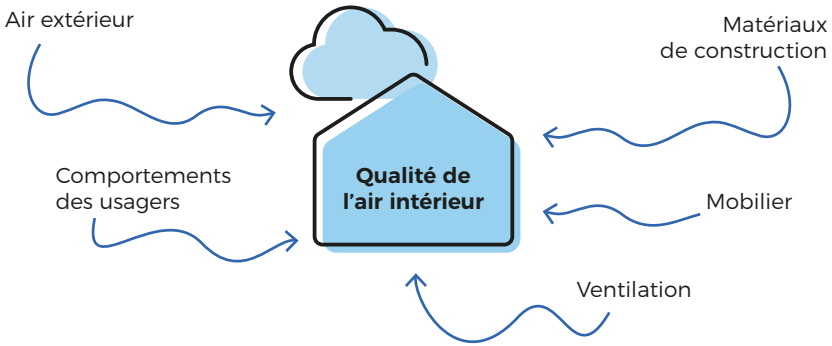
Recommandations

Donner des indications simples et uniformisées est un des objectifs les plus importants de ce guide. **Ainsi, les recommandations suivantes s'appliquent à tous les bâtiments fonctionnels standards :** bâtiments de bureaux, écoles, musées, restaurants, commerces…

Les mesures sont plus particulièrement d'application pour les locaux dans lesquels séjournent plusieurs personnes durant un temps prolongé. Pour les locaux à utilisation sporadique, comme les salles de réunions, elles peuvent être adaptées.

L'apport et le conseil de professionnels du bâtiment comme les architectes, les ingénieurs-conseils et les artisans **restent nécessaires pour concevoir des mesures de protection pertinentes** dans l'exploitation des espaces intérieurs, en particulier **pour les bâtiments fonctionnels avec des activités spécifiques** (efforts physiques intenses, travaux artisanaux, laboratoires…).

A noter qu'au-delà de se prémunir contre la propagation des maladies virales transmissibles par voie aérienne, assurer une bonne qualité de l'air intérieur apporte bien d'autres bénéfices sur la santé. Et les sources de désagrément auxquelles il faut prêter attention sont nombreuses : pollution extérieure via l'air ou le sol, matériaux de construction émettant des substances chimiques, appareils de combustion, équipements de bureaux et de salles de classes, poussières, allergènes, humidité…



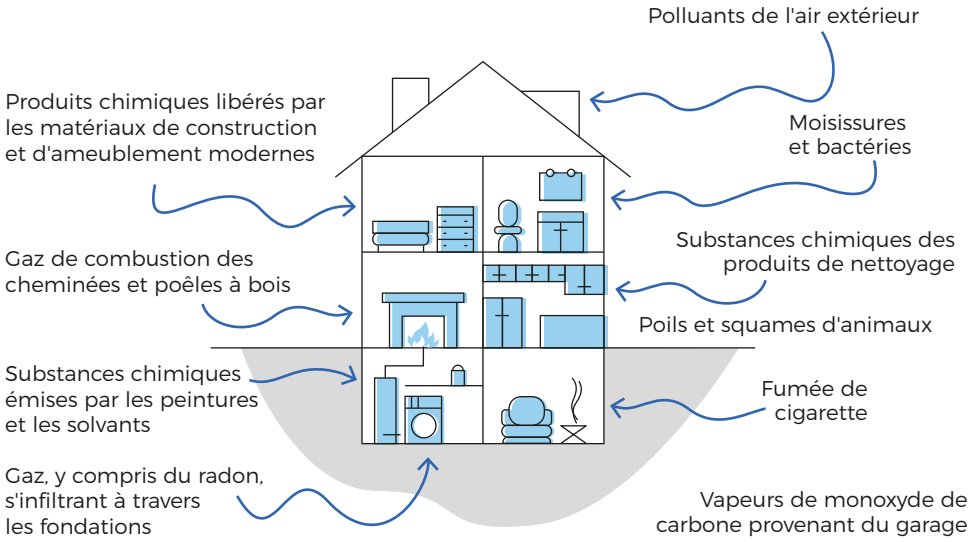
Facteurs influants sur la qualité de l'air

Bon à savoir

Hors contexte pandémique, une ventilation efficace diminue l'exposition à des substances nocives qui peuvent être présentes dans l'air, dont :

— les **composés organiques volatils** (COV), comme le formaldéhyde, émis par des matériaux de construction, des peintures, des colles, des vernis, les tapis ou par l'ameublement,
— les **particules fines**,
— les **mycotoxines** provenant des moisissures,
— les **perturbateurs endocriniens** retrouvés entre autres dans les produits de nettoyage et d'entretien, dans le plastique (plastifiants) ou dans les meubles (retardateurs de flammes)...

Le renouvellement de l'air intérieur évite une accumulation de CO_2 et augmente la productivité et le bien-être des occupants des bâtiments. Il est également indéniable qu'une meilleure qualité de l'air intérieur est essentielle au bon développement, à la santé et au bien-être des jeunes enfants.



Sources de polluants intérieurs

Bâtiments SANS ventilation mécanique

Dans les bâtiments sans ventilation mécanique,
les locaux sont à surveiller par des appareils de mesure de la concentration en CO_2[(a)]

Nous distinguons 2 scénarios :

< 1.000 ppm

EN CONTEXTE PANDÉMIQUE
(déclaration par autorité sanitaire)
Veiller à rester sous une concentration en CO_2 de 1.000 ppm.

< 1.250 ppm

HORS CONTEXTE PANDÉMIQUE
Veiller à rester sous une concentration en CO_2 de 1.250 ppm[(b)].

En cas de dépassement de la valeur ppm CO_2 mentionnée ci-dessus, les mesures compensatoires suivantes **sont immédiatement à prendre :**

— ventiler la pièce de façon naturelle[(c)] et/ou,
— réduire le temps de séjour dans la pièce et/ou,
— réduire le nombre de personnes présentes dans la pièce.

Pour améliorer durablement la situation, en particulier des locaux dans lesquels la densité d'occupation est élevée sur des périodes prolongées (plusieurs heures par jour), les mesures suivantes **peuvent être envisagées :**

— installer un système de ventilation mécanique décentralisé ou centralisé avec récupération de chaleur,
— réviser le concept de ventilation naturelle,
— installer des appareils de purification/filtration de l'air dans le local (voir page 14).

(a) Capteurs de CO_2 à placer plutôt au milieu de la pièce, à environ 1,5 mètre de hauteur si les personnes sont assises. Ne pas positionner près d'une fenêtre ou de la porte.
(b) Cette limite correspond à une classe 2 de la qualité de l'air suivant la norme ILNAS-EN 16798-1 pour la grande majorité des occupations et avec une concentration de 450 ppm de l'air extérieur.
(c) Une ventilation naturelle efficace par fenêtres consiste en une ouverture de 2 fenêtres opposées ou éloignées l'une de l'autre pendant 3 à 5 minutes en hiver, pendant 10 à 20 minutes en été, et ceci toutes les 20 à 30 minutes.

Bâtiments AVEC ventilation mécanique

Approche 1

Débit d'air en ventilation mécanique :
36 m³/h et par personne (occupation nominale de la pièce).

Avec ce débit, les différentes normes et prescriptions suivantes sont respectées, tout en restant à un niveau techniquement réaliste :

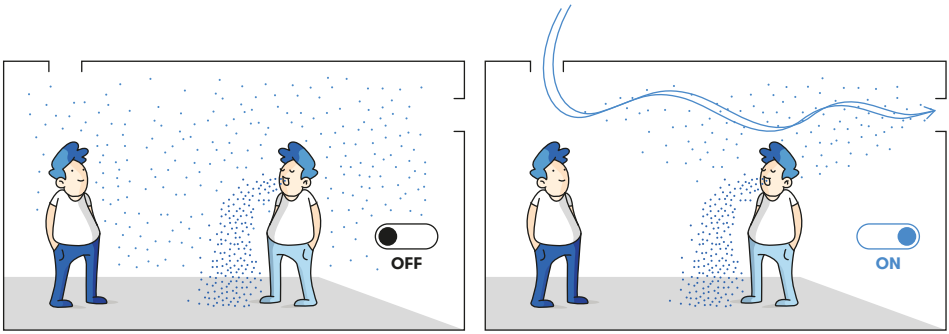
— Norme 16798-1:2019 (>14,4 m³/h.pers).
— Prescription ITM-SST 1814-1 (> 20-40 m³/h).
— RGD modifié du 13 juin 1979 concernant les directives en matière de sécurité dans la fonction publique (> 24 m³/h).
— Préconisations REHVA, FGK et WHO en temps de covid (classe 1, norme 16798-1).
— Préconisations ASHRAE, reprises par l'EC-DC (25-36 m³/h).
— Calcul du risque d'infection raisonnablement bas (majorité des cas standards, hors salles de sports, salles de chant…).

Approche 2

Les zones ou salles à occupation prolongée pour lesquelles le concept technique prévoit des débits moins importants peuvent également être considérées comme assurant une protection adéquate en temps de pandémie sous condition de prévoir un monitoring de la valeur de concentration ppm en CO_2.

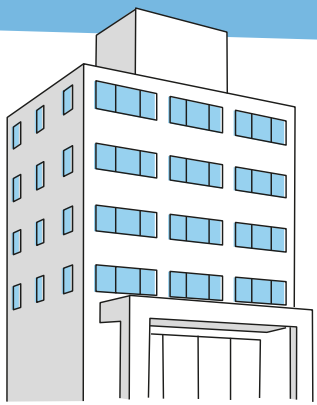
Les valeurs limites sont les mêmes que pour des bâtiments sans ventilation mécanique. **Le concept de ventilation devra donc être pensé de manière à pouvoir rester sous une concentration en CO_2 de 1.000 ppm. Les débits pourront être modulés hors contexte pandémique afin de rester sous une concentration de 1.250 ppm.**

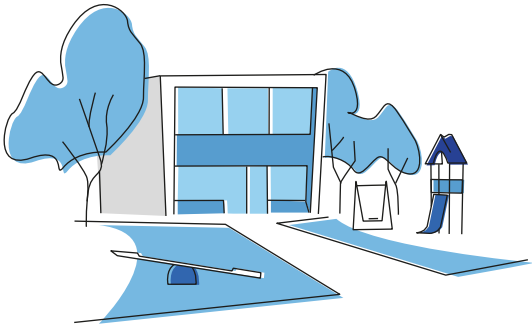
De cette façon, des systèmes de ventilation hybride, naturelle, ou autres concepts avec un débit inférieur à celui recommandé peuvent également être conformes si la qualité de l'air est surveillée.



L'illustration montre comment une personne infectée produit des aérosols et des gouttelettes. Lorsque la ventilation est enclenchée (image de droite), la concentration d'aérosols est bien moindre qu'en l'absence de ventilation.

Résumé





Bâtiments existants sans ventilation mécanique[a]
> Contrôle CO_2

Bâtiments existants et projetés avec ventilation mécanique[a]
Si > 36 m³/(h.pers) d'air neuf sur occupation nominale **> OK**
Si < 36 m³/(h.pers) d'air neuf sur occupation nominale **> Contrôle CO_2**

Ces préconisations sont d'application pour des **bâtiments fonctionnels standards** (bureaux, salles de classe, magasins, restaurants, musées…). Les mesures sont plus particulièrement d'application pour les locaux dans lesquels séjournent des personnes durant plusieurs heures.

Il va de soi qu'elles sont à appliquer sans préjudice de toutes les mesures légales en vigueur (critères acoustiques, obligations réglementaires concernant les courants d'air, valeurs normatives de vitesse de diffusion d'air…) et qu'elles ne se soustraient pas aux conseils de professionnels du bâtiment (architectes, ingénieurs, artisans), en particulier pour les bâtiments fonctionnels avec des activités spécifiques (efforts physiques intenses, travaux artisanaux, laboratoires…).

La ventilation ne pouvant se résumer à l'atteinte d'un débit ou d'une concentration en CO_2, ces préconisations n'enlèvent en rien le devoir des concepteurs de planifier des systèmes et des bâtiments qui assurent la meilleure qualité de l'air possible, tout en limitant l'impact sur l'environnement. La gestion de l'humidité (échangeur enthalpique, parois perspirantes avec matériaux hygroscopiques…), la performance énergétique (modulation de la ventilation en fonction de l'occupation, échangeurs performants…), le type de diffusion de l'air (par déplacement, par flux laminaire, par mélange…), la filtration des polluants, l'acoustique… sont autant de critères qui doivent faire partie de l'approche holistique des professionnels.

(a) Cette mesure ne vient pas remplacer l'obligation légale, pour les bâtiments soumis au règlement grand-ducal modifié du 13 juin 1979 concernant les directives en matière de sécurité dans la fonction publique, d'apprécier les risques et de réaliser des mesures d'amélioration tendant au mieux.

Purificateurs d'air mobiles

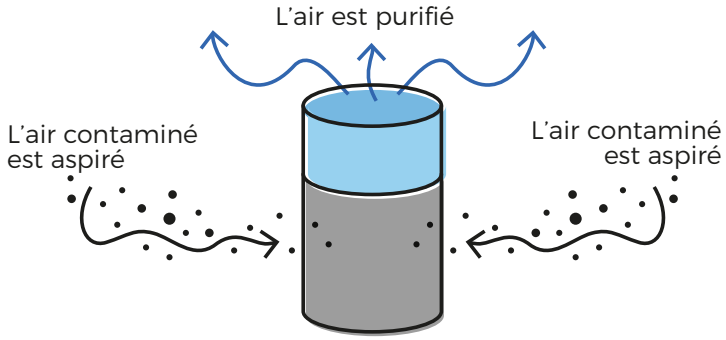
En cas de pandémie, il n'est recommandé d'utiliser des purificateurs d'air que si une ventilation naturelle ou mécanique est insuffisante. Les purificateurs devraient rester une solution temporaire, permettant de répondre à un risque immédiat.
Sur le long terme, investir dans un système permanent de ventilation est toujours à favoriser (par exemple dans des systèmes de ventilation décentralisés).

Avec des purificateurs d'air mobiles, nous veillerons à :

— Assurer le brassage de l'air de 2 à 5 fois par heure.
— Utiliser des filtres Hepa H13 ou H14.
— Assurer un apport d'air frais en parallèle.
— Déterminer le bon positionnement avec un professionnel.
— Adapter le flux et la vitesse d'air[(a)] en évitant la dispersion de particules virales d'une personne vers une autre.
— Eviter les nuisances sonores et respecter les limites de bruit (dans la salle de classe, les bureaux…).
— Faire changer régulièrement les filtres.

Remarques importantes :
Un purificateur réduit la concentration en virus dans l'air mais ne diminue pas la concentration en CO_2.

L'ionisation de l'air, l'ozonation ou le rayonnement UV (UV-C) ne sont pas recommandés par les agences de santé (ECDC, OMS, CDC, ANSES…). Des réactions chimiques non-contrôlées peuvent éventuellement être engendrées menant à la formation de produits secondaires toxiques, ou d'ozone.



Principe de fonctionnement du purificateur

(a) Application obligatoire de la norme ILNAS-EN 16798-1

Autres préconisations

Utiliser exclusivement de l'air neuf extérieur et prohiber l'air recyclé dans les groupes de ventilation (sauf cas spécifique, processus à étudier séparément).

Dans les salles de classe, aérer au minimum après chaque heure de classe pendant toute la pause.

Le flux d'air est à prévoir dans la direction du « propre » (non contaminé) vers le « moins propre ».

Ouvrir les fenêtres régulièrement mais pas dans les sanitaires pour garantir que l'air circule du propre vers le moins propre (pression négative dans les sanitaires).

Garantir que les installations techniques assurent une vitesse de diffusion de l'air ≤ 0,2 m/s dans la zone d'occupation.

Faire tourner les groupes de ventilation à vitesse nominale pendant la période d'occupation du bâtiment et les maintenir en marche à ce régime 2 heures avant et 2 heures après l'occupation.

Les inspections et maintenances régulières, y compris le changement de filtres, doivent être réalisées selon les recommandations des fabricants.

Tirer la chasse d'eau des toilettes avec couvercle fermé.

Inspecter les récupérateurs d'énergie à roue pour minimiser les débits de fuites.

Notez que le changement des points de réglage de température, d'humidité et de récupération d'énergie n'a pas d'impact significatif sur la propagation du virus et n'est donc pas requis.

Sources, documents et hyperliens

REHVA – Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations
REHVA COVID-19 Ventilation Calculator for estimation of ventilation effect on COVID-19 airborne infection
https://www.rehva.eu/covid19-ventilation-calculator
REHVA COVID 19 Guidance (version 4.1)
https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance/rehva-covid-19-guidance

FGK – Fachverband Gebäude-Klima
Association sectorielle de l'industrie allemande de la climatisation et de la ventilation.
OMS – Organisation Mondiale de la Santé
ECDC – European Centre for Disease Prevention and Control
ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

Disclaimer
Ce manuel a été élaboré par l'OAI et constitue un outil de travail. Les éléments fournis dans ce guide sont indicatifs et ne sauraient engager l'OAI de quelque manière que ce soit.
Seuls les textes légaux et réglementaires en la matière, publiés au Mémorial, font foi.
(cf. www.legilux.lu).

Conception et rédaction
Direction de la santé (DiSa)
Inspection du travail et des mines (ITM)
Service national de la sécurité dans la fonction publique (SNSFP)
Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils (OAI)
Fédération des Artisans (FDA)
Chambre des Métiers (CDM)

Editeur
Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils (OAI)
6, Boulevard Grande-Duchesse Charlotte
L-1330 Luxembourg
www.oai.lu

Edition
Février 2022

ISBN
978-2-919912-44-5

fvi.lu

Groupe de travail - OAI

COVID-19 & installations techniques

Mesures pour limiter les risques de propagation.