

PRÉVENTION DE LA
TRANSMISSION VIRALE
DANS LES SYSTÈMES
DE CHAUFFAGE, DE
VENTILATION ET DE
CLIMATISATION

QAI – QUALITÉ DE L’AIR INTÉRIEUR v2

QAI

Qualité de l'air intérieur v2

Il apparaît évident que la pandémie actuelle a accru l'attention portée à la qualité de l'air intérieur. La qualité de l'environnement intérieur est une combinaison de tous les éléments du système de ventilation et à ce jour, il n'y a aucun cas d'épidémie bien documentée du SARS-CoV-2 (Covid-19) liée à la transmission d'aérosols par un système de ventilation double flux (soufflage et extraction). (Voir chapitre 4)

La propagation des infections due aux dispositifs de soufflage mécanique centralisé et de ventilation par extraction est donc vraisemblablement très improbable. De nombreuses études universitaires sont en cours pour comprendre la transmission du virus par les particules en suspension dans l'air et il est logique que des mesures de précaution soient prises pour réduire la propagation possible de ces particules dans les systèmes de ventilation.

Ces précautions affectent tous les éléments du système de ventilation et notre article tente de partager les meilleures pratiques pour des actions concrètes qui peuvent être prises pour minimiser le risque de transmission.

La ventilation est également un moyen très important de diluer les agents pathogènes en suspension dans l'air et il existe des preuves solides démontrant que les occupants de la pièce courent un risque plus grand d'attraper une maladie dans une pièce mal ventilée que dans une pièce bien ventilée. En effet, dans une pièce mal ventilée, les occupants sont exposés à une concentration plus élevée d'agents pathogènes en suspension dans l'air, et le risque augmentera en fonction du nombre d'heures passées dans un tel environnement.¹⁹

RISQUE = EXPOSITION X TEMPS

LE RISQUE D'INFECTION DE L'INDIVIDU PAR VOIE AÉRIENNE PEUT DONC ÊTRE RÉDUIT PAR UNE :

- Réduction du temps passé dans la pièce
- Réduction de la concentration d'exposition dans l'air des matières infectieuses
- Réduction du risque de propagation par contact grâce au lavage régulier des mains, au nettoyage des surfaces et à la réduction des dépôts de particules infectieuses.

Le taux et l'efficacité de la ventilation jouent un rôle à la fois dans l'exposition de particules en suspension dans l'air et dans les taux de dépôt.

Le risque de transmission du SARS-CoV2 proviendra d'individus asymptomatiques ou pré-symptomatiques qui occupent un bâtiment sans savoir qu'ils excrètent des particules virales.¹⁹

« Face à une telle incertitude, nous soutenons que les avantages d'un système de ventilation efficace, éventuellement renforcé par la filtration des particules et la désinfection de l'air, sont évidents pour contribuer à une réduction globale du risque d'infection aéroportée ». ¹⁶

Sommaire

INTRODUCTION

2 Qualité de l'air intérieur v2

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

4 Mesures pour prévenir la transmission virale aéroportée

5 Conseils pour le fonctionnement des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation

RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES

6 Recommandations pratiques pour l'exploitation des services du bâtiment

NOTES DE CLARIFICATION

24 Notes de clarification des documents de recherche liant la ventilation ou la climatisation à la transmission de virus

BIBLIOGRAPHIE

27 Bibliographie

Avertissement

Ce document est basé sur la Recherche académique mondiale historique et actuelle, les recommandations actuelles des organisations professionnelles en matière de ventilation et nos propres connaissances en tant que l'un des principaux fabricants de systèmes CVC au monde.

À bien des égards, les informations disponibles au sujet du virus corona (Covid-19) sont limitées ou inexistantes. Au cours des deux dernières décennies, il y a eu trois flambées de maladie liées au coronavirus :

- SARS en 2002-2003 (SARS-CoV-1),
- MERS en 2012 (MERS-CoV)
- Covid-19 en 2019-2020 (SARS-CoV-2).

Dans ce document, nous nous concentrons sur le dernier aspect de la transmission du SARS-CoV-2. Lorsqu'une référence mentionnée se rapporte à l'épidémie de SARS en 2002/2003, nous utiliserons le nom de SARS-CoV-1. Des preuves antérieures de la grippe A ont également été utilisées pour émettre des recommandations de meilleures pratiques. Le présent document sera mis à jour, au fur et à mesure que de nouveaux travaux de recherche universitaires seront publiés et que les recommandations des organisations professionnelles seront révisées. Ceci est la version 2 datée de mars 2021;

FläktGroup décline toute responsabilité et ne saurait être tenu responsable des dommages directs, indirects, accessoires ou de tout autre dommage qui résulterait de ou serait lié à l'utilisation des informations présentées sur ce document.

Mesures pour prévenir la transmission virale aéroportée

Le meilleur résumé disponible est extrait du Centre européen de prévention et de contrôle des maladies dans son article « Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation dans le contexte de la COVID-19 » 28, publié le 22 juin 2020. Ils concluent :

- La transmission de la COVID-19 se produit généralement dans des espaces intérieurs clos.
- Il n'existe actuellement aucune preuve d'infection humaine par le SARS-CoV-2 causée par des aérosols infectieux distribués par les gaines du système de chauffage, de ventilation et de climatisation (en abrégé CVC). Le risque est considéré comme très faible.
- Les systèmes CVC bien entretenus, y compris les unités de climatisation, filtrent en toute sécurité les grosses gouttelettes contenant le SARS-CoV-2. Il est possible que les aérosols COVID-19 (petites gouttelettes et noyaux de gouttelettes) se propagent à travers les systèmes CVC d'un bâtiment ou d'un véhicule et les unités de climatisation autonomes si l'air est recirculé.
- Le flux d'air généré par les unités de climatisation peut faciliter la propagation des gouttelettes excrétées par les personnes infectées sur des distances plus longues dans les espaces intérieurs.
- Les systèmes CVC peuvent jouer un rôle complémentaire dans la diminution de la transmission dans les espaces intérieurs en augmentant le taux de renouvellement de l'air, en diminuant la recirculation de l'air et en augmentant l'utilisation de l'air extérieur.

Compte tenu des préoccupations relatives à la transmission aérienne, les gestionnaires d'immeubles, les experts en sécurité et d'autres pourraient prendre des mesures pour optimiser la ventilation et le flux d'air à l'intérieur et limiter la propagation virale. Dans un premier temps, il existe des stratégies de basse technologie pour prévenir la transmission virale aérienne qui devraient être mises en œuvre.⁵

LES MEILLEURS PRATIQUES CONSISTENT À RESPECTER LA HIÉRARCHIE DÉCRITE PAR LES « CENTERS FOR DISEASE CONTROL » DES ÉTATS-UNIS

Des stratégies de faible niveau de technicité visant à prévenir la transmission virale aérienne dans les localités qui ont rouvert, les chefs d'entreprise, les responsables des écoles et d'autres ont déjà pris de nombreuses mesures pour rendre leurs installations plus sûres. Certains ont installé des barrières physiques, opté pour une circulation à sens unique dans les couloirs, augmenté la fréquence du nettoyage et élargi l'espace entre les bureaux.

Les équipes de travail échelonnées sont désormais courantes dans de nombreuses entreprises pour réduire la distance physique, et le port du masque est souvent obligatoire.

LES AUTRES MESURES SIMPLES PERMETTANT D'ÉVITER LA TRANSMISSION AÉRIENNE SONT LES SUIVANTES :

- Réaménager le mobilier pour éviter d'avoir plusieurs personnes dans le même « couloir » de circulation d'air
- Ouverture des fenêtres dans les bâtiments avec des systèmes CVC simples, qui ne peuvent pas filtrer ou fournir l'air extérieur, pour augmenter l'échange d'air neuf
- Verrouiller les fenêtres dans les bâtiments dotés de systèmes centralisés de CVC, lorsque cela est permis, pour réduire les changements de température intérieure. Si un ventilateur n'a pas besoin d'augmenter sa vitesse à cause d'un afflux d'air chaud ou froid, la turbulence restera faible
- Concevoir de nouvelles dispositions de sièges, comme demander aux employés d'un atelier de travailler dos à dos plutôt qu'en face à face
- Limiter le nombre de personnes autorisées dans une pièce
- Remplacer les sèche-mains par des serviettes en papier pour réduire les turbulences de l'air

LE PLUS EFFICACE

ÉLIMINATION Pour éliminer physiquement l'agent pathogène

CONTRÔLES TECHNIQUES Pour séparer les personnes et l'agent pathogène

CONTRÔLES ADMINISTRATIFS Pour informer sur la marche à suivre

LE MOINS EFFICACE

EPI Pour utiliser des masques, des gants, etc.

Conseils spécifiques pour le fonctionnement des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation

Le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies donne des conseils spécifiques pour le fonctionnement du chauffage, de la ventilation et de la climatisation.

Les responsables de bâtiments doivent entretenir les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation conformément aux instructions actuelles du fabricant, en particulier en ce qui concerne le nettoyage et le changement des filtres. Il n'y a aucun avantage ou besoin de cycles de maintenance supplémentaires en relation avec la COVID-19.

Les dispositifs d'économie d'énergie, comme la ventilation à la demande contrôlée par une minuterie ou des détecteurs de CO₂, doivent être évités. Il faudrait envisager de prolonger la durée de fonctionnement des systèmes CVC avant et après la période normale.

Le flux d'air direct doit être détourné des groupes d'individus pour éviter la dispersion des agents pathogènes des sujets infectés et la transmission.

Les organisateurs et administrateurs responsables des rassemblements et des paramètres des infrastructures critiques devraient explorer les options avec l'aide de leurs équipes techniques/d'entretien pour éviter autant que possible l'utilisation de la recirculation de l'air. Il leur est conseillé de revoir leurs procédures d'utilisation de la recirculation dans les systèmes CVC sur la base des informations fournies par le fabricant ou, en cas d'indisponibilité, de demander conseil au fabricant.

Le nombre minimum de renouvellement d'air par heure, conformément à la réglementation en vigueur en matière de bâtiments, doit être garanti à tout moment. L'augmentation du nombre d'échanges d'air par heure réduira le risque de transmission dans les espaces clos. Ceci peut être réalisé par une ventilation naturelle ou mécanique, selon le cas.

L'application des directives ci-dessus doit être conforme aux réglementations nationales et locales (par exemple, réglementations liées au bâtiment, réglementations en matière de santé et de sécurité) et adaptée aux conditions locales.

POUR LE FONCTIONNEMENT DES SERVICES DU BÂTIMENT, REHVA A ÉGALEMENT RÉSUMÉ LES MESURES PRATIQUES QUI PEUVENT ÊTRE PRISES.¹

1. Assurer la ventilation des espaces avec de l'air extérieur
2. Basculer la ventilation à la vitesse nominale au moins 2 heures avant le début de la période d'occupation du bâtiment et passer à une vitesse inférieure 2 heures après la fin de la période d'occupation du bâtiment
3. La nuit et le week-end, ne pas désactiver la ventilation, mais laisser les systèmes fonctionner à une vitesse réduite
4. Assurer une aération régulière par les fenêtres (même dans les bâtiments à ventilation mécanique)
5. Garder la ventilation des toilettes en fonctionnement 24h/24 et 7 jours/7
6. Éviter les fenêtres ouvertes dans les toilettes pour s'assurer du bon sens du flux d'air
7. Demander aux occupants de l'immeuble d'actionner la chasse d'eau des toilettes avec le couvercle fermé.
8. Basculer les unités de traitement d'air avec recirculation à 100 % d'air neuf
9. Inspecter l'équipement de récupération de chaleur pour s'assurer que les fuites sont sous contrôle.
10. Éteindre ou sinon faire fonctionner les ventilo-convecteurs de sorte que les ventilateurs soient maintenus en fonctionnement de façon continue.
11. Ne pas modifier les points de consigne de chauffage, de refroidissement et d'humidification.
12. Ne pas prévoir de nettoyage des conduits pendant cette période.
13. Remplacer les filtres pour l'air extérieur et l'air extrait comme d'habitude, selon le calendrier d'entretien
14. Respecter les mesures de protection habituelles, y compris une protection respiratoire, lors des travaux de remplacement et d'entretien réguliers des filtres

FläktGroup dispose d'une gamme de solutions pour la ventilation des toilettes (point 5) et peut proposer une visite de service dans plusieurs pays pour répondre aux exigences des points 8, 9, 13 et 14.

Les détails spécifiques de ces points sont indiqués ci-après.



RECOMMANDATIONS PRATIQUES POUR L'EXPLOITATION DES SERVICES DU BÂTIMENT

REHVA a donné des conseils plus détaillés sur les recommandations pratiques pour l'exploitation des services du bâtiment.¹

Nous avons ajouté des recommandations supplémentaires au contenu REHVA qui étaient applicables.

Les organismes professionnels de chaque pays ne sont pas tous d'accord avec tous les aspects des conseils de REHVA. Nous avons identifié ces écarts ci-dessous. Lorsque les organismes professionnels nationaux s'alignent, nous avons indiqué cet alignement en utilisant le drapeau approprié.



Accroître l'amenée et l'extraction d'air



Dans les bâtiments disposant d'installations de ventilation, une augmentation de leur durée de fonctionnement est recommandée. Il convient de modifier la programmation horaire en fixant la mise en service à la vitesse nominale au moins 2 heures avant la durée d'utilisation du bâtiment et passer à une vitesse inférieure 2 heures après la durée d'utilisation du bâtiment.

Dans les systèmes de ventilation contrôlés par la demande, il est conseillé de modifier le point de consigne du CO₂ à une valeur de 400 ppm. Ce chiffre représente la concentration d'air neuf de CO₂ et assure le fonctionnement des CTA à une vitesse optimale.

Maintenir une ventilation permanente 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, en abaissant (sans couper) le débit lors des périodes d'inoccupation. Dans les bâtiments qui ont été évacués en raison de la pandémie (certains bureaux ou bâtiments éducatifs), il n'est pas recommandé de couper la ventilation, mais de fonctionner en continu à vitesse réduite. Compte tenu de l'arrivée prochaine du printemps, avec des besoins en chauffage et en refroidissement réduits, ces pratiques n'auront qu'un faible impact énergétique alors qu'elles permettront d'évacuer les particules virales du bâtiment et de les éliminer des surfaces où elles auraient pu se déposer.

De l'avis général, il convient d'introduire le plus d'air possible dans les locaux. L'aspect essentiel est la quantité d'air neuf fournie par personne. Si, du fait des mesures de télétravail, les effectifs en personnels se trouvent réduits, il importe de ne pas rassembler le personnel présent dans des espaces réduits, mais de conserver ou même d'augmenter la distanciation sociale (distance physique min. 2 à 3 m entre les personnes) tout en renforçant l'effet d'assainissement de la ventilation.

Des précautions doivent être prises dans les zones soumises à une pression positive, car les particules virales peuvent être expulsées des pièces vers d'autres zones comme les couloirs.

Actuellement, on ne dispose pas encore d'informations sur le taux de ventilation de l'air extérieur qui puisse réduire en toute sécurité le risque d'infection. Les normes existantes devraient au moins être suivies. Les normes existantes dans les bâtiments non résidentiels recommandent 10 L/s par personne, ce qui équivaut à au moins 2 RAH (renouvellement d'air par heure). REHVA déclare « Dans les hôpitaux avec un excellent taux de ventilation de 12 RAH, la transmission des aérosols est pratiquement éliminée, mais dans les espaces mal ventilés, elle peut être dominante. »¹

Les bâtiments où le taux de ventilation a été établi par RAH doivent être vérifiés pour s'assurer que le taux de ventilation est d'au moins 10 L/s en fonction de l'occupation.

On sait quels taux de ventilation sont trop faibles. Les articles de recherche sur les événements dits de grande diffusion montrent que les infections ont été associées à des taux de ventilation très faibles d'environ 1 L/s par personne.

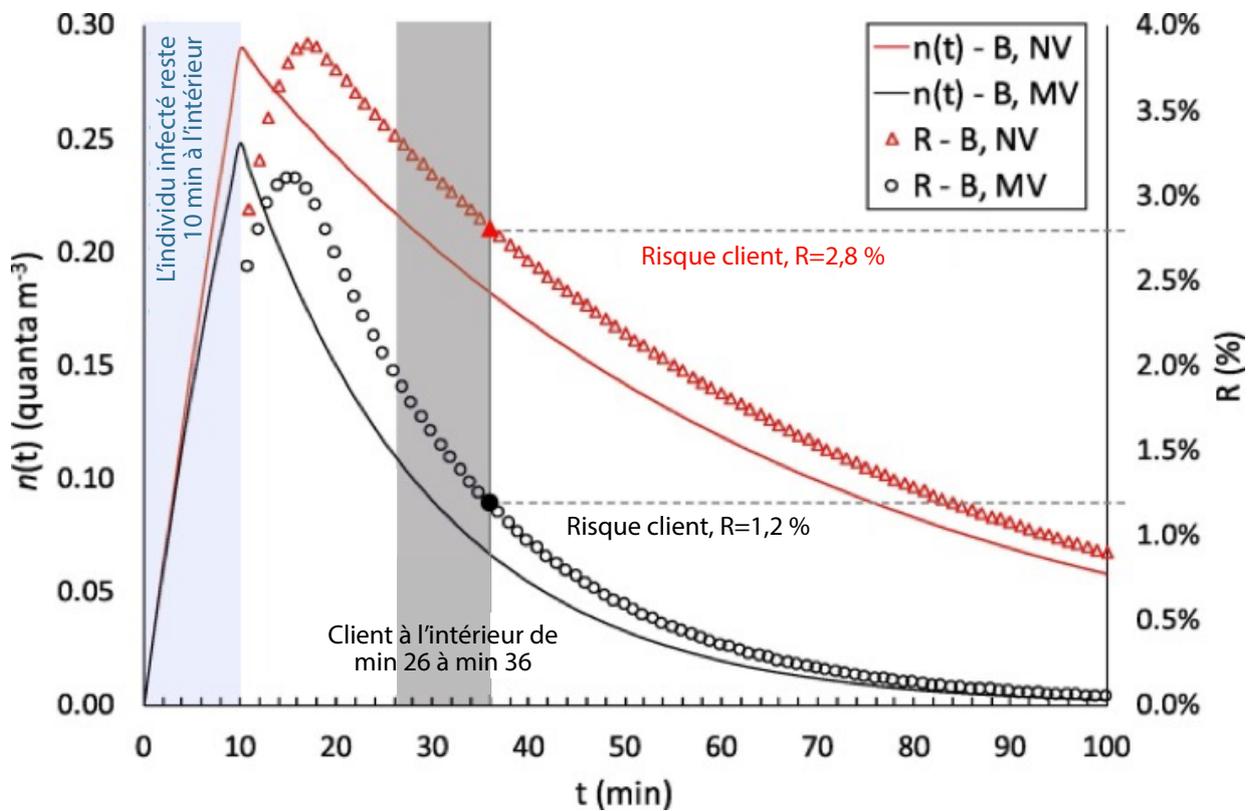
Des recherches doivent être effectuées pour déterminer si des taux de ventilation de 10 L/s par personne sont suffisants ou si cette valeur doit être augmentée, par exemple, à 20-25 L/s par personne – cette information n'est actuellement pas disponible pour la COVID19.

COMPARAISON DE LA VENTILATION MÉCANIQUE ET DE LA VENTILATION NATURELLE

Un article publié en août 2020 'Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications'³⁶ vise à présenter une méthode pour évaluer le risque d'infection individuel d'une personne exposée dans des environnements intérieurs en présence d'un sujet infecté asymptomatique par le SRAS-CoV-2. Les mêmes auteurs ont également publié 'Estimation of airborne viral emission Quanta emission rate of Covid for infection risk assessment.'³⁷

Les articles sont très techniques mais peuvent être utilisés pour montrer les risques comparatifs entre bâtiments à ventilation mécanique et naturelle.

La figure ci-dessous (référence 37) montre le risque comparatif associé à l'entrée d'une personne individuelle dans une pharmacie suite à l'entrée d'un individu infecté (10 premières minutes) et le risque pour un client d'entrer dans le bâtiment (à la minute 26) et de rester à l'intérieur pendant 10 minutes.

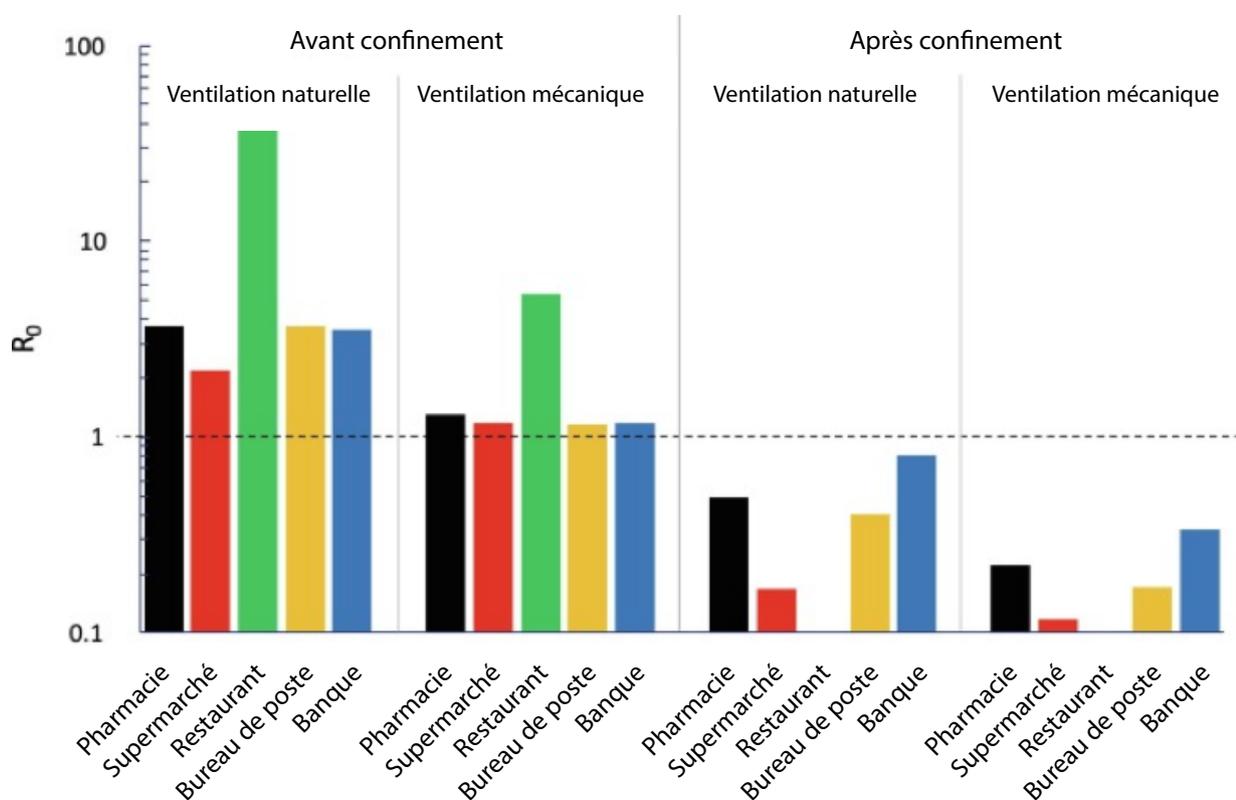


— $n(t)$ -B, NV représente le risque d'infection si le bâtiment était naturellement ventilé

— $n(t)$ -B, MV représente le risque d'infection si le bâtiment était ventilé mécaniquement

Il est clair, dans ce scénario, que le risque dans le bâtiment à ventilation naturelle (2,8 %) est plus du double de celui du bâtiment à ventilation mécanique (1,2 %).

La même analyse pour les autres bâtiments montre que dans tous les cas, le risque est moindre dans un bâtiment à ventilation mécanique. Voir la figure ci-dessous (référence 37)



Favoriser l'aération par ouverture des fenêtres



La recommandation principale est d'éviter les espaces confinés et à densité d'occupation trop forte. Dans les bâtiments non équipés d'un système de ventilation mécanique, ou dans les zones climatisées par des unités de type « split » sans raccordement d'air neuf, il est vivement recommandé de recourir à l'ouverture des fenêtres, même au prix d'un léger inconfort.

Dans ces circonstances, l'aération par ouverture des fenêtres est le seul moyen d'augmenter les taux de renouvellement d'air.

Ouvrir les fenêtres pendant au moins une quinzaine de minutes avant d'entrer dans un local (en particulier lorsque celui-ci a été occupé précédemment). L'ouverture des fenêtres peut même être conseillée, y compris dans les locaux équipés d'une ventilation mécanique pour accroître le renouvellement d'air.

c

Humidification



On sait depuis longtemps qu'il existe un lien entre le taux d'infection par la grippe A et l'humidité relative intérieure.

Le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies a déclaré que « des études indiquent que les particules de SARS-CoV-2 peuvent rester infectieuses sur divers matériaux, ainsi que dans les aérosols dans des environnements intérieurs, la durée de l'infectivité dépendant de la température et de l'humidité »²⁷

En 2007, une étude intitulée « Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature »⁷ a conclu que « le plus récent de ces rapports montre que la stabilité virale est maximale à une humidité relative (HR) faible (20 % à 40 %), minimale à une HR intermédiaire (50 %), et élevée à une HR élevée (60 % à 80 %). » Dans ce contexte, la stabilité est la capacité de la particule virale à infecter un être humain. Ce résultat est présenté ici sous forme de graphique.

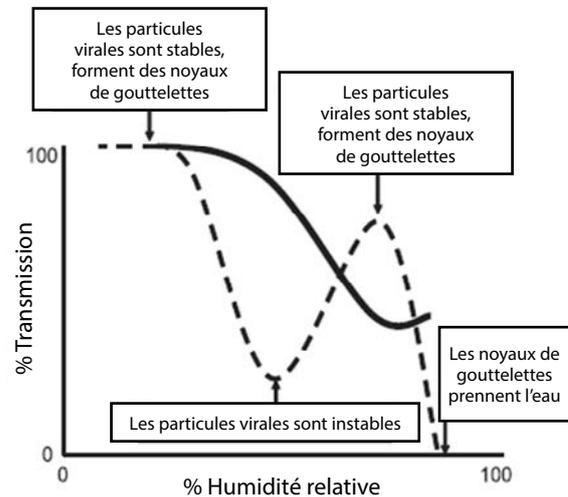


Figure 6. Variation de l'efficacité de la transmission avec l'humidité relative : Modèle A

- La ligne pleine correspond à une température interne de 20 °C.
- - - La ligne pointillée correspond à une température interne de 5 °C.

'High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs'⁸
Publiée en 2013.

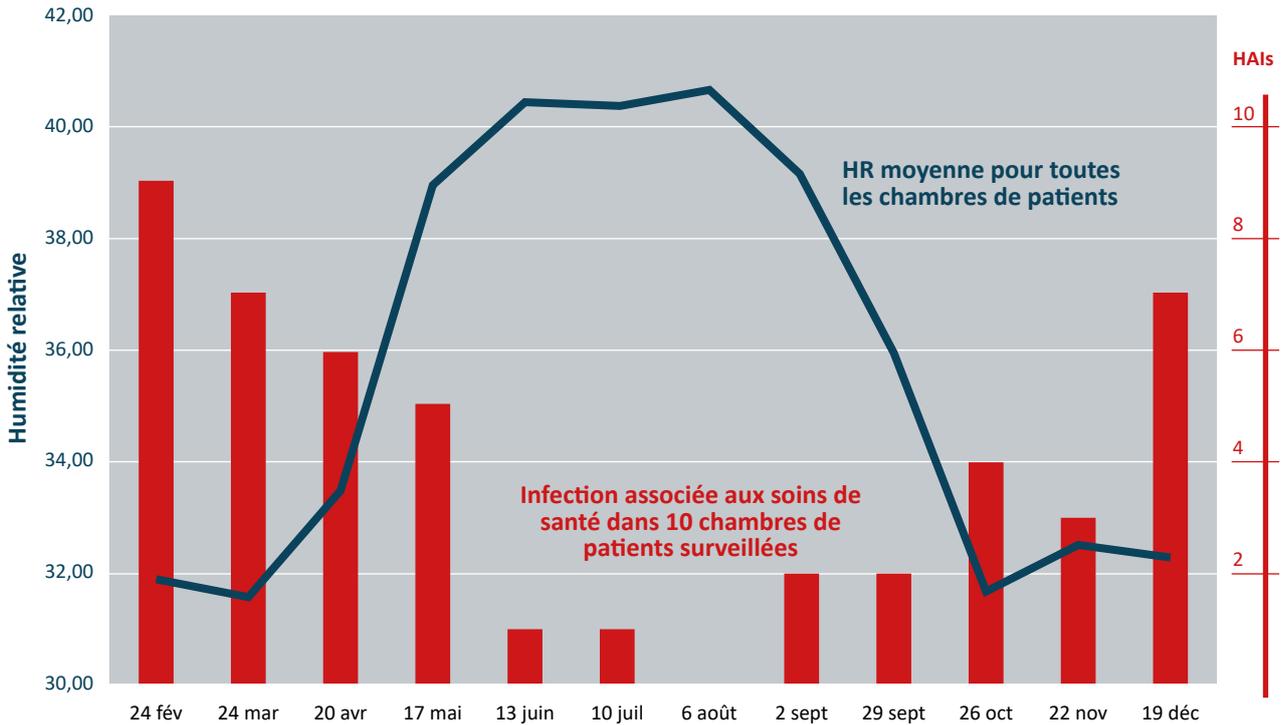
« À une humidité relative comprise entre 20 et 35 %, le risque d'être infecté par un virus de la grippe A est environ trois fois plus élevé qu'à 50 %.
» Cela est en partie dû à la durée pendant laquelle les particules virales conservent leur pouvoir infectieux.
« L'étude a montré qu'une heure après la toux, environ 5 fois plus de virus restent infectieux à 7-23 % HR qu'à > 43 % HR. »

'Relationship between Humidity and Influenza A Viability in Droplets and Implications for Influenza's Seasonality'⁹
Publiée en 2012.

« Les viabilités minimales se situaient entre 40 et 70 % HR, nous avons trouvé des viabilités minimales à 50 %. »

'Decline in temperature and humidity increases the occurrence of influenza in cold climate'¹⁰
Publiée en 2014.

« Selon ces résultats, une diminution de 1 °C de la température et de 0,5 g par m³ d'humidité absolue a augmenté le risque estimé de 11 % »



Ce graphique provient de « *Bacterial colonization and succession in a newly opened hospital* »¹¹ Où les infections associées aux soins sont de type

‘Effects of temperature, humidity, and diurnal temperature range on influenza incidence in a temperate region’¹² Publié en 2019.

Le manuel technique de l’ASHRAE, dans le chapitre sur les humidificateurs, s’aligne sur la recherche.¹³

« *Le risque d’incidence de la grippe avait considérablement augmenté avec des températures quotidiennes basses se situant entre 0 et 5 °C et une humidité relative faible (30 % à 40 %) ou élevée (70 %) »*

PRÉVENTION ET TRAITEMENT DE LA MALADIE

L’humidité relative a un effet significatif sur le contrôle des infections aéroportées. À 50 % HR, le taux de mortalité de certains organismes est le plus élevé et le virus de la grippe perd une grande partie de sa virulence. Le taux de mortalité de ces organismes diminue à la fois au-dessus et en dessous de cette valeur. Le graphique ci-dessous est tiré du manuel ASHRAE.

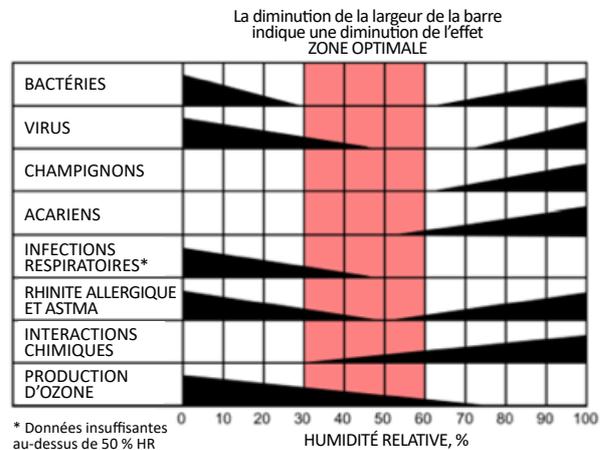
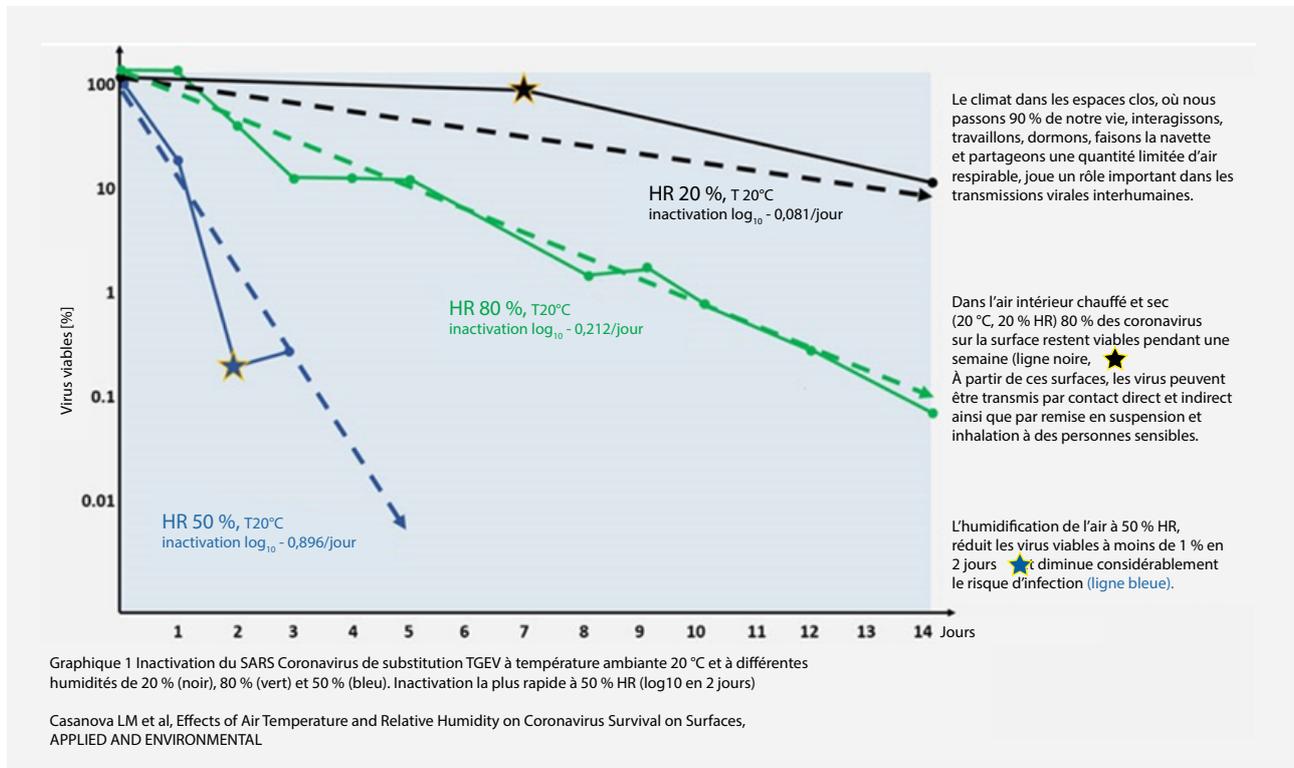


Fig. 1 Plage d’humidité optimale pour le confort et la santé humaine (Adapté de Sterling et al. 1985)

Une étude après l'épidémie de SARS-CoV-1 intitulée 'Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces' ¹⁴ Publiée en 2010.

« La relation entre l'inactivation et l'humidité relative n'était pas monotone, et il y avait une plus grande survie ou un plus grand effet protecteur à faible HR (20 %) et à haute HR (80 %) qu'à HR modérée (50 %). »

Ce résultat est présenté sous forme de graphique ci-dessous.



La première étude sur l'effet de l'humidité sur la COVID-19 intitulée 'High Temperature and High Humidity Reduce the Transmission of COVID 19' ¹⁵ publiée le 9 mars 2020 conclut que le virus Covid-19 réagit de la même manière. « Nous constatons que, dans un cadre de régression linéaire pour 100 villes chinoises, une température élevée et une humidité relative élevée réduisent considérablement la transmission de la COVID-19. »

De nouvelles études sont publiées chaque mois. En avril 2020, une publication intitulée '2019 Novel Coronavirus (COVID 19) Pandemic Built Environment Considerations To Reduce Transmission' ²⁸, mentionne que « sur la base des données relatives au SARS et au MERS, nous prévoyons que la viabilité du SARS-CoV-2 en aérosol a une durée probablement plus longue à des niveaux d'humidité relative plus bas. » Et poursuit en précisant : « Des recherches antérieures ont montré qu'à des températures intérieures typiques, une humidité relative (HR) supérieure à 40 % est préjudiciable à la survie de nombreux virus, y compris les CoV en général. »

Une étude récente 'A psychrometric model to predict the biological decay of the SARS-CoV-2 virus in aerosols' ³⁰ propose « un modèle psychrométrique pour prédire le taux de désintégration biologique du virus dans les aérosols. Cela a révélé qu'il est possible de prédire avec un haut degré de précision la constante de désintégration biologique du SRAS-CoV-2 en utilisant un modèle de régression avec l'enthalpie, la pression de vapeur et le volume spécifique comme éléments de prédiction. »

La conclusion est que « [la] survie du virus SRAS-CoV-2 dans les aérosols est inversement proportionnelle à la fois à la température de l'air et à la pression de vapeur, la survie augmentant considérablement pendant les mois d'hiver lorsque l'air est plus frais et plus sec ». Le modèle développé montre que « la demi-vie moyenne du virus dans les aérosols était dans la région 13 à 21 fois plus longue (à Londres) en mars, lorsque l'épidémie s'accélérait, qu'elle ne l'était en août lorsqu'elle était à son plus bas. » Ce résultat est reflété par le modèle pour tous les climats, par exemple « à Milan en mars 2020 (lorsque l'épidémie italienne de COVID-19 a commencé à s'accélérer), la demi-vie moyenne prévue du virus était de 517 minutes, alors qu'en juillet et août (lorsque l'épidémie italienne a atteint son point bas), la demi-vie moyenne n'était que de 26 minutes ».

En conclusion, l'humidité relative intérieure est un élément clé pour réduire la viabilité des particules virales dans le cadre du bâti et pour augmenter la résistance à contracter des maladies virales chez les humains.

L'humidité relative intérieure optimale est de 50 % mais le maintien de l'humidité intérieure, à des températures internes normales, entre 40 % et 60 % a un effet positif en réduisant la viabilité des particules virales et en améliorant la résistance aux infections.

Il convient de noter que les recommandations de REHVA sont contraires à ce qui précède. Cependant, les recommandations de REHVA semblent se référer, principalement, et lors de leur publication, aux conditions printanières. Une faible humidité relative en hiver sera plus critique.

De plus, REHVA se réfère uniquement à l'humidité relative. Certaines recherches indiquent que l'enthalpie (ou l'humidité absolue) plutôt que l'humidité relative est le facteur essentiel.¹⁸ Dans ce contexte, la réduction des températures internes pour augmenter l'humidité relative ne devrait pas être conseillée.

L'OFFRE FLÄKTGROUP

FläktGroup est en mesure de proposer une variété de solutions qui contribuent à maintenir l'humidité relative intérieure dans la zone cible. Parmi les trois types de dispositifs de récupération de chaleur (par exemple les échangeurs à plaques à contre-courant, les batteries et l'échangeur rotatif ou roue thermique), seuls les échangeurs rotatifs permettent la récupération de l'humidité.

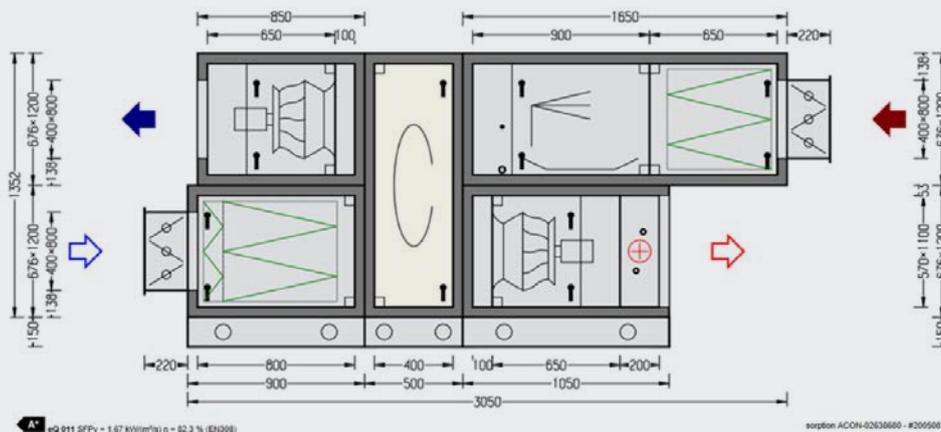
Il existe trois formes d'échangeurs rotatifs :

- Récupération de chaleur sensible uniquement là où il n'y a pas de transfert d'humidité et donc aucun avantage pour maintenir l'humidité intérieure.
- Roues hygroscopiques pouvant récupérer environ 50 % de l'humidité
- Échangeurs rotatifs à sorption qui récupèrent jusqu'à 75 % de l'humidité.

L'offre FläktGroup concerne les échangeurs rotatifs à sorption qui s'avèrent être les meilleures pour maintenir l'humidité intérieure.

S'il n'y a pas assez d'humidité générée dans un bâtiment, une humidification active est nécessaire. L'utilisation des humidificateurs traditionnels est coûteuse et est devenue moins courante ces dernières années.

Une solution à faible coût de fonctionnement consiste en des humidificateurs adiabatiques montés dans la section d'extraction d'une centrale de traitement d'air et raccordés à un échangeurs rotatif à sorption. Il s'agit d'une solution standard de FläktGroup. Dans l'exemple ci-dessous, il est possible de maintenir l'humidité intérieure à 50 % avec une température extérieure de -10 °C



Produit		Calcul hiver		
Code produit	Fonction	Débit [m³/s]	Temp [°C]	Humidité [% relative]
Entrée soufflage			-10	90
	Section de raccordement	1.01	-10	90
	Filtre	1.01	-10	90
	Échangeur de chaleur	1.01	-10	90
	Caisson de ventilation	0.97	11.6	87.4
	Batterie chaude	0.97	12.2	83.8
Sortie soufflage		1	21	47.8

Utilisation sécurisée des sections de récupération de chaleur



Dans certaines conditions, des particules chargées en virus peuvent être réintroduites dans le bâtiment.

Les dispositifs de récupération de chaleur peuvent (mais il n'y a aucune preuve que des particules chargées en virus à partir de 0,1 micron le soient) réintroduire des particules chargées en virus dans le circuit d'amenée d'air en présence de fuites. Comme le taux de fuite ne dépend pas de la vitesse de rotation de la roue, les roues ne doivent pas être arrêtées. Le fonctionnement normal des roues facilite le maintien des taux de ventilation plus élevés. On sait que les fuites de transfert sont les plus élevées à faible débit d'air, donc des taux de ventilation plus élevés sont recommandés.

Les échangeurs de chaleur air-air régénératifs (également appelés roues enthalpiques) peuvent être sujets à des fuites non négligeables en cas de conception et d'entretien médiocres. Les taux de fuite pour les échangeurs de chaleur à plaques sont compris entre 1 et 2 %. Pour des échangeurs de chaleur rotatifs fonctionnant correctement, équipés de secteurs de purge et correctement configurés, les fuites de substances potentiellement contaminées par des agents pathogènes de l'air extrait vers le flux d'air soufflé sont généralement très faibles et en pratique, des taux de fuite négligeables qui peuvent être aussi faibles que 0 %.

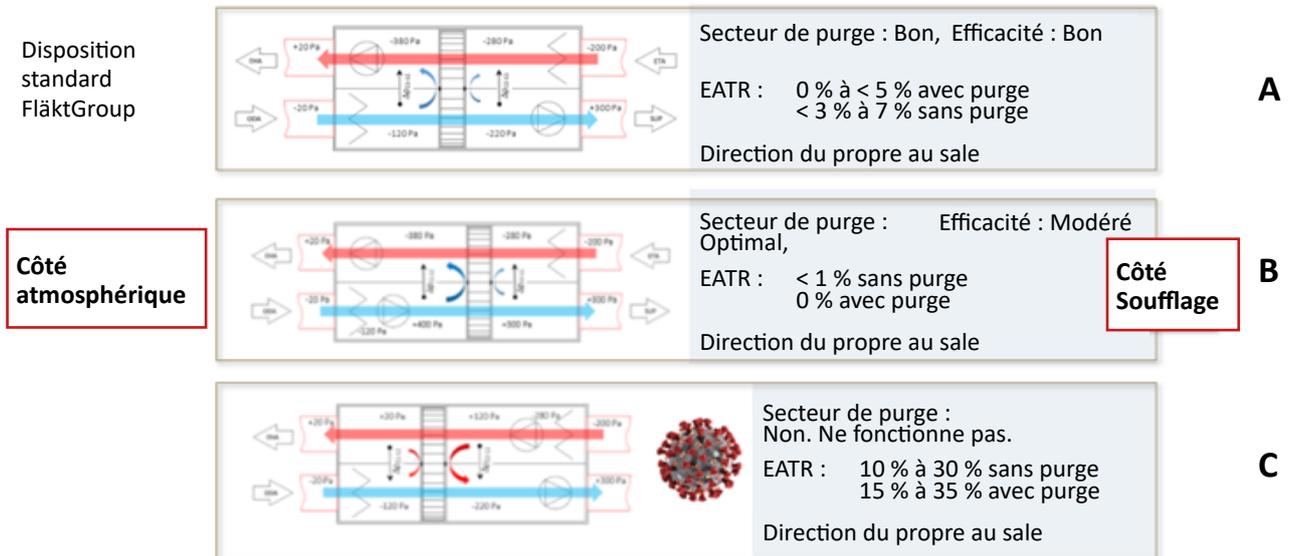
Toutes les CTA FläktGroup fabriquées en Suède avec des roues qui sont toujours fournies avec un secteur de purge. Les CTA FläktGroup fabriquées en Allemagne peuvent être équipées de secteurs de purge. Nous conseillons qu'à l'avenir, toutes les centrales soient fournies avec des secteurs de purge. Certaines unités précédemment fournies peuvent ne pas avoir de secteurs de purge installés. Une mesure de sécurité supplémentaire doit être de vérifier et de changer si nécessaire les joints de brosses de la roue.

Cependant, de nombreux échangeurs de chaleur rotatifs peuvent ne pas être correctement installés. Le défaut le plus courant est que les ventilateurs ont été montés de manière à créer une pression plus élevée du côté de l'air rejeté. Cela entraînera une fuite de l'air extrait vers l'air soufflé. Le taux de transfert incontrôlé d'air extrait pollué peut, dans ces cas, atteindre 35 %, ce qui n'est pas acceptable.

Le pourcentage d'air rejeté qui recircule vers l'air soufflé est appelée « le rapport de transfert d'air rejeté » (RTAR). La norme EN 16798-3: 2018 décrit la méthode de calcul du RTAR. Si la roue comporte un secteur de purge et l'équilibre correct de pression interne, alors le RTAR est de 0 %. Autrement dit, il n'y a pas de transfert d'air rejeté vers l'air soufflé.

RREHVA a publié un guide spécifique intitulé « REHVA COVID-19 specific guidance document- Limiting air leakages across the rotary heat exchanger » ²

REHVA fait référence aux directives Eurovent récemment publiées « Eurovent REC 6-15 – Fuites d’air dans les centrales de traitement d’air – Première édition – 2020 » ¹⁷. Ce document détaille tous les taux de fuite associés aux 4 différentes configurations de ventilateurs possibles et un résumé de ces données est présenté ci-dessous.



A est la configuration standard fournie par FläktGroup et à très faible risque

B est une configuration disponible de FläktGroup et à très faible risque

C peut entraîner une recirculation très élevée et doit être désactivé ou utilisé comme système d’extraction uniquement

Pour éliminer une fuite, il est essentiel de définir la relation correcte entre les pressions de soufflage et d’extraction côté système. La pression d’air rejeté doit être inférieure à la pression d’air soufflé, idéalement au moins 20 Pa.

En fonction de la configuration des ventilateurs, cela peut être fait en limitant comme suit :

Les deux ventilateurs après la roue (A) : ajouter de la pression à l’air extrait de telle sorte que Δ entre l’extraction et le soufflage soit de -20 Pa. Si le dispositif d’étranglement (par ex. le registre) n’est pas disponible dans une CTA, il doit être installé dans les conduits.

Les deux ventilateurs côté extérieur (B) : Il n’est pas nécessaire d’utiliser le dispositif d’étranglement dans ce cas.

Les deux ventilateurs côté bâtiment (C) : Il n’y a aucune possibilité d’utiliser le dispositif d’étranglement dans ce cas.

Si des fuites sont suspectées dans les sections de récupération de chaleur, le réglage de la pression ou la dérivation (certains systèmes peuvent être équipés d’un by-pass) peut être une option afin d’éviter une situation où une pression plus élevée du côté de l’extraction entraînera des fuites d’air du côté du soufflage. Les différences de pression peuvent être corrigées par des registres ou par d’autres dispositions raisonnables.

En conclusion, nous recommandons une inspection de l’équipement de récupération de chaleur, y compris la mesure de la différence de pression. Le personnel de maintenance doit suivre les procédures de sécurité standard, y compris le port de gants et de protection respiratoire.

La transmission de particules virales n’est pas un problème lorsqu’un système CVC est équipé d’un système de batteries qui garantit une séparation d’air à 100 % entre le côté extraction et le côté soufflage.

L'OFFRE FLÄKTGROUP

La gamme eQ Master de FläktGroup propose depuis plusieurs années la régulation de la pression sur la roue thermique comme option pouvant être sélectionnée. Ceci n'est disponible que lorsque l'unité est fournie avec des commandes intégrées. Pour les CTA eQ Prime, la régulation de pression est disponible via des plaques de diffusion réglables. Sur les unités CAIRplus, la régulation de pression est désormais disponible en contactant le service CSS du groupe de régulation.

Les fuites de l'air extrait vers l'air soufflé au niveau de la roue sont minimisées, en mesurant et en contrôlant la pression différentielle de l'air extrait à l'air soufflé à un point de consigne bas mais négatif.

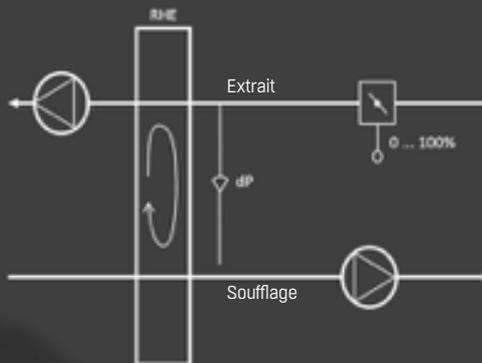
Par défaut, le point de consigne est -10 Pa.

Pour ce faire, le registre d'air extrait est équipé d'un servomoteur de registre à modulation (0–10 V), qui est commandé pour se fermer afin de réduire la pression et pour s'ouvrir en vue d'augmenter la pression.

Remarque : la fonction logicielle du régulateur Climatix peut également contrôler un registre modulant dans l'air extérieur. Cette partie de la fonction est utilisée pour le mélange actif et créer le débit de mélange.

CTA et échangeur de chaleur rotatif FläktGroup avec équilibrage automatique de la pression

ÉLIMINER LA
RECIRCULATION
DES PARTICULES
AÉROPORTÉES



FläktGroup

Recirculation – CTA



Les particules virales circulant dans les conduits de retour peuvent être réintroduites dans un bâtiment lorsque les centrales de traitement d'air centralisées sont équipées d'un dispositif de recirculation. Il est recommandé d'éviter la recirculation centrale pendant les épisodes de SARS-CoV-2 : fermer les volets de recirculation (soit par l'intermédiaire du système de gestion technique du bâtiment GTB soit manuellement). Cette action peut réduire fortement la puissance de chauffage ou de refroidissement de l'installation. Cela doit cependant être accepté par les occupants, car il est plus important de s'assurer de la santé de ces derniers que de leur garantir un confort thermique optimal.

Il est peu probable que les filtres d'air rejetés des CTA avec sections de recirculation soient d'une qualité permettant de retenir les particules virales. Cela ne doit cependant pas être une raison suffisante pour laisser les volets de recirculation ouverts, à moins qu'ils ne soient de classe HEPA H13 ou supérieure.

En dehors des heures de fonctionnement, les sections de recirculation peuvent aider à maintenir une température et une humidité optimales, mais doivent être désactivées dès qu'un bâtiment est occupé.

Cela ne doit être envisagé que dans les cas où la recirculation est désactivée par le système GTB/BMS.

Des filtres HEPA sont nécessaires en vue d'éliminer complètement les particules et les virus de l'air de retour. Cependant, en raison d'une perte de charge plus élevée et des cadres de filtre spéciaux requis, les filtres HEPA ne sont généralement pas faciles à installer dans les systèmes existants. Sinon, l'installation de conduits de dispositifs de désinfection, tels que l'irradiation germicide ultraviolette (UVGI) également appelée ultraviolet germicide (GUV), peut être utilisée. Il est essentiel que cet équipement soit correctement dimensionné et installé. REHVA prépare actuellement des recommandations sur le dimensionnement et l'installation des systèmes UV-C.

L'application des UV-C « dans les gaines » dans les systèmes de climatisation et les conduits de ventilation peut également être une approche pratique pour désinfecter les extraits contaminés ou dans les cas où il n'est pas possible d'arrêter la recirculation des flux de ventilation.¹⁶

Ces systèmes présentent peu d'avantages par rapport à la transmission de personne à personne dans la zone occupée, mais offrent un avantage lorsque les centrales de traitement d'air à soufflage/extraction font recirculer l'air de l'intérieur de l'espace ou du bâtiment.

Les Centers for Disease Control des États-Unis ont approuvé les systèmes des chambres supérieures et des gaines pour une utilisation dans le contrôle de la transmission de la tuberculose en complément de la filtration HEPA.¹⁶

La mise en place d'un tel système devrait permettre la remise en service des systèmes de recirculation à condition que la section de recirculation soit fermée en cas de défaillance du système UV-C.

FläktGroup peut fournir des solutions UV-C correctement dimensionnées pour désinfecter les composants ou le flux d'air en soufflage et/ou en extraction. Un système UV-C peut être monté sur une unité ou pour un montage gainable et est livré avec : pièges à lumière pour empêcher la lumière UV-C de s'infiltrer, hublots de sécurité et boîtiers construits avec des matériaux non sujets à la détérioration par rayons UV-C.

Pas d'utilisation de recirculation – ventilo-convecteurs

Il y a très peu de corrélation entre les pays sur l'utilisation des ventilo-convecteurs.

REHVA a produit un document spécifique pour le fonctionnement des ventilo-convecteurs :

« Document d'orientation spécifique REHVA COVID-19 – Utiliser des ventilo-convecteurs et éviter la recirculation »³

L'OFFRE FLÄKTGROUP

Dans les applications où des ventilo-convecteurs sont utilisés, nous recommandons d'éviter le mode de recirculation et d'assurer une ventilation suffisante de l'air extérieur.

Il existe deux options pour assurer la ventilation :

Une aération active par ouverture des ouvrants notamment des fenêtres, avec l'installation de capteurs de CO₂.

Ou l'installation d'un système de ventilation mécanique autonome. C'est le seul moyen de garantir à tout moment un apport en air extérieur suffisant dans les pièces.

Le taux de ventilation de l'air primaire doit être augmenté autant que possible dans les ventilo-convecteurs équipés d'un apport d'air primaire via le ventilo-convecteur.

Pour les pièces uniques ou les maisons avec ventilo-convecteurs, une aération régulière de l'espace est suffisante. Dans le cas de grandes pièces occupées par de nombreuses personnes, il est recommandé de faire fonctionner les ventilo-convecteurs en continu à faible vitesse. Si un type de commande de ce type n'est pas possible, les unités doivent être réglées en mode forcé. Pendant les heures d'occupation, laisser les fenêtres partiellement ouvertes pour assurer un certain degré de ventilation.

Des flux d'air soutenus d'une personne à une autre peuvent provoquer une infection. Par conséquent, une bonne distribution de l'air, c'est-à-dire fournir un taux de ventilation uniforme à une faible vitesse de l'air dans tous les points de la pièce, est essentielle.

Le nettoyage des conduits n'a pas d'effet pratique

Le nettoyage des conduits n'est pas nécessaire, car les virus ne restent viables que 2 à 3 jours sur les surfaces en plastique et en acier inoxydable. Dans les conduits, cette durée est probablement encore plus courte, car ils ne restent viables que pendant 3 heures dans les flux d'air.

Si le nettoyage des conduits est entrepris, les taux d'émission de poussière peuvent être très élevés. Les aspirateurs industriels sont généralement utilisés pour créer la pression et la vitesse de l'air nécessaires dans la partie du réseau de conduits en cours de nettoyage, et la poussière est collectée vers l'unité de filtre de l'aspirateur.

Ces unités sont généralement équipées de filtres HEPA qui sont également nécessaires pour retenir d'éventuelles particules virales. Par conséquent, l'équipement et les normes de nettoyage des conduits sont suffisants. Des informations détaillées sur la planification et l'équipement des travaux de nettoyage des conduits sont disponibles dans le Guide REHVA⁸.

Le personnel effectuant le nettoyage des conduits ou toute autre opération impliquant l'accès, en particulier, aux conduits d'évacuation d'air devra porter un EPI approprié (voir la section des filtres).

Le changement des filtres de l'air extérieur n'est pas nécessaire



Dans le contexte de la COVID-19, il a été demandé si les filtres sont à remplacer et quel est l'effet de protection dans de très rares cas de contamination virale extérieure, par exemple si les échappements d'air sont proches des entrées d'air. Les CTA des installations modernes de climatisation sont équipées de filtres performants, juste après la prise d'entrée d'air (filtre de classe F7 ou F8 ou ISO ePM2,5 et ePM1) qui filtrent très bien les particules fines de l'air extérieur. La taille des particules du coronavirus (de 80 à 160 nm), soit PM 0.1, est plus petite que la maille de passage des filtres F8 (efficacité de 65 à 90 % pour les PM1) mais la plupart de ces petites particules se dépose sur les fibres du substrat filtrant sous l'effet de mécanismes de diffusion. De plus, les particules de SARS-CoV-2 s'agrègent à des particules plus grosses déjà piégées sur la surface filtrante. Cela implique que, dans les rares cas où l'air extérieur est contaminé, des filtres performants standard procurent une protection raisonnable contre un air extérieur généralement à très faible concentration en virus ou occasionnellement contaminé.

Les sections de récupération de chaleur et de recirculation sont équipées de filtres à air d'extraction moins efficaces (G4/M5 ou ISO grossier / ePM10) qui visent à protéger les équipements de la poussière. Ces filtres n'ont pas à filtrer les petites particules, car les particules virales seront entraînées par l'air extrait (voir également la recommandation de ne pas utiliser la recirculation dans le paragraphe « Désactiver la recirculation de l'air »).

En ce qui concerne le remplacement de ces filtres, la procédure normale de remplacement peut être suivie. L'encrassement des filtres n'est pas une source de contamination dans ce contexte, mais il réduit le débit d'air neuf ce qui a, en soi, un effet négatif sur les contaminations à l'intérieur des locaux. En résumé, les filtres doivent être remplacés selon la procédure normale et seulement lorsque la perte de charge admissible ou la date limite sont dépassées. En conclusion, nous ne recommandons pas de changer les filtres en place ou de les remplacer par des filtres d'un autre type ; pas plus que nous recommandons de les changer avant la date normale de remplacement.

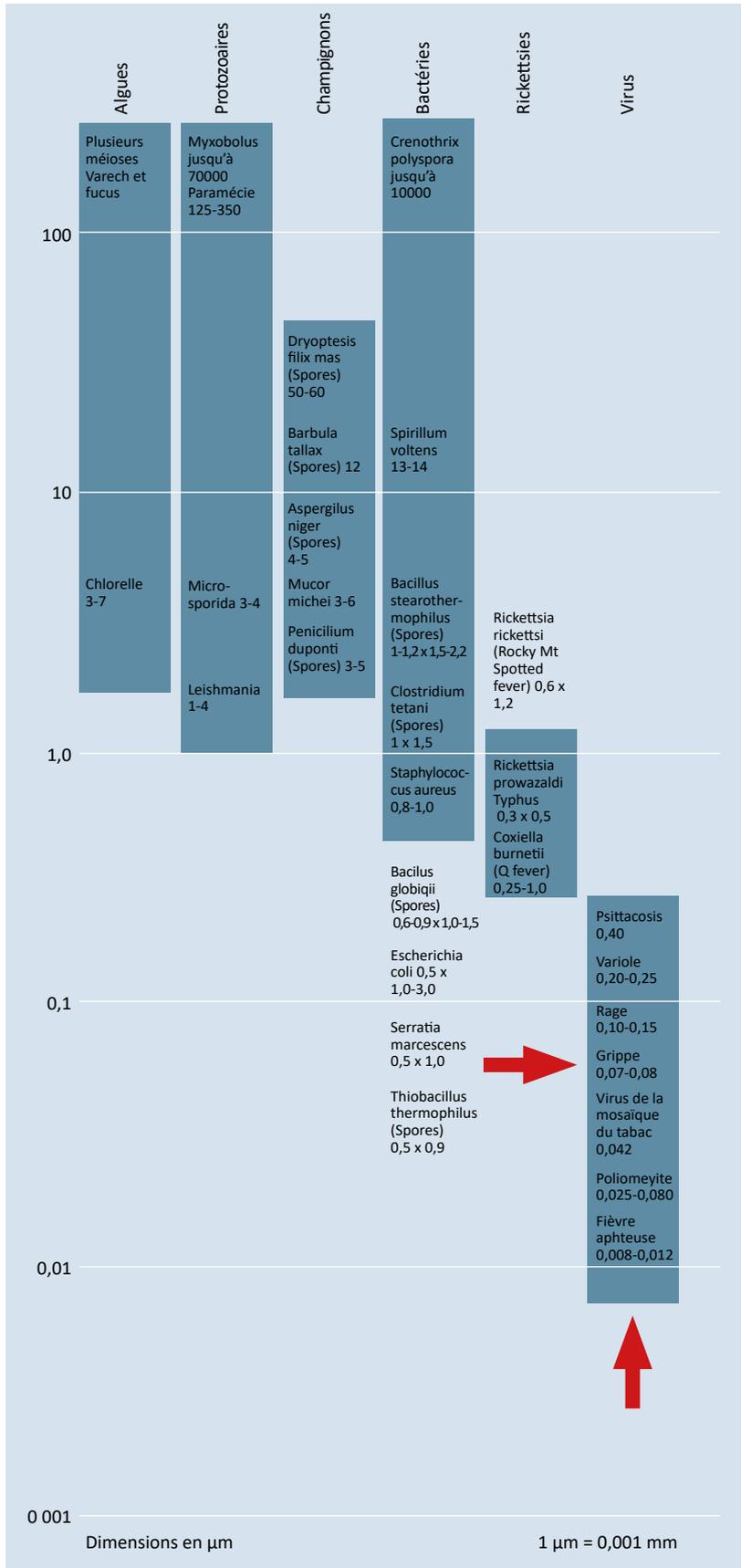
Le personnel de maintenance des systèmes CVC pourrait être exposé à un risque sanitaire lorsque les filtres (en particulier les filtres à air extrait) ne sont pas changés conformément aux procédures de sécurité standard. Pour éliminer ce risque, il est nécessaire de toujours supposer que les filtres peuvent contenir du matériel microbiologique et viral actif, y compris des virus viables. Ceci est particulièrement important dans tout bâtiment où il y a eu récemment une infection. Les filtres doivent être changés avec le système à l'arrêt, tout en portant des gants et une protection respiratoire, puis jetés dans un sac scellé.

LES VIRUS VARIENT ENTRE 0,01 ET 01 µM ET SONT CONSIDÉRÉS COMME LES PLUS PETITS MICRO-ORGANISMES

Le conseil Covid-19 v4 du RLT stipule que « La taille des plus petites particules virales dans les aérosols respiratoires est d'environ 0,2 µm (PM0,2), plus petite donc que la zone de capture des filtres F8 (efficacité de capture de 65 à 90 % pour les PM1). Néanmoins, la majorité du matériel viral se trouve déjà dans la zone de capture des filtres. Cela signifie que dans de rares cas d'air extérieur contaminé par des virus, les filtres à air extérieurs fins standard offrent une protection raisonnable en cas de faible concentration et d'occurrence occasionnelle de matériel viral dans l'air extérieur. » Ce conseil est également applicable pour les filtres à air de retour d'extraction à l'atmosphère ou pour les sections de recirculation.

FILTRATION SPÉCIFIQUE DANS LES HÔPITAUX

Pour les chambres d'isolement avec des patients atteints d'infections aéroportées, il y aura des niveaux élevés de particules virales. L'air évacué vers l'atmosphère doit être filtré à l'aide de filtres HEPA chaque fois qu'il y a un risque de contamination croisée de la sortie d'air évacué vers les fenêtres voisines ou les prises d'air extérieur. Pour les salles destinées aux patients atteints de maladies infectieuses, tout système de ventilation doit être mis à jour pour répondre aux exigences des chambres d'isolement.

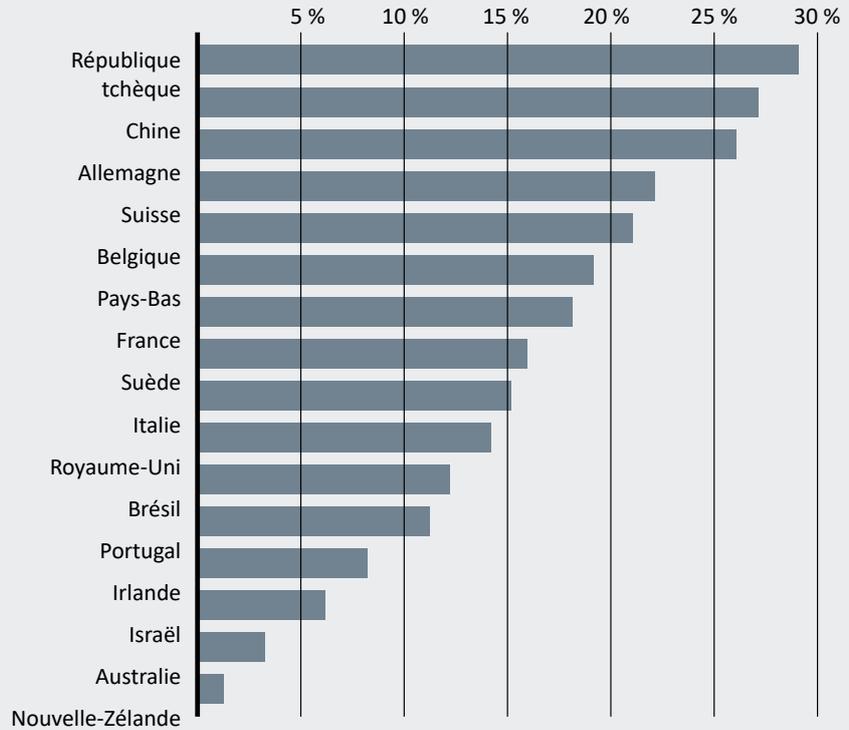


LIEN ENTRE LA POLLUTION ET LA COVID-19

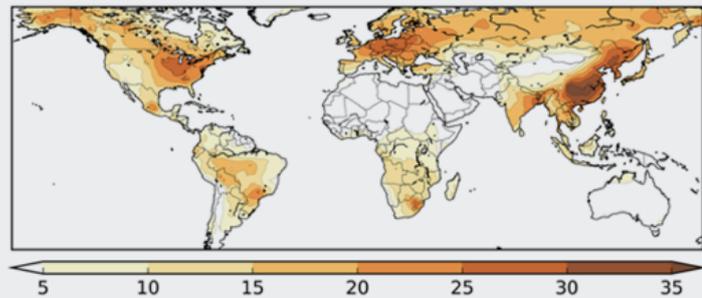
De plus en plus de preuves établissent un lien entre la pollution et la susceptibilité d'un impact accru dû à la Covid-19. 'Regional and global contributions of air pollution to risk of death from Covid-19'³¹

La conclusion était que « l'augmentation en pourcentage du risque de mortalité de la Covid-19 par mg/m³ d'augmentation de l'exposition aux PM2,5 était de 8 % » Cela équivaut à environ 19 % de la mortalité due à la Covid-19 en Europe.

POURCENTAGE DE DÉCÈS LIÉS À LA COVID-19 QUI POURRAIENT ÊTRE LIÉS À UNE EXPOSITION À LONG TERME À LA POLLUTION



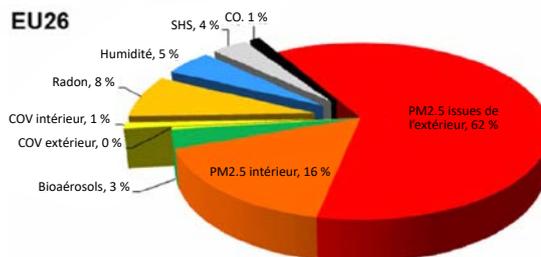
En utilisant cette formule, il est alors possible de prédire les pourcentages estimés de mortalité de la Covid-19 attribués à la pollution atmosphérique. La figure (à droite) présente les résultats. Plus la couleur est foncée, plus le risque est élevé.



L'étude ci-dessus est référencée dans une enquête demandée par la commission ENVI (Environnement, santé publique et sécurité alimentaire) du Parlement européen sur la pollution de l'air et la Covid-19. Dans cette étude, il y a un chiffre qui montre la charge de morbidité liée à la pollution de l'air intérieur. Comme on peut le voir, la grande majorité de la pollution intérieure est due aux particules PM2,5 provenant de l'extérieur. Il est clair que l'on mettra de plus en plus l'accent à l'avenir sur le filtrage de la pollution de l'air extérieur afin de minimiser la charge de morbidité.



CHARGE DE MORBIDITÉ DUE À LA POLLUTION INTÉRIEURE



Remarque : Sur la base de 26 pays de l'UE (aucune donnée n'a été obtenue de la Croatie et de Malte) (2,1 ; années de vie ajustées sur l'incapacité (DALY/an)
Source : Aikkalnen et al., 2016.

Flux d'air intenses et à grande vitesse

Les dernières recommandations de REHVA (version 4 publiée en novembre 2020) donnent des conseils détaillés sur la minimisation des vitesses de flux d'air élevées dans l'espace occupé et, par conséquent, la réduction du potentiel de transmission ultérieure. Les informations sont trop denses et complexes pour être résumées dans cette publication, il est donc conseillé de les télécharger à partir du site Web de REHVA. En outre, il existe un calculateur de risque de ventilation³⁸ conçu pour aider les experts qui ont lu et compris le document d'orientation COVID-19 connexe en vue d'effectuer une évaluation objective des avantages de la ventilation mécanique pour minimiser la transmission.

Alors que des études sont toujours en cours sur la façon dont le coronavirus se propage par voie aérienne, tout porte à penser que des mesures visant à modifier les modèles de circulation de l'air intérieur pourraient jouer un rôle dans la réduction de la transmission.

Certaines études ont montré que le coronavirus était probablement transmis lorsque des flux d'air intenses provenant de climatiseurs « split » ou de ventilo-convecteurs génèrent des flux d'air à haute vitesse qui propagent de grosses gouttelettes en provenance d'une personne infectée. Ces gouttelettes peuvent voyager sur une distance de plus d'un mètre – plus loin

que d'habitude, mais moins que la distance que les aérosols peuvent généralement parcourir. Des précautions doivent également être prises en cas d'augmentation du taux de ventilation générale pour s'assurer qu'ils ne sont pas mis sous pression positive de sorte que les particules virales soient poussées hors des pièces vers d'autres zones comme les couloirs.

La modification des circulations d'air en vue de créer un flux d'air vertical laminaire – l'air se déplaçant à la même vitesse et selon une trajectoire rectiligne – peut empêcher efficacement la transmission aéroportée de particules de coronavirus. Ce principe est déjà utilisé pour empêcher la propagation de particules dans plusieurs contextes. Par exemple, les salles blanches et les salles d'opération d'hôpitaux minimisent la contamination grâce à des systèmes sophistiqués pour diriger l'air du plafond vers le sol de manière unidirectionnelle (écoulement laminaire).

Dans certains cas, on pourrait envisager d'ajouter des barrières physiques, comme des cloisons qui séparent les espaces ouverts, pour gérer les flux d'air dans les pièces. Certains gestionnaires d'immeubles et d'autres voudront peut-être prendre des mesures pour empêcher la contamination entre les pièces, ce qui pourrait se produire s'il s'avère que le coronavirus se propage par transmission aérienne. Ces solutions peuvent inclure l'installation de portes ou de rideaux d'air.

Les purificateurs d'air peuvent être utiles dans certaines situations

Les purificateurs d'air en captant les particules en suspension dans l'air procurent un effet comparable à la ventilation. Pour être efficaces, les purificateurs d'air doivent posséder un filtre d'une efficacité HEPA.

Les produits basés sur le principe de la filtration électrostatique (pas le même que celui des chambres à ionisation !) fonctionnent aussi, souvent assez bien. Les appareils portables de purification de l'air peuvent être utiles dans les petites pièces, bien qu'il faille reconnaître que ces appareils doivent être dimensionnés de manière appropriée pour l'espace.¹⁶

Il existe une nouvelle gamme de purificateurs d'air AP BIO – disponibles auprès de FläktGroup – sur lesquels le média filtrant neutralise le matériel viral. Le flux d'air à travers les purificateurs d'air a généralement été limité, la surface au sol qu'ils peuvent desservir efficacement est normalement assez petite, typiquement moins de 10 m². La gamme de purificateurs d'air AP BIO FläktGroup peut purifier en toute sécurité des pièces jusqu'à 50 m². Cela correspond aux articles publiés qui déclarent que « les purificateurs d'air étaient également efficaces contre l'élimination des spores bactériennes et fongiques en suspension dans l'air à des débits d'air pur compris entre 26 et 980 m³/h, ce qui

correspond à un nettoyage efficace entre 5 et 189 m³ de volumes de pièce respectivement. »¹⁶ Si, néanmoins, on décide d'utiliser ces appareils (une fois encore : augmenter la ventilation est souvent beaucoup plus efficace), il est recommandé de placer l'appareil aussi près que possible de la zone à protéger.

Les équipements spécifiques utilisant les UV destinés à être installés de façon fixe pour traiter l'air neuf ou pour le traitement in situ de locaux, sont aussi efficaces, car ils détruisent bactéries et virus, mais l'application de cette technique n'est réellement souhaitable que pour les établissements de santé. Le document guide REHVA vise les bâtiments non résidentiels courants et dans ce cas, l'air extérieur n'est PAS une source de contamination. Par conséquent, le traitement UV de l'air extérieur dans les unités de traitement d'air n'est pas nécessaire. C'est la raison pour laquelle ils ne recommandent pas les applications UV.

Traitement UV-C de l'air rejeté, en particulier lorsque la CTA centrale dispose d'une section de recirculation, pour assurer un fonctionnement économique du système de ventilation. Le plus grand soin devrait être pris pour s'assurer que la solution UV-C a été correctement dimensionnée.

L'OFFRE FLÄKTGROUP

FläktGroup peut fournir des solutions UV-C correctement dimensionnées pour désinfecter les composants ou le flux d'air en soufflage et/ou en extraction. Un système UV-C peut être monté sur une unité ou pour un montage gainable et est livré avec : pièges à lumière pour empêcher la lumière UV-C de s'infiltrer, hublots de sécurité et boîtiers construits avec des matériaux non sujets à la détérioration par rayons UV-C.

Spécificités des visites de service

- **Garder la ventilation des toilettes en fonctionnement 24h/24 et 7 jours/7**

Les systèmes d'extraction des toilettes, s'ils existent, doivent être vérifiés par un technicien de service pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement. Les ventilateurs qui ne fonctionnent pas doivent être remplacés. Les systèmes de ventilation par aspiration des toilettes doivent entraîner une sous-pression telle qu'ils créent un mouvement d'air qui est peu susceptible de propager des particules virales en suspension dans l'air, en particulier pour éviter la transmission fécale-orale. Les toilettes sont des zones à fort trafic où le contact humain avec les surfaces est inévitable. Le risque de transmission du virus dans les toilettes est élevé. De plus, la COVID-19 peut se répandre dans l'atmosphère lors de la chasse d'eau des toilettes.

Cependant, l'ouverture des fenêtres, lorsque celles-ci sont présentes dans des WC équipés de conduit à tirage naturel ou d'une extraction mécanique, peuvent provoquer un flux d'air contaminé des toilettes vers d'autres pièces, ce qui peut être à l'origine d'une circulation inversée de l'air. L'ouverture des fenêtres doit dans ces conditions être évitée. Lorsqu'il n'existe pas de dispositifs spécifiques, l'ouverture de la fenêtre des toilettes, si elle ne peut pas être évitée, doit être accompagnée de l'ouverture de fenêtres dans d'autres pièces, de façon à créer un courant d'air traversant le bâtiment.

FläktGroup propose une gamme de ventilateurs d'extraction pouvant être fournis pour les systèmes de toilettes. Si la position de la grille d'évacuation des toilettes est telle que l'air d'extraction peut être inhalé par des personnes, il faut envisager d'installer un filtre HEPA sur le système au moins de qualité H13. FläktGroup peut les fournir si nécessaire.

- **Basculer les unités de traitement d'air avec recirculation à 100 % d'air neuf**

La recirculation de l'air potentiellement contaminé n'est pas recommandée. Le volet de toute section de recirculation d'une CTA doit être fermé. Cela peut être possible via le système GTB/BMS mais peut également être effectué manuellement au cours d'une visite d'entretien.

Les techniciens de service FläktGroup, lorsqu'ils sont disponibles, peuvent entreprendre ce travail si nécessaire.

- **Inspecter les CTA et les roues thermiques pour établir les éléments suivants**

– Vérifier l'emplacement des ventilateurs. Si les deux ventilateurs se trouvent du côté système de la roue, FläktGroup peut conseiller sur les unités de remplacement ou sur l'ajout d'une section UV-C.

– Vérifier si la roue comporte une section de purge. Si la roue ne comporte pas de secteur de purge, FläktGroup peut fournir une roue de remplacement.

– Vérifier l'équilibre de pression pour s'assurer que le flux d'air interne est dans le sens de l'air neuf propre vers l'air extrait sale.

Les techniciens de service FläktGroup, lorsqu'ils sont disponibles, peuvent entreprendre ce travail si nécessaire.

- **Inspecter l'équipement de récupération de chaleur pour s'assurer que les fuites sont sous contrôle**

Les échangeurs de chaleur à plaques peuvent présenter des fuites. Un test contrôlé à la fumée peut être effectué pour vérifier la direction de toute fuite. Les fabricants d'échangeurs de chaleur à plaques certifiés Eurovent déclarent les fuites de leurs équipements. Ce chiffre est typiquement compris entre 1 % et 2 %

REHVA a établi une méthodologie pour mesurer les fuites dans les unités avec échangeurs de chaleur rotatifs. Voir les détails ci-dessous.

Les techniciens de service FläktGroup, lorsqu'ils sont disponibles, peuvent entreprendre ce travail si nécessaire.

- Méthode d'estimation des fuites (EATR) pour les tests sur site
- Le test précis des fuites internes doit être effectué au laboratoire. Cependant, un projet de nouvelle norme à venir (prEN 308) fournit une méthode simple pour l'estimation de l'EATR par mesure de température qui peut être effectuée sur place. La procédure d'essai comprend des mesures des températures t11, t21, t22 en régime permanent avec la roue thermique arrêtée.

- Ensuite, l'EATR est calculé comme suit :
$$EATR = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$$

Où,

- t11 est la température de l'entrée d'air en extraction ;
- t21 est la température de l'entrée d'air en soufflage ;
- t22 est la température de la sortie d'air en soufflage ;
- La part des fuites liée à la rotation de la roue (report) ne peut être déterminée par cette méthode.

- **Remplacer les filtres pour l'air extérieur et l'air extrait comme d'habitude, selon le calendrier d'entretien**

En général, il est avisé de partir du principe que les filtres contiennent des matières microbiologiques actives. On ignore si cela représente un risque important de maladie infectieuse dû aux virus, mais le principe de précaution suggère que des précautions doivent être prises. Cela devient particulièrement important dans tout bâtiment (y compris résidentiel) où il existe des cas connus ou similaires de toute maladie infectieuse, y compris la COVID-19. Le système doit être éteint lors du changement des filtres et en prenant toutes les mesures de protection nécessaires comme le port de gants, y compris un masque FFP3 si disponible, à l'extérieur si possible et jeté dans un sac scellé.

Les filtres de ventilation générale ne sont pas conçus pour retenir les particules virales. L'ajout de filtres HEPA peut être bénéfique pour les zones critiques, mais il est peu probable que ce soit une solution pratique pour les systèmes de ventilation générale.

Les techniciens de service FläktGroup, lorsqu'ils sont disponibles, peuvent entreprendre ce travail si nécessaire.

- **Respecter les mesures de protection habituelles, y compris une protection respiratoire, lors des travaux de remplacement et d'entretien réguliers des filtres**

Toutes les équipes de service de FläktGroup sont équipées de l'EPI nécessaire pour garantir le retrait des filtres en toute sécurité et ont reçu des instructions claires pour jeter les filtres usagés en toute sécurité.

Les techniciens de service FläktGroup, lorsqu'ils sont disponibles, peuvent entreprendre ce travail si nécessaire.

Notes de clarification des documents de recherche liant la ventilation ou la climatisation à la transmission de virus

À ce jour, nous avons eu connaissance d'au moins trois documents de recherche ou articles qui lient la ventilation ou la climatisation à la transmission de virus. Le but de cette section est d'analyser ces articles et de déterminer s'ils sont applicables aux produits FläktGroup. Cela permettra aux technico-commerciaux d'avoir des discussions avec les clients sur la base du contenu réel des documents plutôt que sur des ouï-dire ou des gros titres de journaux inexacts.

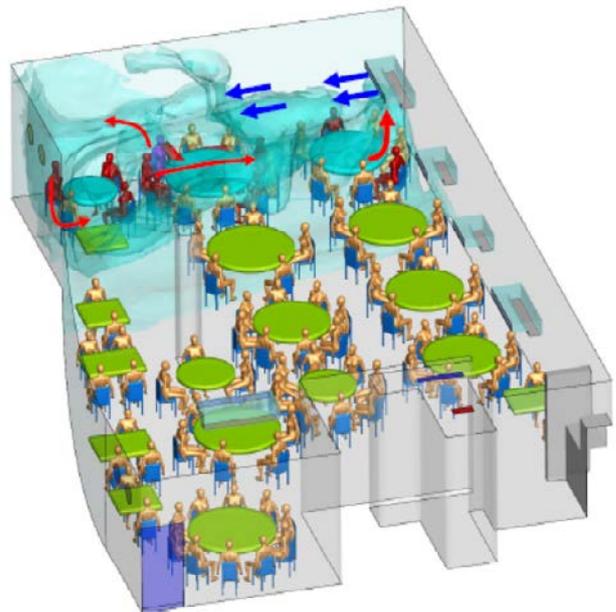
De nombreuses personnes ont fait référence à un article de recherche intitulé « COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China » Cet article est en fait intitulé « Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant »²⁰

Il ne s'agissait PAS d'un système central de soufflage et d'extraction et les conclusions du rapport sont présentées ci-dessous.

« De petites gouttelettes aérosol (<5 µm) chargées de virus peuvent rester dans l'air et parcourir de longues distances, > 1 m. Cependant, aucun membre du personnel ni aucun autre client du restaurant X n'a été infecté. **De plus, les échantillons de frottis du climatiseur étaient tous négatifs aux nucléotides.** Cette constatation est moins cohérente pour la transmission par aérosol. Cependant, les aérosols auraient tendance à suivre le flux d'air, et les concentrations plus faibles d'aérosols à de plus grandes distances auraient peut-être été insuffisantes pour provoquer une infection dans d'autres parties du restaurant. »²⁰

« Nous concluons que dans cette épidémie, la transmission de gouttelettes a été provoquée par une ventilation climatisée. **Le principal facteur d'infection était la direction du flux d'air.** Il convient de noter que le patient B3 était asymptomatique et 1 % des patients de cette épidémie étaient asymptomatiques, ce qui constituait une source potentielle d'épidémies parmi le public. Pour éviter la propagation de la COVID-19 dans les restaurants, nous recommandons de renforcer la surveillance de la température, d'augmenter la distance entre les tables, **et d'améliorer la ventilation.** »²⁰

Seules les personnes dans le modèle de projection de l'unité de climatisation spécifique ont été infectées.



Le 11 juillet, le journal Telegraph, publié au Royaume-Uni, a rendu public un article intitulé « Ouvrez les fenêtres tout en utilisant la climatisation, disent les experts alors que l'OMS change de position sur le coronavirus aéroporté. Les unités qui n'utilisaient que de l'air recyclé pourraient aggraver la propagation des particules virales » ²¹

Un autre quotidien britannique, The Daily Mail, a copié le contenu et, le 12 juillet, a publié un article où les experts britanniques préconisent d'éteindre la climatisation pour réduire le risque de propagation du coronavirus car l'OMS admet que l'agent pathogène peut se propager sous la forme de minuscules gouttelettes flottantes. ²²

Il convient de noter que cela concerne uniquement les climatiseurs « split ». L'article cite le Dr Shaun Fitzgerald, l'un des auteurs du conseil CIBSE (clause spécifique ci-dessous), qui explique : « La stratégie recommandée à l'heure actuelle, si vous avez l'une de ces unités split, est d'ouvrir la fenêtre et de sacrifier votre souhait d'un environnement froid ou plus frais. S'il y a un minimum de vent, il déplacera l'air. Si vous ne pouvez pas ouvrir une fenêtre, éteignez l'appareil. »

Une nouvelle étude a été publiée après une enquête à l'hôpital de l'Oregon Health and Science University (OHSU), intitulée « Identification of SARS-CoV-2 RNA in Healthcare Heating, Ventilation, and Air Conditioning Units » ²³

La conclusion était que « cette enquête démontre la présence d'ARN du SARS-CoV-2 à plusieurs endroits dans les CTA mécaniques, et plus spécifiquement, les CTA desservant plusieurs étages d'une tour d'hôpital dans laquelle étaient hébergés des patients COVID-19. »

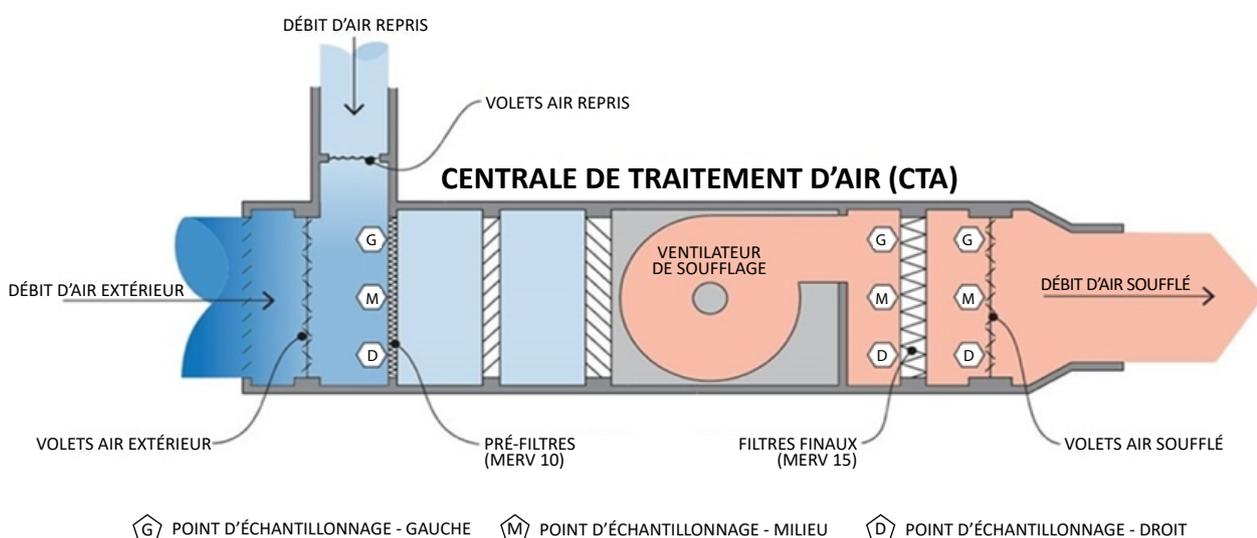
GUIDE VENTILATION CIBSE COVID-19 4.2.7 Systèmes « split »

Dans une pièce / un espace, ces systèmes permettent de fournir un confort thermique en réchauffant ou en refroidissant l'air intérieur et le mouvement d'air qu'ils génèrent peut aider à éviter les zones d'air stagnantes dans une pièce. Cependant, il est important de comprendre qu'ils ne fournissent pas d'air extérieur dans la pièce/espace et sans une source dédiée d'apport en air extérieur dans une pièce, ils peuvent être responsables de la recirculation et de la propagation des particules virales en suspension dans l'air sur le trajet des usagers d'un bâtiment socialement éloignés. Veiller à ce qu'il existe une source d'air extérieur (ventilation naturelle ou mécanique) lorsque ces climatiseurs sont en fonctionnement.

« Le potentiel infectieux de ce matériel génétique viral est actuellement inconnu. »

Les pré-filtres sont évalués à MERV10 (l'équivalent européen est M5, ePM10 <60 %) et les filtres finaux sont évalués à MERV15 (l'équivalent européen est F9, ePM1 > 80 %)

Cependant, comme le montre le schéma de la centrale ci-dessous, la CTA est une unité de recirculation. Cela doit être souligné dans toutes les conversations avec les clients à ce sujet.



Un document de recherche intitulé « Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients »²⁴

L'étude a été entreprise dans des salles d'isolement pour infections aéroportées (AIIR) au Centre national des maladies infectieuses, à Singapour. Ces pièces avaient 12 renouvellements d'air par heure, une température moyenne de 23 °C, une humidité relative de 53 à 59 % et un débit d'extraction de 579,6 m³/h.

« L'ampleur de la contamination environnementale que nous avons trouvée dans notre étude pourrait être attribuable à la contamination directe par le toucher du patient ou du personnel soignant après un contact avec des fluides respiratoires infectés. Cependant, la contamination par les gouttelettes respiratoires émises par la toux et les éternuements, ainsi que par les aérosols respiratoires, est également plausible. La contamination des sites de surface peu fréquemment touchés (bouches d'aération et sol) conforte cette dernière hypothèse. »²⁴

Bien que les bouches d'aération se soient avérées contaminées, aucune étude n'a été menée pour vérifier si des particules retournaient dans le système de ventilation. Le système de ventilation en soi n'est pas décrit dans l'article. La taille des chambres et la proximité du patient infecté par rapport à la grille d'aération ne sont pas non plus indiquées.

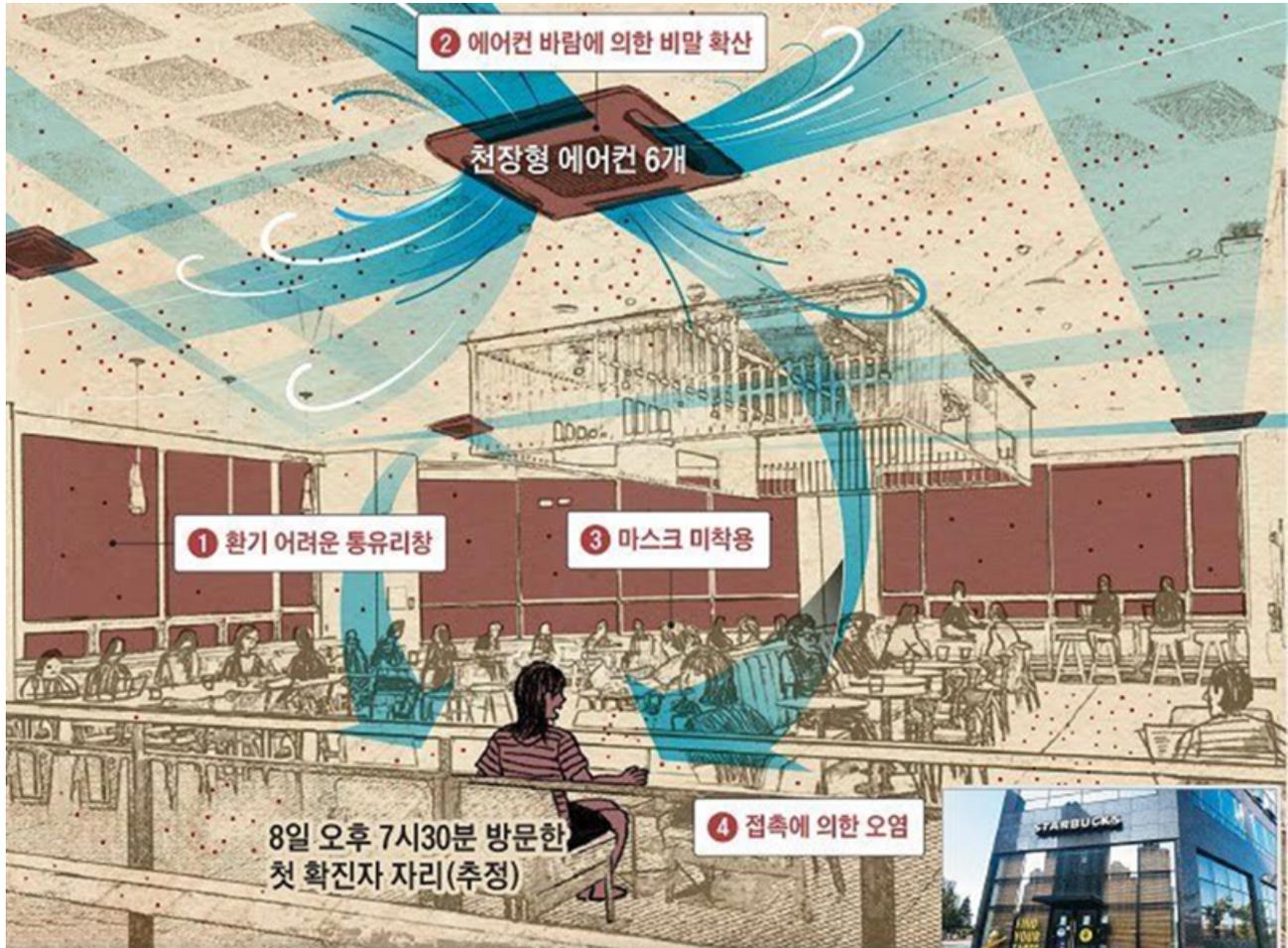
Un document de recherche intitulé « Airborne transmission of COVID-19: epidemiologic evidence from two outbreak Investigations » par Ye Shen, et al. a été publié en avril 2020²⁶

Il met en relation la transmission de la COVID-19 avec la « climatisation ». L'épidémie a été associée à un atelier de formation du 12 au 14 janvier dans la ville de Hangzhou, province du Zhejiang. Il a accueilli 30 participants de différentes villes, qui ont réservé des hôtels individuellement et n'ont pas mangé ensemble dans le local de l'atelier. L'atelier comportait quatre séances de groupe de 4 heures, qui se sont déroulées dans deux salles fermées de 49 mètres carrés et 75 mètres carrés. Une minuterie automatique sur les climatiseurs centraux **a fait circuler l'air dans chaque pièce pendant 10 minutes toutes les quatre heures, en utilisant « un mode de recirculation intérieure »**. Aucun stagiaire n'était réputé être symptomatique pendant l'atelier. Au cours de la période allant du 16 au 22 janvier 2020, 15 d'entre eux ont été diagnostiqués positifs au COVID-19.

Cela suggère que la circulation d'air dans la salle de conférence était en grande partie contenue, exposant continuellement les participants à l'atelier. Le taux d'attaque particulièrement élevé, approchant les 50 %, est alarmant et suggère que les grands rassemblements communautaires, en particulier ceux dans des environnements clos avec une ventilation minimale, devraient être limités.

« RAPPORTS D'UN SUPER-ÉPANDEUR COVID-19 CHEZ STARBUCKS EN CORÉE DU SUD LIÉ À LA CLIMATISATION »³⁴

Ceci était un autre exemple de la transmission liée aux vitesses élevées du flux d'air associées aux cassettes de climatisation montées au plafond.



« CORONAVIRUS DÉTECTÉ DANS LE SYSTÈME DE VENTILATION DE L'HÔPITAL »³⁵

Des traces de Covid-19 ont été trouvées dans les filtres du système d'évacuation d'air jusqu'à 50 mètres des salles où les patients atteints de Covid étaient traités. Les unités sont de type interconnectées. Il n'y a aucun risque de recirculation de particules actives virales de la Covid. Le virus que les chercheurs ont trouvé n'était pas actif, il n'était donc pas contagieux.

Il est probable que les particules actives virales de la Covid sont entrées dans le conduit et ont séché, puis a été transportées par le courant d'air vers les filtres. Les conduits eux-mêmes ont également été testés et sont revenus négatifs pour Covid.

EXAMEN DES STRATÉGIES DE VENTILATION POUR RÉDUIRE LE RISQUE DE TRANSMISSION DE MALADIES DANS LES BÂTIMENTS À OCCUPATION ÉLEVÉE³⁹

Ce document a reçu une certaine publicité dans la presse spécialisée britannique. Il préconise la ventilation naturelle comme une meilleure alternative aux systèmes alimentés par des centrales de traitement d'air. Cependant, il se réfère à tort aux normes actuelles de taux de ventilation de l'ASHRAE de 5 L/s/personne et pour les immeubles de bureaux 2,5 L/s/personne. La réglementation du bâtiment Partie F (NBS, 2013b) exige un débit de ventilation minimum de 10 L/s/personne pour les applications de bureau et la norme EN 13779 suggère pour une qualité d'air intérieur moyenne un chiffre compris entre 10 et 15 L/s/personne (> 15 L/s/personne pour une QAI élevée). Ces ventilations sont exceptionnellement difficiles à réaliser avec une ventilation naturelle.

De plus, cet article suggère que les CTA sont associées « principalement » à des méthodes de ventilation qui produisent « des flux d'air turbulents et mélangés dans les pièces ». Ce n'est pas la CTA qui produit des vitesses d'écoulement d'air élevées dans la zone occupée, le réseau de distribution en produit tout autant. L'article poursuit en suggérant que les systèmes de ventilation par déplacement ne sont disponibles qu'en utilisant des systèmes de ventilation naturelle. Ce n'est pas le cas. Les CTA peuvent être utilisées pour fournir l'air de soufflage et d'extraction pour les systèmes de ventilation à déplacement.

Bibliographie

La Fédération des associations européennes de chauffage, de ventilation et de climatisation (REHVA) est une organisation faitière regroupant des chercheurs, experts, techniciens et ingénieurs CVC de plusieurs pays européens. Ils ont une page de conseils dédiée à la Covid-19 ; <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>

Cette page comprend également une section FAQ et est mise à jour périodiquement. Ils ont publié les documents guides spécifiques suivants :

1. REHVA COVID-19 **document guide ver3**
2. REHVA COVID-19 document guide spécifique
Limite des fuites d'air à travers l'échangeur de chaleur rotatif
3. REHVA COVID-19 document guide spécifique
Utilisation de ventilo-convecteurs et évitement de la recirculation
4. The Johns Hopkins University est une université de recherche privée située à Baltimore, dans le Maryland. Fondée en 1876. Ils ont été la principale agence de suivi de la propagation de la COVID-19 aux États-Unis. Ils ont une page Web régulièrement mise à jour donnant des détails sur tous les aspects de la COVID-19. https://www.hopkinsguides.com/hopkins/view/Johns_Hopkins_ABX_Guide/540747/all/Coronavirus_COVID_19_SARS_CoV_2_?q=aerosol+covid-9
5. **Les systèmes CVC peuvent-ils aider à empêcher la transmission de la COVID-19 ?** Articles rédigés par l'Advanced Industries Practice de McKinsey & Company. McKinsey & Company est une société américaine de conseil en gestion, fondée en 1926 par le professeur James O. McKinsey de l'Université de Chicago, qui fournit des conseils sur la gestion stratégique aux entreprises, gouvernements et autres organisations. Les auteurs incluent Stephanie Balgeman, Ben Meigs, Stephan Mohr, Arvid Niemöller et Paolo Spranzi.
6. Eurovent a publié un document qui rassemble les conseils des organisations professionnelles du Royaume-Uni, d'Allemagne, de Belgique, de France, d'Italie et de REHVA. <https://eurovent.eu/?q=articles/covid-19-gen-112900>
7. **Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature**
Anice C. Lowen, et al. October 19, 2007
8. **High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs.**
John D. Noti, Francoise M. Blachere, Cynthia M. McMillen, William G. Lindsley, Michael L. Kashon, Denzil R. Slaughter, Donald H. Beezhold. February 27, 2013
9. **Relationship between Humidity and Influenza A Viability in Droplets and Implications for Influenza's Seasonality.**
Wan Yang, Subbiah Elankumaran, Linsey C. Marr.
October 3, 2012
10. **Decline in temperature and humidity increases the occurrence of influenza in cold climate.**
Kari Jaakkola, Annika Saukkoriipi, Jari Jokelainen, Raija Juvonen, Jaana Kauppila, Olli Vainio, Thedi Ziegler, Esa Rönkkö, Jouni JK Jaakkola, Tiina M Ikäheimo and the KIAS-Study Group. Environmental Health 2014,
11. **Bacterial colonization and succession in a newly opened hospital**
Simon Lax, Naseer Sangwan, Daniel Smith, Peter Larsen, Kim M. Handley, Miles Richardson, Kristina Guyton, Monika Krezalek, Benjamin D. Shogan, Jennifer Defazio, Irma Flemming, Baddr Shakhshere, Stephen Weber, Emily Landon, Sylvia Garcia-Houchins, Jeffrey Siegel, John Alverdy, Rob Knight, Brent Stephens, Jack A. Gilbert.
Publié en 2017
12. **'Effects of temperature, humidity, and diurnal temperature range on influenza incidence in a temperate region'**
Ji-Eun Park, Woo-Sik Son, Yeonhee Ryu, Soo Beom Choi, Okyu Kwon, Insung.. 13 septembre 2019.
13. **ASHRAE handbook.**
Chapter 22 – Humidifiers.
14. **Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces.**
Lisa M. Casanova, Soyoung Jeon, William A. Rutala, David J. Weber, and Mark D. Sobsey. Publié le 26 février 2010.
15. **High Temperature and High Humidity Reduce the Transmission of COVID-19**
Jingyuan Wang, Ke Tang, Kai Feng and Weifeng Lv.
March 9, 2020
16. **How can airborne transmission of Covid-19 indoors be minimised?**
Lidia Morawska et al. 2020
17. **Eurovent REC 6-15 - Air leakages in Air Handling Units - First Edition – 2020**
18. **The use of ambient humidity conditions to improve influenza forecast.**
Jeffrey Shaman et al. 2017

19. **CIBSE COVID-19 VENTILATION GUIDANCE. Version 2, 12th May 2020**
20. **Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant.**
Yuguo Li, et al. 2020. Également intitulé « COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China »
21. Publication en ligne. <https://www.telegraph.co.uk/global-health/science-and-disease/turn-air-conditioning-experts-say-shifts-stance-airborne-coronavirus/>
22. On-line publication. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-8514027/British-experts-say-turn-air-conditioning-reduce-risk-spreading-coronavirus.html>
23. **Identification of SARS-CoV-2 RNA in Healthcare Heating, Ventilation, and Air Conditioning Units.**
Patrick F. Horve, et al. 2020
24. **Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients.**
Po Ying Chia, et al. 2020
25. **RLT Betrieb Raumluftechnischer Anlagen unter den Randbedingungen der aktuellen Covid-19-Pandemie 03.08.2020, Version 3**
26. **Airborne transmission of COVID-19: epidemiologic evidence from two outbreak investigations.**
Ye Shen, et al. 2020
27. **Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19.** European Centre for disease prevention and control 22 June 2020.
28. **2019 Novel Coronavirus (COVID 19) Pandemic Built Environment Considerations To Reduce Transmission.**
Dietz L, et al. Apr 2020
29. **Coronavirus Disease Outbreak in Call Center, South Korea.**
Shin Young Park, et al. August 2020
30. **A psychrometric model to predict the biological decay of the SARS-CoV-2 virus in aerosols.**
Clive B. Beggs and Eldad J. Avital. Novembre 2020
31. **Regional and global contributions of air pollution to risk of death from COVID-19.**
Andrea Pozzer et al. Octobre 2020
32. **Air pollution and COVID-19.** UNE ÉTUDE demandée par la commission ENVI du Parlement européen. Janvier 2021
33. **Air pollution — COVID-19 — Indoor Air Quality (IAQ).**
Un document général Eurovent GEN – 1199.00. Janvier 2021
34. **“Reports of a Covid-19 superspreader at Starbucks in Korea linked to Air Conditioning”**
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-08-25/this-starbucks-in-south-korea-became-a-beacon-for-mask-wearing>
35. **“Coronavirus found in hospital ventilation system” Long-distance airborne dispersal of SARS-CoV-2 in COVID-19 wards.**
Karolina Nissen et al. Novembre 2020
36. **Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications.**
G. Buonanno et al. Août 2020
37. **Estimation of airborne viral emission Quanta emission rate of Covid for infection risk assessment.**
G. Buonanno et al. Mai 2020
38. <https://www.rehva.eu/covid19-ventilation-calculator>
39. **Review of ventilation strategies to reduce the risk of disease transmission in high occupancy buildings.**
Tom Lipinski et al. Septembre 2020

FläktGroup[®]

www.flaktgroup.com