

STRATEGIES DES SYSTEMES HVAC POUR PREVENIR LA TRANSMISSION DE COVID-19

HVAC SYSTEMS STRATEGIES TO PREVENT THE TRANSMISSION OF COVID 19

CHAFI Fatima Zohra*

Soumis : le 15 septembre 2022 Accepté : le 10 décembre 2022

Résumé :

L'objectif du présent manuscrit est de mettre la lumière sur les différents types de systèmes HVAC qui contribuent à la transmission du virus et qui peuvent être en même temps, une mesure de prévention efficace. Tout milieu intérieur doit disposer d'une ventilation adéquate; mesure susceptible de diminuer la concentration des aérosols en suspension dans l'air, ce qui pourrait contribuer à réduire les risques de propagation de la COVID-19.

Cette question relève des instances gouvernementales, il est impératif d'adopter, outre que les mesures sanitaires, sociales et administratives, des mesures d'ingénierie qui comprennent des changements à la structure physique, à l'équipement ou à la disposition d'un espace pour réduire le risque de transmission. Il peut s'agir, en premier lieu, de changements à l'utilisation des systèmes CVC du bâtiment, Chauffage, de Ventilation et de Climatisation.

Mots-clés : Covid 19, systèmes HVAC, gestion de la ville, engineering.

Abstract :

The objective of this manuscript is to shed light on the different types of HVAC systems that contribute to the transmission of the virus and which can at the same time be an effective prevention measure. Any indoor environment must have adequate ventilation; measure likely to reduce the concentration of airborne aerosols, which could help reduce the risk of spreading COVID-19.

This is a matter for government authorities, it is imperative to adopt, in addition to health, social and administrative measures, engineering measures that include changes to the physical structure, equipment or layout of a space to reduce the risk of transmission. These may include, first, changes to the use of the building's HVAC, Heating, Ventilation and Air Conditioning systems.

Key words: Covid 19, HVAC systems, city management, engineering

* : **Fatima Zohra CHAFI**: Institut de Gestion des Techniques Urbaines, Université de Constantine 3, fatima.chafi@univ-constantine3.dz

INTRODUCTION

Depuis l'apparition de la COVID 19, les chercheurs de par le monde se sont penchés sur des recherches visant la compréhension de la propagation du virus dans les milieux intérieurs. Une série de mesures de contrôle de la transmission du SRAS-CoV-2 dans ces milieux a pris au début des mesures individuelles telles que le port du masque et la distanciation physique. À l'heure actuelle, les mesures de prévention ont connu une hiérarchisation pour la lutte contre cette pandémie. D'après le rapport du groupe d'experts scientifiques et techniques du gouvernement du Québec [1], cette hiérarchie vise à réduire les risques de transmission en organisant les méthodes de contrôle en fonction de leur applicabilité en milieu populationnel et de l'efficacité potentielle de leur mise en œuvre dans différentes catégories. Ce cadre de référence comprend respectivement quatre grandes catégories de mesures : Mesures de Minimisation des contacts et de leur durée ainsi que de distanciation physique, Mesures Techniques et d'ingénierie, Mesures Administratives et des Mesures de protection individuelle.

Les mesures d'ingénierie ont pris une grande place pour faire face à cette pandémie où il a été prouvé que le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est augmenté dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupants, et lorsque la durée d'exposition est prolongée, ce qui a été démontré par l'INSPQ (Institut National de Santé Publique du Québec [2]. Depuis, plusieurs études ont mis l'accent sur l'importance de la ventilation au sein des milieux clos pour la lutte contre la COVID 19. Si la ventilation naturelle était une des solutions entreprises [3][4][5][6] pour minimiser la propagation du virus dans les enceintes, la ventilation mécanique demeure la stratégie la plus efficace pour le contrôle de la dispersion des particules du SRAS-CoV-2 [7][8].

En Algérie, l'une des directives données à la population pour diminuer la transmission de la COVID 19 est l'aération par l'ouverture des fenêtres et donc l'appel à la ventilation naturelle. Malgré que cette pratique puisse être efficace mais trouve de sérieuses limites. Une étude entreprise par Sowoo Park, Younhee Choi, D. Song, Eun Kyung Kim][9] , Cette étude utilise des mesures sur le terrain pour analyser les performances de ventilation naturelle dans un bâtiment scolaire en fonction des taux d'ouverture des fenêtres, des positions et des conditions météorologiques. Les taux de ventilation ont été calculés par la méthode de décroissance du gaz traceur et le risque d'infection a été évalué à l'aide de l'équation de Wells-Riley. Dans des conditions de ventilation croisée, les taux de ventilation moyens ont été mesurés à 6,51 h⁻¹ pour une ouverture de fenêtre de 15 % et à 11,20 h⁻¹ pour une ouverture de fenêtre de 30 %. Pour la ventilation unilatérale, les taux de ventilation ont été réduits à environ 30 % des valeurs des cas de ventilation croisée. La probabilité d'infection est inférieure à 1 % dans tous les cas lorsqu'un masque est porté et plus de 15 % des fenêtres sont ouvertes avec une ventilation croisée. Avec une ventilation unilatérale, si le temps d'exposition est inférieur à 1 h, la probabilité d'infection peut être maintenue inférieure à 1 % avec un masque. Cependant, la probabilité d'infection dépasse 1 % dans tous les cas où le temps d'exposition est supérieur à 2 h, que le masque soit porté ou non. De plus, lorsque le climatiseur fonctionnait avec un taux d'ouverture des fenêtres de 15 %, la consommation électrique augmentait de 10,2 %.

PROBLÉMATIQUE

La ventilation des milieux intérieurs peut être effectuée à l'aide de systèmes mécaniques (ventilation mécanique) ou encore par l'entremise de fenêtres ou d'autres types d'ouvertures permettant l'aération naturelle (ventilation naturelle).

Le principe de la ventilation, que ce soit pour le chauffage ou pour la climatisation, consiste à amener de l'air neuf de l'extérieur et l'introduire à l'intérieur pour diluer les contaminants existants. Le but est d'extraire l'air vicié du milieu intérieur, le préfiltrer avant son réintroduction

ou bien le mélanger avec l'air neuf provenant de l'extérieur. Il est généralement admis qu'une ventilation adéquate des milieux intérieurs constitue une mesure de gestion efficace des contaminants de l'air intérieur. En effet, les systèmes de ventilation mécanique peuvent contribuer à extraire et à diluer les gaz et les particules fines ou autres contaminants en suspension dans l'air; cependant avec l'apparition de la COVID19, l'efficacité des systèmes de ventilation pour lutter contre la propagation du virus est mise à reconsidération. Plusieurs questionnements ont fait l'objet d'étude et de vérification par la communauté scientifique :

La ventilation naturelle est-elle une solution suffisante pour lutter contre la transmission du virus? Faut-il exiger des systèmes mécaniques de ventilation?

Les systèmes existants de chauffage et de climatisation sont-ils bien conçus, bien installés et bien entretenus pour éliminer les particules?

Pourquoi le monde entier a donné des directives pour arrêter le fonctionnement de tous les systèmes de ventilation (en mode de chauffage ou climatisation) dans les milieux clos?

OBJECTIF DE L'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal du présent manuscrit est de mettre la lumière sur le fonctionnement des différents types de systèmes de ventilation, fonctionnant aussi bien en mode chauffage qu'en mode climatisation afin d'analyser les performances de chaque système du point de vue transmission et propagation du SRAS-CoV-2.

Afin de démontrer l'importance des systèmes HVAC aussi bien dans la propagation du virus SARS-COV 2 que dans la lutte contre ce dernier, cette étude repose sur la mise en perspective le fonctionnement des différents systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air qui peuvent existés dans les bâtiments.

L'analyse de ces techniques s'est basée sur les nombreuses nouvelles recherches entreprises lors de la pandémie et sur la feuille de route établit par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) la ventilation et son impact sur la transmission de la COVID-19 afin d'améliorer l'air intérieur. Le risque d'être infecté est plus grand dans les zones surpeuplées et mal ventilées où les personnes infectées passent de longues périodes ensemble. En prenant des mesures dans le domaine de la ventilation, complétées par l'épuration de l'air, la qualité de l'air est améliorée et le risque de propagation du virus est réduit.

Cette étude s'est basée aussi sur des études antérieures sur les mouvements thermo-aérauliques au sein des bâtiments pour différents systèmes de ventilation [9][10][11]et sur la dispersion des contaminants dans les milieux intérieurs [12][14].

I. LES SYSTÈMES DE VENTILATION

I.1 Le « split system »

Un "Split System" signifie "climatiseur à éléments séparés" parce que l'unité de condensation est séparée de l'unité d'évaporation. Son mode de fonctionnement est basé sur l'absorption de la chaleur présente dans l'air ambiant des pièces et les extraire vers l'extérieur au moyen du bloc situé hors de l'habitation. (figure 1-a).

Les climatiseurs individuels sont des appareils permettant de rafraîchir ou de ventiler un ou plusieurs locaux à un faible coût, mais sans aucune possibilité de contrôle précis du degré hygrométrique intérieur. Ils peuvent ventiler, rafraîchir, déshumidifier ou chauffer* un local. La fonction chauffage est assurée par résistance chauffante ou, pour les climatiseurs réversibles, par inversion de cycle. Les climatiseurs individuels sont prévus pour un refroidissement de l'air extérieur de 8 à 10 °C [13].

Cependant, dans ce type de climatisation, l'air soufflé (8) dans les locaux ne provient pas de l'extérieur mais il est récupéré de l'air intérieur (1) après refroidissement. Voir figure (1 -b). Dans

ce cas, les locaux occupés par des personnes atteintes du COVID 19 et disposant d'un tel système de climatisation contamineront sans aucun doute les personnes présentes à l'intérieur car ce n'est pas de l'air frais qui est soufflé mais c'est de l'air récupéré de l'intérieur des habitations.

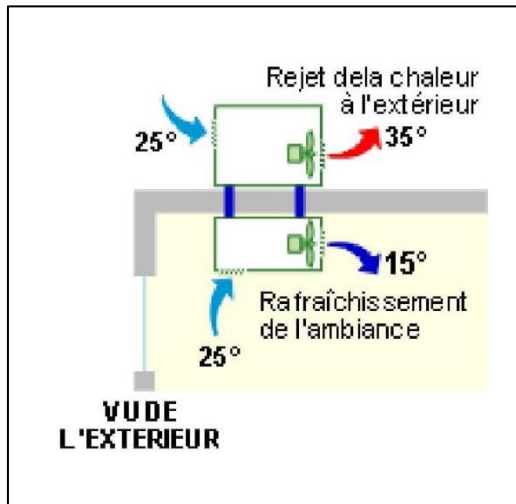


Figure (a)

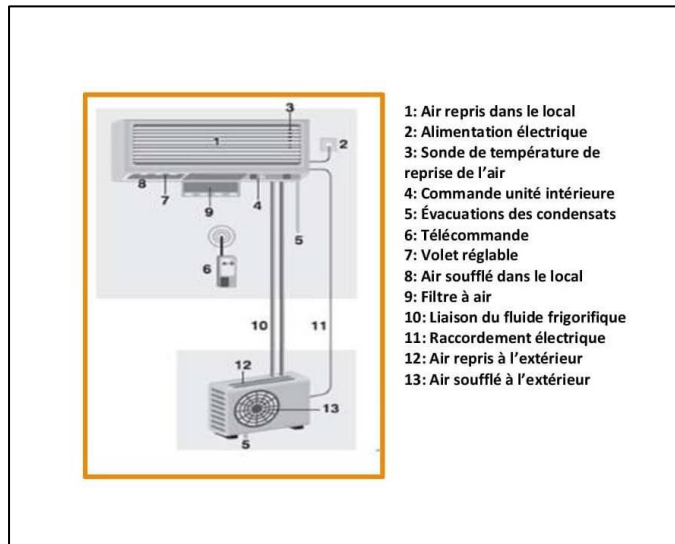


Figure (b)

Figure 1 : le split système

Source : <https://energieplus-lesite.be/techniques/climatisation8/systemes-d-emission-de-froid/systemes-autonomes-a-detente-directe/climatiseur-individuel-d1/>

I.2. Les Mutli-split

Ce type de climatisation centralisée permet de climatiser plusieurs pièces grâce à une seule unité installée à l'extérieur. Le climatiseur multi-split comporte une unité extérieure pour deux à plusieurs unités intérieures. Malgré que toutes les unités intérieures (split system) disposent de leur propre télécommande pour pouvoir ainsi les régler à des températures différentes et des vitesses d'air variée, les multi-split reposent sur le même principe de fonctionnement d'un mono split. Par conséquent, ce système est propagateur du coronavirus au sein des habitations(Fig. 2)



Figure 2 : Les multi-split

Source : <https://www.air-heatpumps.com/Fujitsu/Multisplit/AOYG30KBTA4>

I.3 Les Types cassette

La climatisation cassette est un climatiseur split dont l'unité intérieure est encastrée dans le plafond, de façon à ne rendre visible que la grille d'habillage. Ce type de climatisation fonctionne avec un soufflement vers le bas, essentiellement pour distribuer de l'air frais dans toute la pièce de façon uniforme. Selon le nombre de sorties d'air, on parle alors de cassette à 1, 2 ou 4 voies. La climatisation cassette sert aussi à déshumidifier et à purifier l'air en question. Le plus souvent installée dans des bureaux et des surfaces commerciales puisqu'elle peut couvrir des superficies allant de 50 à 150 m². Elle ne nécessite pas de mur pour son installation, puisqu'elle s'intègre facilement dans toutes les surfaces qui disposent d'un faux plafond. En cela, l'encombrement est nul par rapport à un climatiseur mural par exemple. Cependant, son principe de fonctionnement est semblable à celui du split système, ce qui rend ce type de climatisation favorable à la propagation de la Covid 19.



Figure 3 : Ventilation type cassette

Source : <https://www.xpair.com/lexique/definition/cassette.htm>

I.4 La climatisation gainable

L'air froid circule dans des gaines où chaque gaine est reliée aux bouches de soufflages installées au plafonnier. C'est au travers de ces diffuseurs, qui se présentent sous forme de grilles de reprises, que l'air est soufflé dans chaque pièce. Cependant, l'air récupéré d'une seule pièce contaminée est en mesure de propager le virus dans toutes les autres pièces non contaminées puisque l'air repris de chacune d'elles est mélangé dans les gaines pour qu'il soit soufflé à nouveau. De plus, 75 % des besoins énergétiques sont fournies par les calories de l'air, une énergie totalement gratuite et renouvelable. La clim gainable affiche d'excellentes performances énergétiques, avec un coefficient de performance, COP, élevé. Elle respecte ainsi les nouvelles réglementations thermiques. Du point de vue qualité de l'air, ce dernier qui passe dans les gaines en aluminium est purifié grâce à un système de filtration très efficace. Pour abaisser le taux d'humidité d'une pièce à 50 % maximum, le mode déshumidification est un traitement de l'air supplémentaire qui assainit les pièces et améliore la sensation de confort intérieur.

La climatisation gainable est encore plus susceptible de diffuser le coronavirus dans les espaces clos car le système de diffusion de l'air est centralisé.

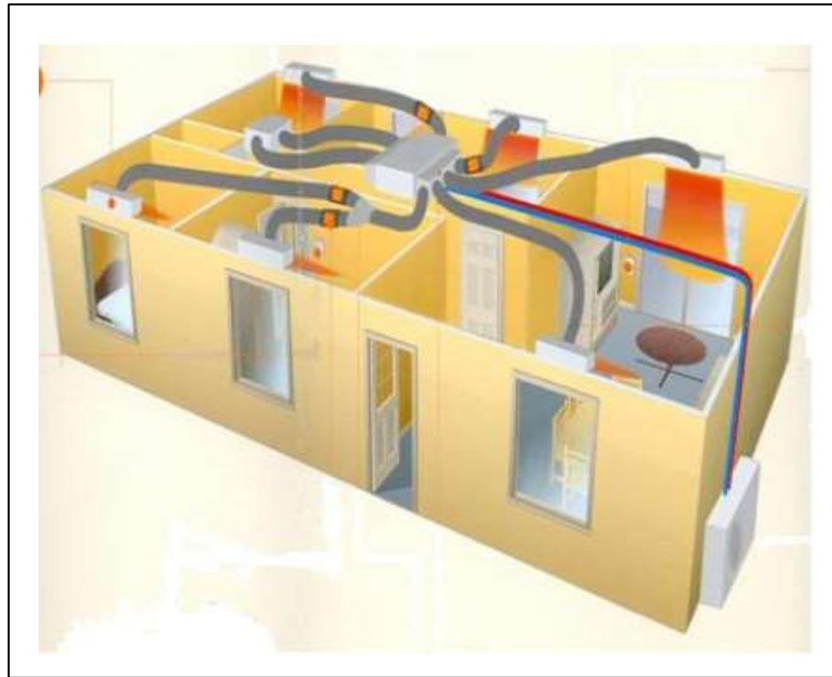


Figure 4: Climatisation gainable

Source : <https://ldapplication.com/climatisation-gainable/>

I.5 Système à renouvellement d'air- à mélange-

C'est un système de climatisation composé d'un boîtier-mélangeur fixé à l'extérieur du bâtiment. Il permet de mélanger une quantité d'air repris des pièces et d'air neuf introduit de l'extérieur pour faire des économies. Cependant, ce mélange provoque la contamination de l'air qui sera soufflé à nouveau à l'intérieur en favorisant ainsi la dispersion des contaminants à savoir le corona virus. Le traitement de l'air mélangé peut être une solution en utilisant une CTA (Centrale de Traitement d'Air) mais ça reste à prouver par des études et des recherches antérieures. (Fig. 5).

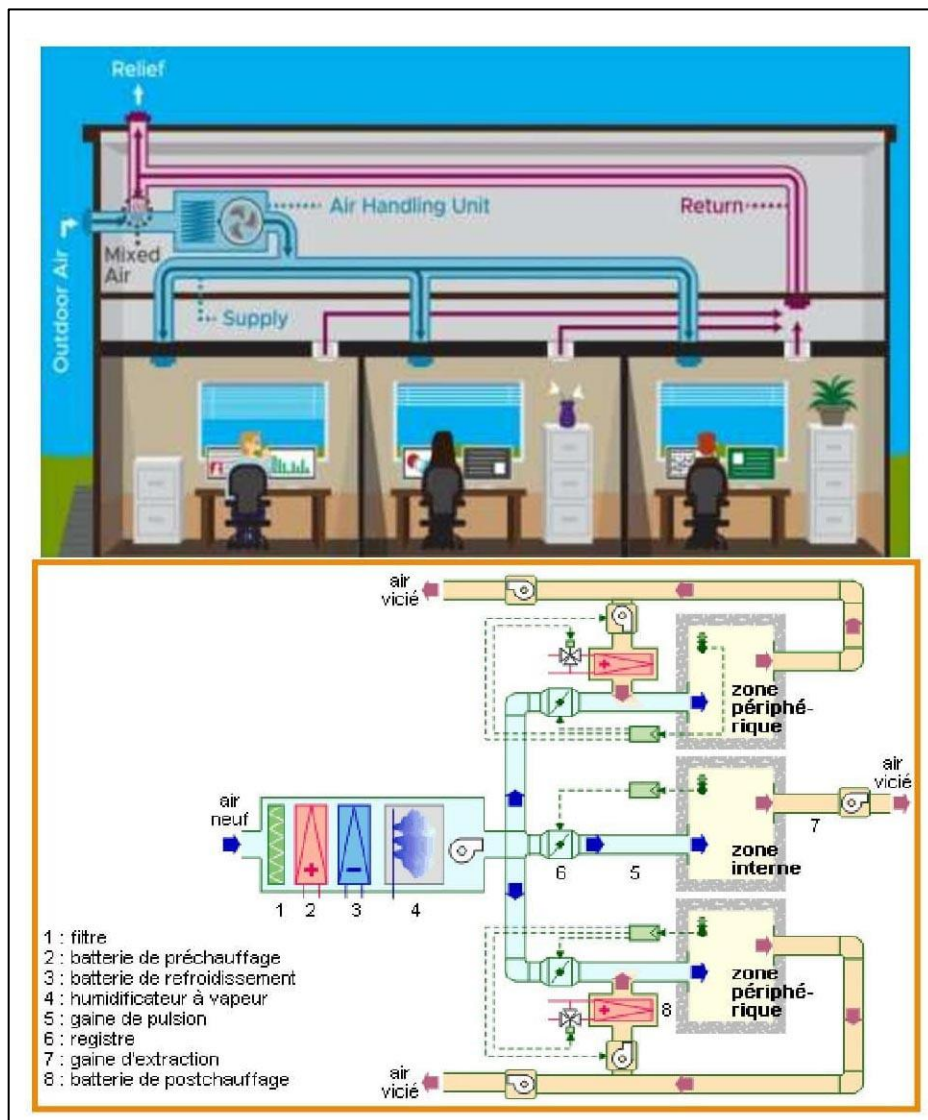


Figure 5 : système de ventilation avec mélange

Source : <https://energieplus-lesite.be/techniques/climatisation8/systemes-d-emission-de-froid/systemes-sur-l-air/systeme-tout-air-a-debit-constant-mono-gaine/>

I.6 Le système de climatisation : tout air ou 100% air neuf

Ce système de climatisation est basé sur l'introduction de l'air neuf à 100 % au sein des espaces clos. L'air ambiant est tout simplement remplacé par de l'air neuf uniquement.

En pratique, il est généralement utilisé dans les secteurs qui nécessitent des exigences élevées de régulation tel que le secteur hospitalier et le secteur industriel. C'est un système très peu utilisé dans les bureaux.

Malgré que ce système demeure très coûteux tant au point de vue financier qu'au niveau de la consommation énergétique, il représente un système très efficace du point de vue qualité de l'air intérieur et élimination totale des contaminants dans les ambiances. C'est un système parfait pour parier à la propagation de la Covid 19. (Fig. 6).

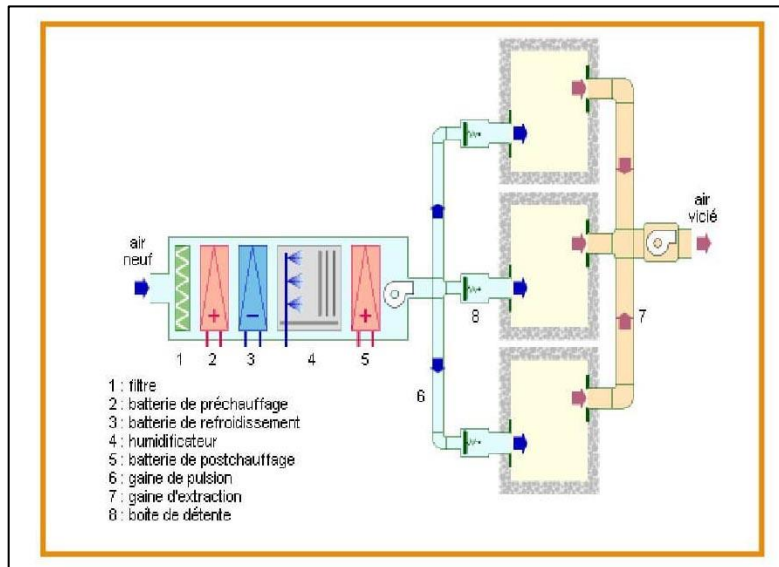


Figure 6 : système de ventilation à 100% air neuf

Source : <https://energieplus-lesite.be/techniques/climatisation8/systemes-d-emission-de-froid/systemes-sur-l-air/systeme-tout-air-a-debit-constant-mono-gaine/>

I.7 Système de climatisation à « option recyclage total de l'air »

Ce système favorise le recyclage total de l'air ambiant pour assurer un mélange avec l'air neuf venant de l'extérieur. Cependant, l'air intérieur réintroduit au sein des pièces peut être porteur du corona virus et sera responsable de la propagation de la Covid 19. Malgré que l'air ambiant soit mélangé à l'air neuf, ceci n'empêche pas la contamination. Un système de filtration d'air de haute efficacité s'impose et nécessite des études et des simulations.

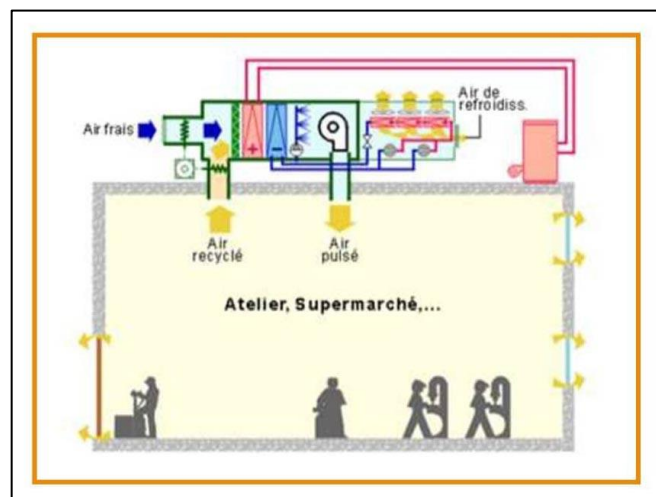


Figure 7 : système à recyclage totale

Source : <https://energieplus-lesite.be/techniques/dimatisation8/systemes-d-emission-de-froid/systemes-sur-l-air/systeme-tout-air-a-debit-constant-mono-gaine/>

I.8 Système avec récupération de chaleur sur l'air extrait

C'est un système basé sur la récupération de la chaleur pour réduire les coûts d'exploitation des systèmes de traitement d'air. La chaleur est récupérée de l'air rejeté à l'extérieur au niveau du caisson de mélange. C'est un système efficace pour assurer une économie d'énergie et d'éviter la propagation de Covid-19 puisqu'il n'y a pas de mélange d'air entre l'air ambiant vicié et l'air extérieur.

I.9 Une centrale de traitement d'air (CTA)

Les systèmes de ventilation en mode de chauffage ou en climatisation citées dans ce document utilisent une CTA. Cette centrale de traitement fonctionne, soit en traitant l'air extérieur ou soit en traitant directement l'air intérieur. Elle a la possibilité de chauffer l'air distribué dans les locaux ou encore d'agir comme une climatisation.

Son principe de fonctionnement est de prendre de l'air à traiter (air neuf et ou air recyclé), de lui faire subir un traitement (le chauffer ou le refroidir, le purifier, le déshumidifier...) et de l'insuffler via le réseau de gaines aérauliques dans les locaux ayant un besoin en air traité [15].

Les CTA récentes sont la plupart du temps régulées par des automates de régulation. Le niveau de purification de l'air est quant à lui défini par le niveau de performance des filtres installés. Par conséquent, peu d'études ont été effectuées sur la performance de ces filtres quant à l'élimination des particules liées au SRAS-Co-V-2.

CONCLUSION

La présente étude a fait l'objet d'une brève analyse technique des systèmes HVAC par rapport à leurs impacts sur la transmission de Covid-19 dans les milieux intérieurs. En se basant sur diverses recherches scientifiques établit pendant la pandémie, il a été conclu, en premier lieu, que la propagation du corona virus est assurée lorsqu'il s'agit d'un système de chauffage à mouvement naturel (convection et rayonnement) et d'une ventilation naturelle par les ouvertures des portes et fenêtres. La ventilation forcée utilisant des ventilateurs individuels et ventilo-convecteurs) et les systèmes de ventilation forcée avec mélange et récupération totale d'air recyclé, trouvent leurs limites quant à la transmission du virus.

Le système de climatisation le plus spécialisé « tout air neuf » est conseillé dans les structures médicales comme les laboratoires ou les hôpitaux. L'air ambiant est tout simplement remplacé par de l'air neuf. Procédé hautement technologique, il est coûteux tant au point de vue financier qu'au niveau de la consommation énergétique.

La capacité d'aspiration des systèmes de ventilation mécaniques n'est pas suffisante pour capter les gouttes et aérosols plus volumineux dans l'environnement intérieur. Ses systèmes n'ont pas encore fait l'objet d'études approfondies concernant le Corona-virus. Un grand dilemme entre une ventilation efficace saine et performance énergétique peut être souligné à cette occasion !

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Che, W., Ding, J., Liang L., 2021. « Airflow deflectors of external windows to induce ventilation: Towards COVID-19 prevention and control », In *Sustainable Cities and Society*.
- Chen, R., Shi-Jie C., Haghighat, F., 2021. « A practical approach for preventing dispersion of infection disease in naturally ventilated room », In *Medicine Journal of Building Engineering*.
- Elsaid, A.M., Mohamed, H.A., Ahmed, M., 2012. « A critical review of heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems within the context of a global SARS-CoV-2 epidemic », In *Medicine, Process Safety and Environmental Protection*.

- Junwei D., Yu C., Shi-Jie C., 2020. « HVAC systems for environmental control to minimize the COVID-19 infection », In *Biology Indoor and Built Environment*.
- Shubham, S., Zhao, X., Manay, A., Qingyan Ch., 2021. « Effective ventilation and air disinfection system for reducing coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection risk in office buildings », In *Medicine Sustainable Cities and Society*.
- Sowoo P., Choi, Y., Song, D., Eun Kyung K., 2021. « Natural ventilation strategy and related issues to prevent coronavirus disease 2019 (COVID-19) airborne transmission in a school building », In *Medicine Science of The Total Environment*.
- Chafi, F.Z and Hallé, S., 2014, 2010. « Evaluating of air flow movements and thermal comfort in a model room with Euler equation: Two dimensional study », In *Building and environment*, vol. 46, issue 2, pp. 448-456.
- Chafi, F.Z and Hallé, S., 2011. « Three dimensional study for evaluating of air flow movements and thermal comfort in a model room with Euler equation: Experimental validation », In *Energy and Building*, Vol.43, pp. 2156-2166.
- Chafi, F.Z and Hallé, S., 2011. « Comparaison numérique entre le modèle Euler et le modèle Navier-Stokes pour l'évaluation des mouvements thermo-aéraulique et de l'efficacité d'un système de ventilation dans un bâtiment multizone », In *Revue des sciences et technologies-RST-*, Vol 2, N 1, pp. 1-16
- Chafi, F.Z and Hallé, S., 2014. « Modeling the dispersion of a tracer gas in a model room: Comparison between the large eddy simulation method and a Euler approach », In *Journal of testing and evaluation*, vol. 42, N 4, pp. 857-865.
- [Www.inspq.qc.ca/publications](http://www.inspq.qc.ca/publications).