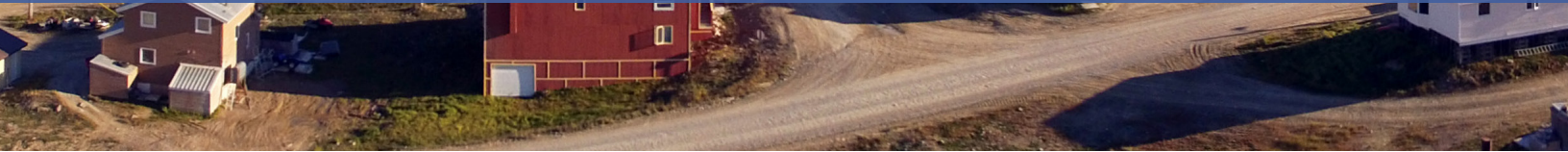


RENDEMENT D'UN SYSTÈME BIBLOC DE VENTILATION PAR RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE POUR UNE UTILISATION DANS DES HABITATIONS ARCTIQUES



B. Ouazia^{1*}, G. Gnanamurugan¹, C. Arsenault¹, Y. Li¹, M. Brown², G. Kolsteren², C. Chisholm²

¹ Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, Ontario, Canada

² Savoir polaire Canada, Station canadienne de recherche dans l'Extrême-Arctique, Cambridge Bay, Nunavut, Canada

* Boualem.ouazia@nrc-cnrc.gc.ca

Résumé

Les extrêmes du climat arctique posent de grandes difficultés pour le chauffage domestique et les systèmes de ventilation. Les systèmes de ventilateurs récupérateurs de chaleur/d'énergie (VRC/VRÉ) sont des types de systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA) qui peuvent offrir les taux de ventilation requis, tout en réduisant la consommation d'énergie. Le rendement des systèmes VRC/VRÉ et CVCA s'est avéré inadéquat dans les climats froids en raison de défaillance des appareils (givrage, etc.). Les appareils traditionnels de VRC/VRÉ emploient une protection contre le givre (préchauffage) ou des stratégies de dégivrage (reprise d'air de l'air vicié, etc.) qui peuvent empêcher d'atteindre le taux de ventilation requis et diminuer les économies d'énergies potentielles offertes par les systèmes VRC/VRÉ. Un appareil bibloc, conçu avec deux échangeurs d'air parallèles et un registre de réglage, agit contre le givre en dirigeant périodiquement de l'air chaud par l'un des deux noyaux alors que le second noyau réchauffe l'air extérieur. Cet article technique présente les résultats de rendement d'un système bibloc en fonction d'une méthodologie rigoureuse en trois volets. Premièrement, une évaluation en laboratoire a été

réalisée à l'aide de chambres climatiques afin de simuler des conditions intérieures et extérieures déterminées par la norme d'homologation CSA-C439 (Groupe CSA, 2018) et par les conditions usuelles dans l'Arctique. Deuxièmement, des essais côte à côte à l'aide de maisons de recherche jumelles à Ottawa ont permis de comparer le rendement complet d'une maison dotée d'un VRÉ monobloc et d'une maison dotée d'un système de récupération d'énergie bibloc. Troisièmement, une surveillance prolongée de la technologie bibloc a été réalisée à Cambridge Bay (Nunavut) pour démontrer le rendement à long terme et la résilience du système. Il a été démontré que cette technologie est en mesure de soutenir des températures sous les -30 °C sans que son rendement thermique en soit diminué. Ce système s'est également montré plus tolérant au givre et capable de fournir en continu de l'air extérieur à la maison.

Introduction

Les extrêmes du climat arctique posent de grandes difficultés pour la ventilation domestique et les systèmes de chauffage. La consommation d'énergie et la demande en chauffage des locaux pour les immeubles des

Références suggérées :

Ouazia, B., Gnanamurugan, G., Arsenault, A., Li, Y., Brown, M., Kolsteren, G., Chisholm, C. 2019. Rendement d'un système bibloc de ventilation par récupération d'énergie pour une utilisation dans des habitations arctiques. *Savoir polaire : Aqhaliat* 2019, *Savoir polaire Canada*, p. 85–94 DOI: 10.35298/pc.2019.08

communautés éloignées sont très élevées. Dans les régions arctiques et nordiques du Canada, la température moyenne pendant l'hiver est de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou moins, alors que plusieurs foyers nordiques sont chauffés à plus de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qui crée une charge importante sur les systèmes de chauffage et de ventilation (Zaloum, 2010). Les immeubles étanches à l'air nécessitent des systèmes de ventilation ayant un bon rendement énergétique pour maintenir une qualité de l'air intérieur (QAI) acceptable, demeurer confortable et protéger l'enveloppe de bâtiment des dommages causés par l'humidité. Sans un apport continu en air frais, les polluants intérieurs (CO_2 , l'excès d'humidité, etc.) ne sont pas évacués, ce qui peut causer ou aggraver les problèmes de santé et de confort des occupants et potentiellement favoriser la croissance de moisissure. Un système de ventilation mécanique équilibré doté de ventilateurs à récupération de chaleur ou d'énergie (VRC/VRÉ) est un outil idéal pour répondre aux exigences relatives à la ventilation du Code national du bâtiment du Canada retrouvées dans les normes relatives à la ventilation et à la qualité de l'air intérieur ainsi que dans les programmes d'efficacité énergétique.

Les VRC fournissent et évacuent simultanément des quantités d'air équivalentes de la maison, tout en effectuant un transfert de la chaleur sensible entre les deux débits d'air. Le fonctionnement des VRÉ est semblable à celui des VRC, mais en plus de récupérer la chaleur sensible, ils transfèrent la chaleur latente (humidité) entre les débits d'air évacué et d'air soufflé. Les systèmes VRC/VRÉ permettent un échange d'air adéquat sans entraîner de pertes d'énergie excessives. Ce sont des méthodes efficaces et bien connues pour améliorer l'efficacité énergétique et la ventilation des immeubles résidentiels. Toutefois, la ventilation des maisons peut poser problème dans le Nord, où le givre

représente un enjeu de taille pour les échangeurs de chaleur et d'énergie de ces systèmes. La formation de givre dans les échangeurs est commune dans les régions froides où la température extérieure se situe sous les $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'air froid extérieur peut refroidir l'air frais extrait bien au-dessous du point de congélation et l'humidité comprise dans l'air évacué peut geler sur les surfaces de l'échangeur de chaleur et créer une couche de givre. Les températures hivernales du Grand Nord sont beaucoup plus froides que les températures tests de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ généralement utilisées par les fabricants de VRC/VRÉ. La certification à très basse température est un test optionnel pour obtenir l'homologation du Home Ventilating Institute (HVI) (le fabricant peut également choisir de réaliser ce test à toute température extérieure sous $0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

À ce jour, le rendement des VRC/VRÉ dans les climats froids et rigoureux est inadéquat (Rafati et al., 2014) en raison :

- de bris d'appareil et de problèmes classiques créés par la formation de givre dans les échangeurs de chaleur (blocage partiel ou total des passages d'air) ;
- d'une augmentation des chutes de pression causées par l'échangeur de chaleur ou d'une diminution du taux de renouvellement d'air ;
- d'une augmentation de l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les ventilateurs ;
- d'une diminution du taux de transfert de chaleur entre les deux débits d'air ; et
- de courants d'air froid dans l'espace en raison de la froideur de l'air soufflé.



Chambres atmosphériques
du laboratoire



CCTR



Triplex de Cambridge Bay,
NU

Figure 1 : Installations utilisées pour cette étude.

Les appareils classiques VRC/VRÉ sont généralement dotés de systèmes de protection contre le givre, comme le préchauffage de l'air extérieur ou la recirculation de l'air de reprise dans l'échangeur de chaleur avant de le renvoyer vers l'air soufflé dans la maison. Ces stratégies de dégivrage peuvent aller à l'encontre des normes de ventilation (faisant en sorte que le taux d'air échangé n'est pas satisfait) et réduire les économies d'énergie attendues. L'objectif de ce projet est d'étudier un système VRÉ bibloc innovant et ses emplois possibles comme technologie de remplacement conçue pour offrir une ventilation continue et répondre aux préoccupations relatives à la protection contre le givre pour les habitations de l'Arctique.

Méthode

Les présents travaux de recherche font intervenir une approche en trois volets de la recherche sur le rendement d'un appareil VRÉ bibloc innovant conçu pour les habitations arctiques. Cette méthodologie a débuté par une évaluation en laboratoire à l'aide de deux chambres atmosphériques permettant de simuler les conditions intérieures et extérieures décrites à la figure 1 (photo de gauche). Ensuite, des essais côte à côte à l'aide de maisons de recherche jumelles à Ottawa ont été réalisés afin de comparer le rendement complet entre une maison dotée d'un VRÉ monobloc et une maison dotée d'un appareil VRÉ bibloc. Les maisons jumelles du Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR) sont montrées à la figure 1 (photo du centre). Enfin, la technologie bibloc a été déployée dans un triplex situé en Arctique à des fins de surveillance prolongée pour démontrer le rendement à long terme et la résilience du système (montré à la figure 1, photo de droite).

Description de la technologie

Il s'agit d'un appareil de traitement de l'air bibloc équipé d'un échangeur de chaleur à double noyau cyclique régénératif. Cet échange de chaleur repose sur le stockage et la libération cyclique d'énergie dans les plaques d'acier ondulé exposées à l'air évacué et à l'air soufflé. L'appareil comprend un ventilateur de soufflage et un ventilateur d'évacuation, ainsi que deux plaques d'échange de chaleur qui agissent comme accumulateurs d'énergie. Entre les noyaux se trouve un registre breveté qui dirige périodiquement l'air chaud évacué au travers de l'un des deux noyaux, tandis que les plaques chaudes de l'autre noyau réchauffent

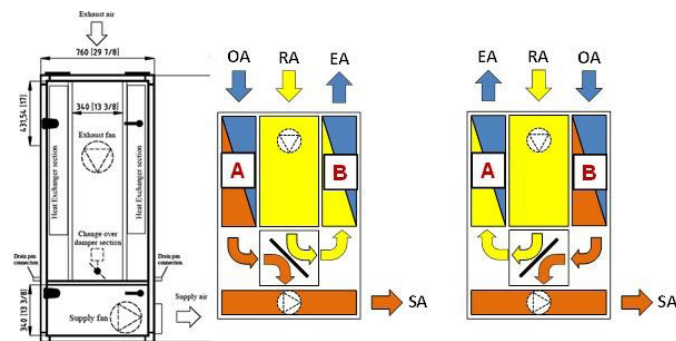


Figure 2 : Principe de fonctionnement – séquence 1 (gauche) et séquence 2 (droite).

l'air extérieur. Le schéma de l'appareil montrant ces deux séquences est présenté à la figure 2. Pendant la *séquence 1*, l'air chaud intérieur évacué charge de chaleur le noyau B, alors que le noyau A transfère sa chaleur à l'air soufflé. Pendant la *séquence 2*, l'air chaud intérieur évacué charge de chaleur le noyau A et le noyau B transfère la chaleur à l'air soufflé.

Le registre est contrôlé par deux thermostats internes, qui assurent un apport d'air confortable en toutes conditions. Le premier thermostat, situé au niveau de l'air soufflé, est réglé à 15 °C tandis que le second thermostat, situé au niveau de l'air évacué, est réglé à 20 °C. La séquence des thermostats est liée à la température de l'air évacué. Si la température est :

- en dessous de 20 °C, l'appareil sera en mode récupération d'énergie (nouveau cycle chaque 60 secondes) ;
- au-dessus de 20 °C, avec une température d'air soufflé supérieure à 15 °C, l'appareil fonctionne en mode de refroidissement naturel (nouveau cycle aux 3 heures) ; et
- au-dessus de 20 °C, avec un air soufflé à moins de 15 °C, l'appareil est en mode de récupération d'énergie jusqu'à ce que l'air soufflé soit supérieur à 15 °C, auquel cas l'appareil se mettra en mode de refroidissement naturel.

Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire ont été réalisés dans une installation expérimentale. Des essais de rendement dans un climat froid ont été réalisés à l'aide des chambres climatiques doubles et d'un banc d'essai de VRC/VRÉ. Le VRC/VRÉ a été installé entre la chambre climatique intérieure et la chambre climatique extérieure, comme le montre la figure 1 (image

de gauche). Les conditions climatiques extérieures peuvent être modulées dans une fourchette allant de -40 °C à $+40\text{ °C}$, $\pm 1,0\text{ °C}$, et peuvent être maintenues à une température stable. Les conditions climatiques intérieures simulées peuvent également être modulées entre 20 °C et 30 °C , $\pm 1,0\text{ °C}$, tout en conservant une température équilibrée et une humidité relative ambiante (de 30 % à 60 %). Plusieurs propriétés ont été mesurées à divers endroits dans l'appareil afin d'établir l'efficacité et de déterminer à quel moment survient le givre dans l'appareil bibloc. Ces mesures comprennent :

- les débits d'air soufflé et évacué à l'aide d'éléments de débit d'air installés dans les conduits de soufflage et d'évacuation ;
- les chutes de pression entre les échangeurs de chaleur A et B à l'aide de capteurs de pression ; et
- la température et l'humidité relative de l'air à l'entrée et à la sortie des débits d'air soufflé et évacué (reprise d'air) à l'aide de sondes d'humidité relative et de température achetées calibrées pour une fourchette de température entre -40 °C et $+40\text{ °C}$ et pour une fourchette d'humidité relative se situant entre 10 % et 90 %.

Une série d'expériences a été réalisée pour recueillir des données sur le comportement thermique et de ventilation. Des données ont également été recueillies sur le rendement d'un appareil VRÉ bibloc soumis à des conditions climatiques intérieures et extérieures stables. Les résultats obtenus de ces expériences ont été utilisés pour évaluer l'efficacité sensible et totale ainsi que l'incidence de l'accumulation possible de givre sur le rendement thermique et le rendement de la ventilation de cette technologie. Les conditions établies dans la chambre intérieure ont été déterminées en fonctions de la norme d'homologation CSA-C439 (groupe CSA, 2018) (présentées au tableau 1, pour les essais 1 à 5) et de conditions intérieures réalistes pour les résidences nordiques (présentées au tableau 1, pour

les essais 6 à 10). Pour tester l'appareil à l'essai dans des températures extérieures extrêmement froides, les conditions de la chambre extérieure ont été modulées de 0 °C jusqu'à -35 °C . Les essais en laboratoire ont été réalisés avec les exigences de ventilation totales des maisons jumelles, calculées en fonction de la norme de ventilation 62.2. de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) relative à la qualité acceptable de l'air intérieur (ASHRAE, 2016). Les débits d'air soufflé et évacué équilibrés ont été fixés à $2,83 \pm 0,14\text{ m}^3/\text{min}$ ($100 \pm 5\text{ PCM}$), conformément à la conception expérimentale présentée au tableau 1.

Essais côte à côte

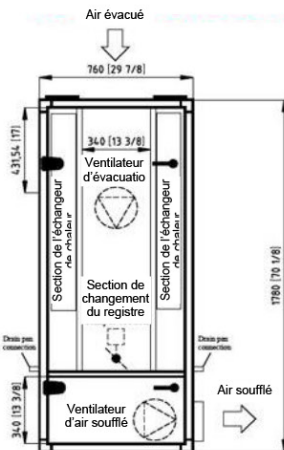
Les maisons de recherche jumelles du CCTR montrées à la figure 3 ont été utilisées pour les essais comparatifs côte à côte (Ouazia et al., 2006). Les essais ont comparé un VRÉ bibloc (installé dans la maison test) à un VRÉ classique monobloc (installé dans la maison de référence). L'installation de recherche des maisons jumelles offre un « système de simulation d'occupation ». Ce système, qui utilise une technologie domotique, simule l'activité humaine en faisant fonctionner les appareils principaux (four, lave-vaisselle, laveuse et sècheuse), lumières, robinets d'eau, ventilateurs et autres appareils simulant des gains de chaleur typiques.

Le calendrier de simulation reprend les activités qui auraient lieu dans une résidence habitée par une famille de deux adultes et deux enfants. La chaleur générée par les humains est simulée par deux ampoules à incandescence de 60 W (deux adultes) et deux ampoules à incandescence de 40 W (deux enfants) situées à divers endroits de la maison. Les maisons de recherche du CCTR sont équipées de systèmes d'acquisition de données (SAD) composés de plus de 250 capteurs et 23 compteurs (de gaz, d'eau et d'électricité). Les SAD saisissent un portrait clair du

Tableau 1 : Conception expérimentale.

Essais	Mode	Conditions intérieures	T [°C] extérieure
1 - 5	Mode de chauffage dans des conditions normales déterminées par la CSA-C439/HVI	22 °C et 40 % humidité relative	0, -10, -20, -30, -35
6 - 10	Mode de chauffage dans des conditions intérieures nordiques déterminées	25 °C et 55 % humidité relative	0, -10, -20, -30, -35

Appareil bibloc de la maison test



Maisons jumelles du CCTR



Appareil monobloc de la maison de référence

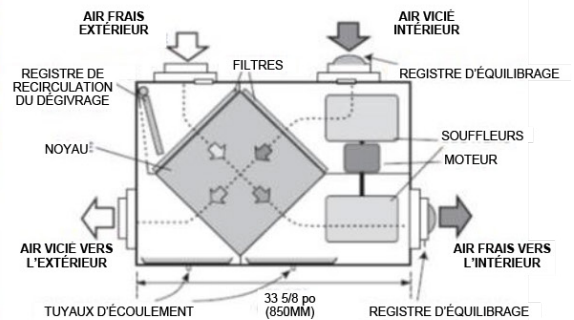


Figure 3 : Essais côte à côte à l'aide des maisons jumelles de recherche du Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR).

rendement de la maison en termes de température, d'humidité et de consommation d'énergie. Les essais côte à côte ont nécessité l'installation d'un appareil VRÉ bibloc dans le sous-sol de la maison test. Aucune modification n'a été apportée à la maison de référence, qui était déjà équipée d'un VRÉ monobloc à haute efficacité, initialement installé dans chacune des maisons. Après cette installation, l'appareil bibloc a été programmé pour que ses débits d'air soufflé et évacué correspondent à ceux du VRÉ monobloc. Le rendement des deux maisons côte à côte a été surveillé pendant la saison froide 2017.

Surveillance en terrain nordique

On retrouve à la figure 4 l'appareil VRÉ bibloc installé dans la salle des machines d'un triplex du campus de

la Station canadienne de recherche dans l'Extrême-Arctique (SCREA) à Cambridge Bay (Nunavut) qui a été surveillé. L'installation de l'appareil et du système d'enregistrement de données dédié a eu lieu en mars 2017, et la surveillance à long terme a été lancée en juin 2017. La surveillance prolongée a capté deux hivers complets : 2017–2018 et 2018–2019.

Résultats et analyse

Ventilation

Pendant les essais en laboratoire, les débits d'air soufflé et évacué mesurés n'ont montré aucun signe de contrainte due au gel, que ce soit aux conditions utilisées pour l'obtention de l'homologation CSA-C439 (Groupe CSA, 2018) ou aux conditions décrites par la



Figure 4 : Triplex du campus de la SCREA, appareil bibloc et système d'enregistrement de données dédié déployés.

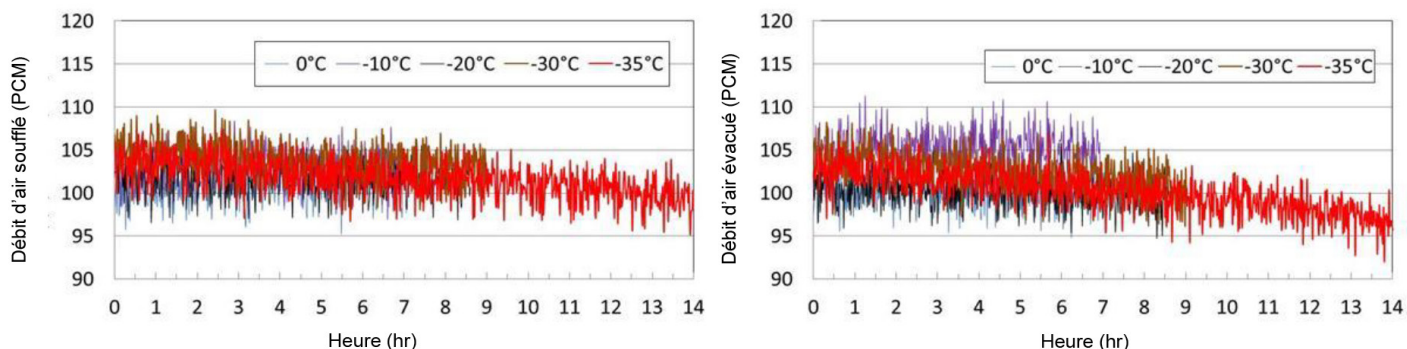


Figure 5 : Débits d'air soufflé (gauche) et évacué (droite) mesurés dans des conditions intérieures nordiques.

Home Ventilating Institute (HVI, 2016). Les résultats des essais dans des conditions intérieures nordiques ont montré une légère baisse des débits d'air soufflé et évacué lorsque la température extérieure se trouvait sous les -20°C , comme le décrit la figure 5. Cette diminution a été plus prononcée lors de la plus longue période d'essai réalisé à une température extérieure de -35°C .

Les essais côte à côte à l'aide des maisons jumelles n'ont montré absolument aucun signe de problèmes de givre sur les VRÉ bibloc (comme montré dans le schéma de droite de la figure 6). Ces essais ont également démontré que le VRÉ bibloc a continué à fournir de l'air extérieur pendant les jours d'essai les plus froids à Ottawa, sans devoir s'arrêter pour dégivrer, contrairement au VRÉ monobloc, qui a dû dégivrer pendant plusieurs heures (comme montré dans le schéma de gauche de la figure 6). Les débits d'air soufflé et évacué sont représentés en rouge dans la figure 6 et la température extérieure est représentée en noir.

Les cycles de dégivrage fréquents du VRÉ monobloc ont causé un apport réduit d'air extérieur dans la maison de référence, ce qui, à son tour, a entraîné une situation où

la maison de référence ne satisfaisait pas aux exigences de ventilation. Il s'agit d'une situation commune des appareils VRC/VRÉ monoblocs installés dans des climats extrêmement froids. Les débits d'air soufflé et évacué mesurés lors de la surveillance prolongée de l'appareil VRÉ bibloc à Cambridge Bay sont montrés à la figure 7.

Le VRÉ bibloc était légèrement déséquilibré et a connu quelques diminutions d'échange d'air. Toutefois, il a généralement été en mesure de supporter une température extérieure aussi basse que -35°C sans que le rendement de sa ventilation en soit affecté (aucune diminution du débit). Il a également été capable de fournir un apport continu d'air extérieur.

Rendement thermique

L'efficacité sensible apparente ou totale d'un système de récupération de chaleur ou d'énergie est une mesure usuelle du rendement. L'efficacité sensible apparente (ESA) mesure la capacité d'un appareil de VRC/VRÉ à récupérer la chaleur sensible. L'efficacité totale apparente (ETA) mesure la capacité d'un appareil de VRC/VRÉ à récupérer la chaleur totale disponible (chaleur sensible + chaleur latente). L'ETA est calculée

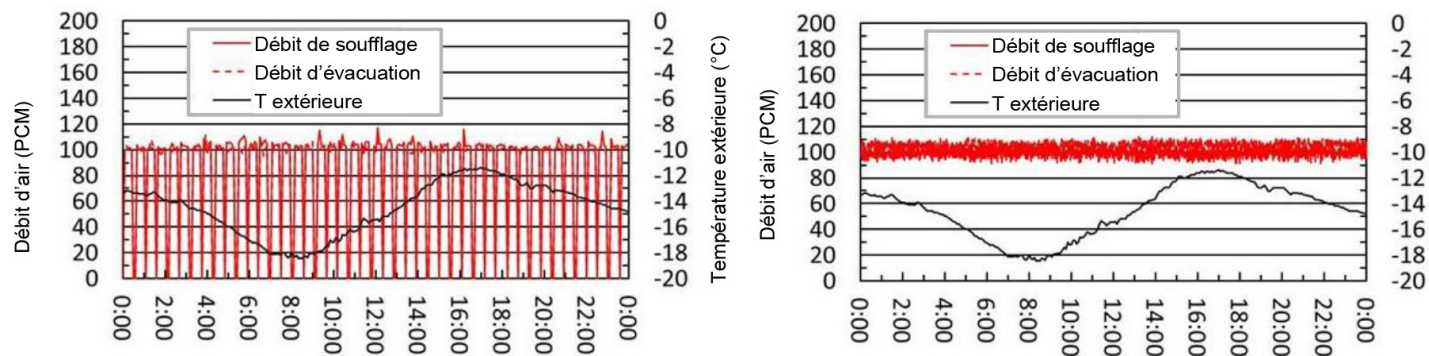


Figure 6 : Débits d'air mesurés lors de l'essai côte à côte dans des conditions extérieures nordiques, maison de référence (gauche) et maison test (droite).

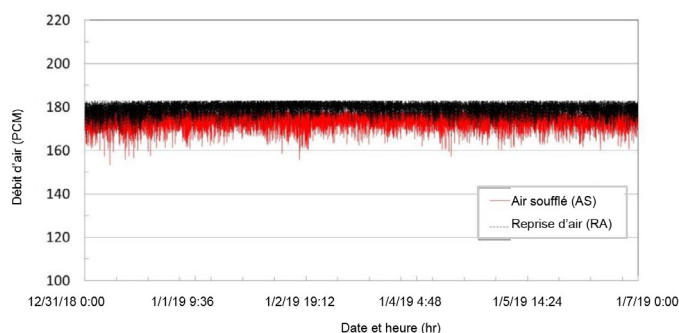
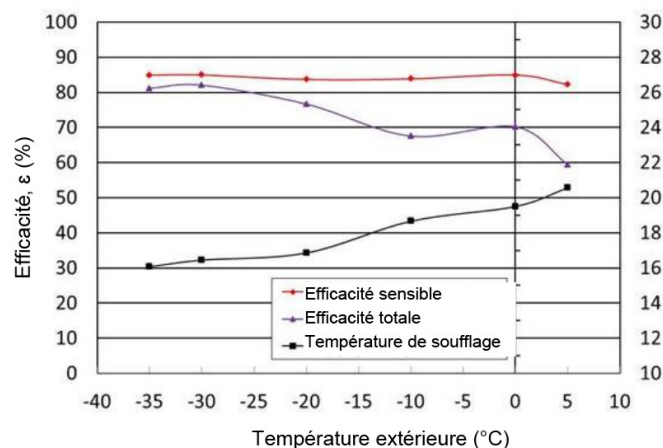


Figure 7 : Débits d'air mesurés pendant la surveillance prolongée à Cambridge Bay (31 décembre 2018 au 6 janvier 2019).

en divisant la chaleur ou l'énergie récupérée (dans le débit d'air soufflé) par la chaleur ou l'énergie totale disponible (différence entre l'intérieur et l'extérieur). L'efficacité (ϵ) du VRÉ bibloc pour le transfert de l'énergie sensible et de l'énergie totale du débit d'air évacué vers le débit d'air soufflé a été calculée pour la fourchette de température décrite au tableau 1, à l'aide de l'équation (1). Où M_s représente le taux de la masse du débit d'air soufflé, M_{min} représente le taux de la masse de débit d'air évacué et d'air soufflé minimum et X représente la température du thermomètre sec ou l'enthalpie à l'entrée de l'air soufflé de l'extérieur, à la sortie de l'air soufflé vers l'intérieur, et l'entrée de l'air évacué de l'intérieur.

$$R_{eco}(T) = R_{ref} e^{E_0 \left(\frac{1}{T_{ref} - T_0} - \frac{1}{T - T_0} \right)}$$



La figure 8 présente le rendement général en termes d'ESA et d'ETA, ainsi que la température de l'air soufflé des essais en laboratoire utilisant les deux chambres climatiques. Ces résultats représentent les conditions intérieures simulées déterminées selon la norme d'homologation CSA-C439 (Groupe CSA, 2018) (schéma de gauche) et les conditions déterminées dans le Nord (schéma de droite).

Les mesures d'ESA calculées lors des essais réalisés avec le VRÉ bibloc dans des conditions d'activités intérieures ciblées par la norme CSA-C439 (Groupe CSA, 2018) variaient entre 82,2 % à 93,6 % (moyenne = 86 %). L'ESA calculée du VRÉ bibloc était beaucoup plus élevée que celle annoncée par les fabricants des appareils VRC/VRÉ monoblocs classiques. Cette situation peut être attribuable à l'échangeur de chaleur à noyau régénérateur cyclique et aux plaques épaisses d'aluminium des échangeurs de chaleur, qui agissent comme des accumulateurs de chaleur. Les valeurs augmentaient lorsque la température extérieure baissait et étaient plus près des valeurs calculées d'ESA lorsque la température extérieure était sous les -20 °C. Les mesures d'ESA calculées pour un VRÉ monobloc dans les mêmes conditions d'activités intérieures ciblées par la norme CSA-C439 (Groupe CSA, 2018) variaient entre 59,4 % et 88,1 %. Les appareils VRÉ monoblocs classiques ne sont pas certifiés pour des températures sous -25 °C. Il est fréquent que leur ETA calculée tombe sous les 70 % lorsque la température extérieure est sous le point de congélation.

Les résultats d'ESA et d'ETA obtenus lors des essais côte à côte du CCTR pour le VRÉ monobloc et le VRÉ bibloc sont présentés à la figure 9. L'ESA calculée pour

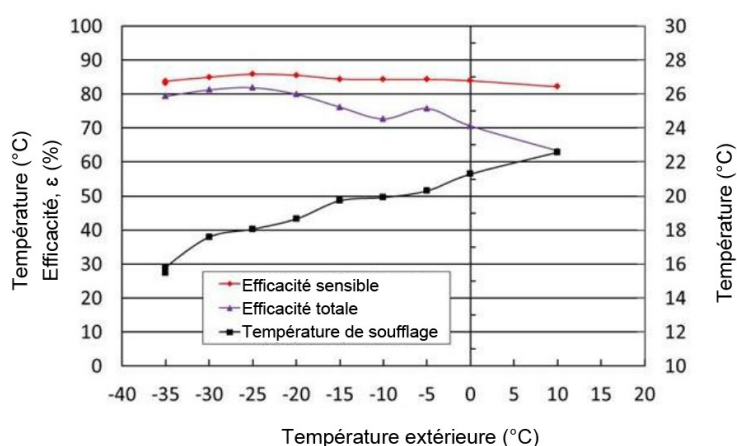


Figure 8 : Le VRÉ bibloc désigne l'ESA, l'ETA, et la température de l'air soufflé dans des conditions conformes à la norme CSA-C439 (gauche) et dans des conditions nordiques (droite).

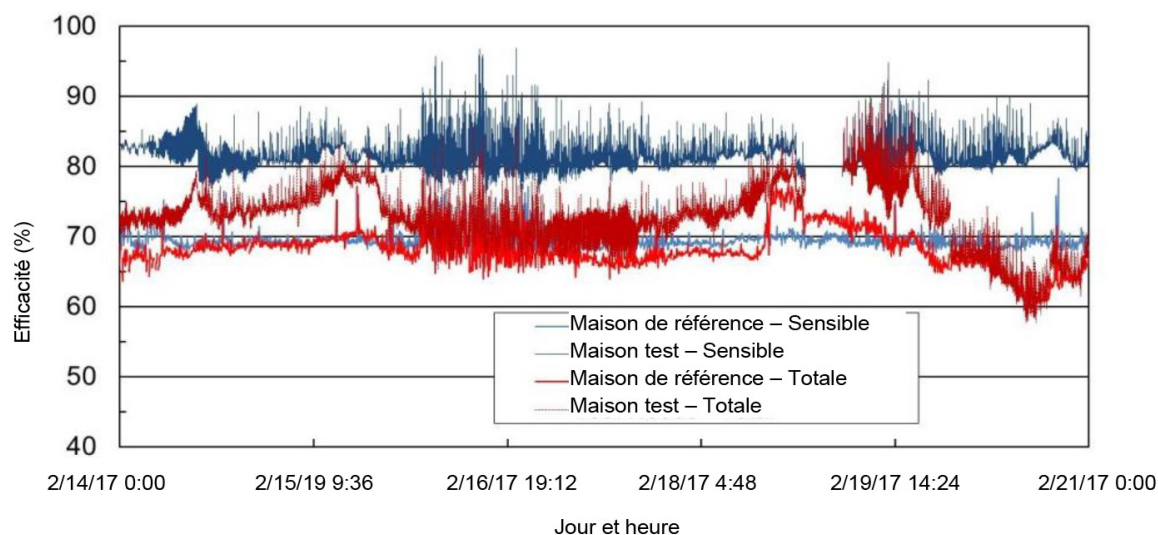


Figure 9 : ESA et ETA obtenus lors des essais côte à côte réalisés à l'aide des maisons jumelles du CCTR.

le VRÉ bibloc avait une valeur moyenne de 81,5 % et variait entre 76,2 % et 96,9 %. Le VRÉ monobloc de la maison de référence avait pour sa part une ESA moyenne de 69,5 % et variait entre 65,9 % et 78,3 %, ce qui représente une différence d'au moins 10 points de pourcentage. L'ETA, qui tient compte de la chaleur latente du VRÉ monobloc, variait entre 60,5 % et 77,7 %, avec une valeur moyenne de 68,1 %. Pour sa part, l'appareil VRÉ bibloc a enregistré une ETA entre 57,7 % et 92,3 %, avec une valeur moyenne de 72,7 %, ce qui est légèrement plus élevé que celle de l'appareil monobloc. Globalement, les résultats démontrent clairement que l'appareil VRÉ bibloc (dans la maison test) surclasse le VRÉ monobloc (dans la maison de référence) tant au niveau de l'efficacité sensible apparente que de l'efficacité totale apparente.

22,8 °C. Conformément à ce qui était attendu, les valeurs diminuaient lorsque la température de l'air soufflé extérieur diminuait. Lorsque la température extérieure était de -35 °C, la température de l'air soufflé atteignait 15,3 °C. Il s'agit de températures assez basses, qui doivent être tempérées soit en mélangeant l'air soufflé avec l'air des pièces ou en le préchauffant avant de l'acheminer aux espaces habités.

L'essai côte à côte du CCTR a démontré que la température de l'air soufflé à sa sortie (montré à la figure 10) du VRÉ monobloc de la maison de référence variait entre 11,5 °C et 17,9 °C. La moyenne des valeurs quotidiennes variait entre 13,4 °C et 16,6 °C et la valeur moyenne globale pour l'ensemble de la période d'essai était de 14,6 °C. La température de l'air soufflé à sa sortie du VRÉ bibloc dans la maison test variait entre

Les essais en laboratoire ont démontré que les températures de l'air soufflé mesurées dans des conditions d'activités intérieures déterminées par la norme CSA-C439 (Groupe CSA, 2018) variaient entre 15,9 °C et 20,6 °C. Les températures de l'air soufflé mesurées dans des conditions d'activités intérieures nordiques variaient entre 15,3 °C et

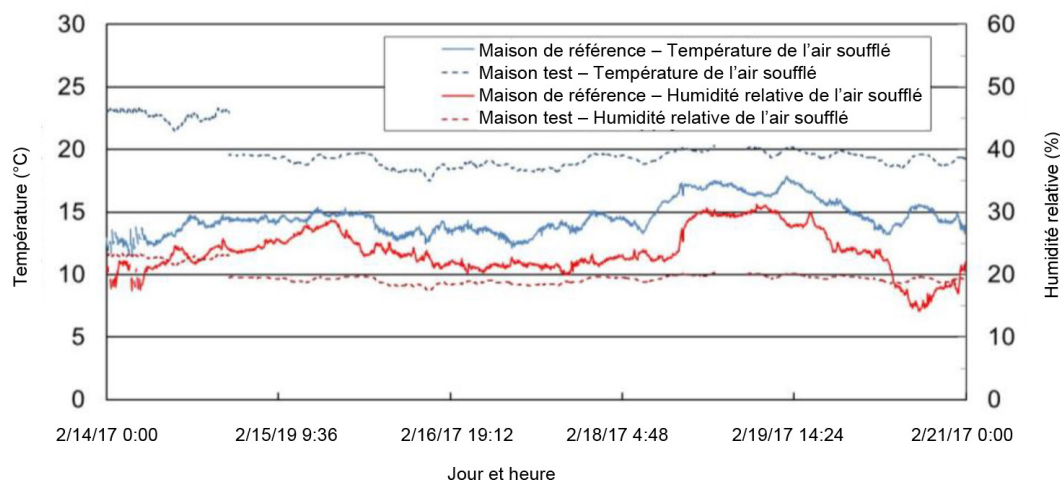


Figure 10 : Température de l'air soufflé mesurée lors des essais côte à côte.

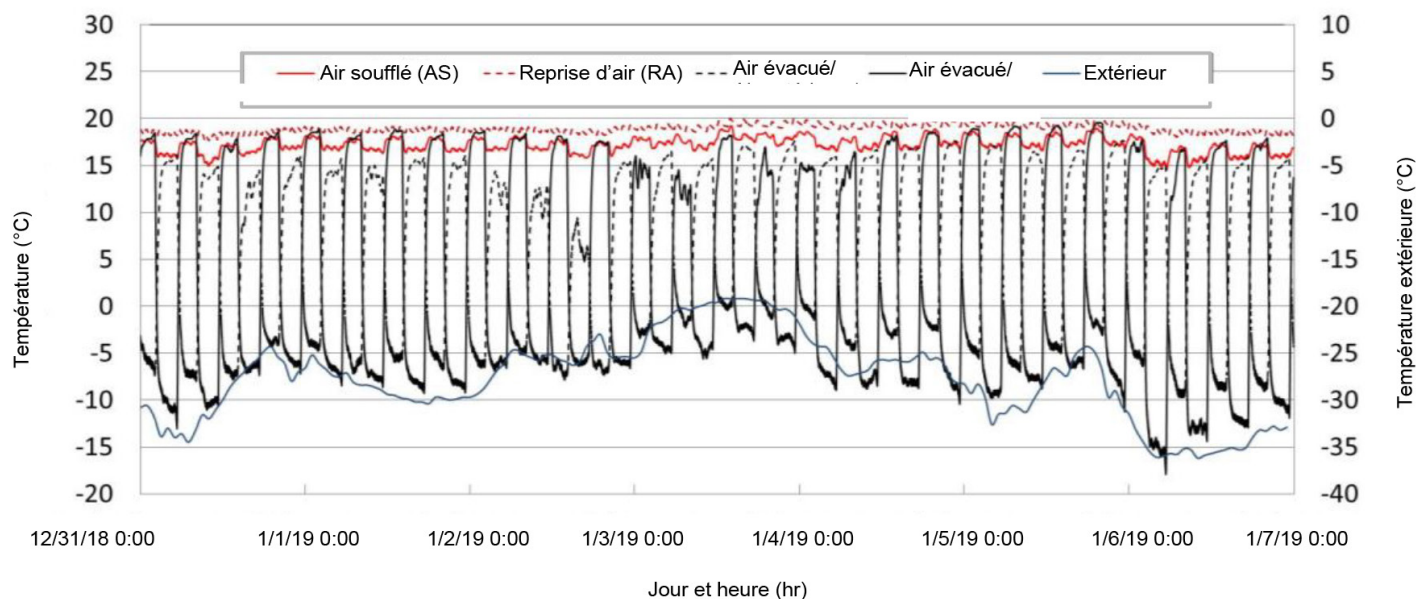


Figure 11 : Températures de l'air mesurées à Cambridge Bay (31 décembre 2018 au 6 janvier 2019).

17,5 °C et 20,3 °C. La moyenne des valeurs quotidiennes variait entre 18,7 °C et 19,6 °C et la valeur moyenne globale pour l'ensemble de la période d'essai était de 19,2 °C. La température de l'air soufflé dans la maison munie de l'appareil bibloc était supérieure (de 3 °C à 6 °C) à celle de l'appareil monobloc. Ce résultat est dû à l'ESA beaucoup plus élevée de l'appareil bibloc (> 80 %) générée par les deux noyaux à régénération cyclique. Cela signifie que la technologie bibloc est plus efficace pour la récupération de chaleur ou d'énergie.

Les changements de rendement de la maison réalisés par la technologie innovante ont été évalués à l'aide d'une comparaison entre le rendement de la maison test (équipée d'un VRÉ bibloc) et le rendement de la maison de référence (équipée d'un VRÉ monobloc). La consommation d'énergie enregistrée pour la maison test et la maison de référence comprend : la consommation d'énergie pour le chauffage (consommation en gaz naturel de la fournaise), la consommation électrique des ventilateurs de fournaise et la consommation électrique des ventilateurs des VRÉ monobloc et bibloc. Au cours d'une période d'essai côte à côte d'une semaine, la moyenne d'économie d'énergie pour le chauffage et la ventilation de la maison complète, lorsqu'un VRÉ bibloc était utilisé plutôt que le VRÉ de référence, était de 6,2 %.

La figure 11 présente les températures d'air mesurées à l'entrée et à la sortie des débits d'air soufflé et évacué lors de la surveillance prolongée du bibloc RGSP 300 à

Cambridge Bay ainsi que les températures extérieures. Le schéma représente la semaine du 31 décembre 2018 au 6 janvier 2019. La température extérieure se situait entre -19 °C et -36 °C. La température de l'air soufflé du VRÉ bibloc vers l'intérieur se situait entre 14,5 °C et 19,2 °C, avec une valeur moyenne de 17,2 °C. Le cycle de l'air extérieur et de l'air évacué est causé par le registre cyclique, qui dirige périodiquement l'air chaud et l'air évacué au travers d'un des deux échangeurs de chaleur. La surveillance prolongée du VRÉ bibloc sur le campus de la SCREA en Arctique a démontré sa performance et sa résilience dans un environnement nordique réel. Il s'est montré tolérant au givre et capable de supporter des températures extérieures sous -35 °C et de fournir un apport continu d'air extérieur.

Conclusions

Cette recherche rigoureuse a démontré qu'en comparaison avec un VRÉ monobloc classique, le système VRÉ bibloc offre une ESA et une ETA plus grande, est plus tolérant au givre et est capable de supporter des températures extérieures sous les -30 °C. La conception bibloc n'a montré aucun problème face au givre, a offert un apport continu en air extérieur et a été en mesure de souffler de l'air à des températures allant jusqu'à 6 °C de plus que la température de l'air soufflé par un VRÉ monobloc. Dans des conditions climatiques extrêmes, la température de l'air soufflé a chuté sous une température acceptable. Pour corriger cette situation, un système de préchauffage activé

avant de souffler l'air à l'espace habité (intérieur) serait nécessaire. Toutefois, le VRÉ bibloc n'a pas gelé et a continué à fonctionner sans diminution d'échange d'air. Des travaux futurs se concentreront sur l'amélioration de la technologie bibloc afin d'en faire un système de ventilation à la demande, capable d'ajuster le taux de ventilation en fonction des besoins intérieurs (surpeuplement, grandes activités, etc.).

Remerciements

Le présent projet de recherche (A1-009461) a été réalisé dans le cadre du Programme de recherche sur l'Arctique du Conseil national de recherches Canada, en collaboration avec la Société canadienne d'hypothèques et de logements (SCHL), Savoir polaire Canada (POLAIRE) et Tempeff North America. Il est soutenu grâce au financement offert par le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE) de Ressources naturelles Canada et par le Programme de recherche sur l'Arctique du Conseil national de recherche du Canada. Le soutien logistique a été offert par la Station canadienne de recherche dans l'Extrême-Arctique (SCREA). Nous remercions Tempeff North America pour leur don d'un appareil VRÉ bibloc, leurs conseils et leur soutien. Nous remercions la SCREA de nous avoir donné accès à l'appareil installé dans le triplex du campus de la SCREA et de nous avoir offert du soutien technique et logistique.

Références

ASHRAE. 2016. ANSI/ASHRAE Standard 62.2. Ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Inc.: Atlanta, GA.

CSA Group. 2018. C439-18 Laboratory Methods of Test for Rating the Performance of Heat/Energy-Recovery Ventilators. Canadian Standard Association (CSA): Toronto, Ontario.

Home Ventilating Institute (HVI). 2016. Retrieved from: <http://www.hvicertified.org>.

Rafati, M.N., Fauchoux, M., Besant, R., Simonson, C. 2014. A review of frosting in air-to-air energy exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30:538-554.

Ouazia B., Swinton, M.C., Julien, M., Manning, M. 2006. Assessment of the enthalpy performance of houses using energy recovery technology. *ASHRAE Trans*, 112(1):26-33.

Zaloum, C. 2010. Technical advice to task force on Northern mechanical ventilation equipment design and testing. Canada Mortgage and Housing Corporation: Ottawa, Ontario.