

AICUF

CHAUFFAGE

VENTILATION

CONDITIONNEMENT D'AIR

LA REVUE DES CLIMATICIENS

www.aicuf.org

Trimestriel - N°922 - Janvier 2024

DOSSIER

RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES COPROPRIÉTÉS



Association des ingénieurs
et techniciens en climatique
ventilation et froid

ÉVÈNEMENT

► Retour sur
le colloque QAI
et ventilation
des bâtiments

DOSSIER

► L'hybridation
en collectif

RÉGLEMENTATION

► Décryptage
du nouveau label
BBC Rénovation
2024

▶ SYSTÈMES HYBRIDES ▶ PAC ▶ RETOUR D'EXPÉRIENCE SUISSE

Grandes pompes à chaleur air/eau pour le remplacement de chaudières à combustible dans des bâtiments collectifs non rénovés

Le groupe Systèmes Energétiques de l'Université de Genève a mené deux retours d'expérience particulièrement bien documentés sur le remplacement des chufferies à combustible par des PAC air/eau dans les bâtiments collectifs non rénovés. Deux systèmes sont présentés ici, mono et hybride.

Introduction

La Suisse, où 70 % des bâtiments fonctionnent encore aux combustibles fossiles, doit opérer une transition majeure vers les énergies renouvelables. Cependant, les pompes à chaleur (PAC), bien que courantes dans les bâtiments neufs, restent peu installées dans les constructions existantes, en particulier en résidentiel collectif. De plus, le manque de PAC air/eau d'une puissance supérieure à 50 kWh représente un obstacle. Actuellement, pour atteindre ces puissances, il y a deux options : une cascade de PAC de petites puissances, ou une machine industrielle de grande puissance.

Genève répond au défi de la décarbonation en lançant un vaste programme de remplacement des chaudières fossiles par des PAC, avec pour objectif la réalisation de 25 000 opérations sur les 15-20 prochaines années, équivalent à 1,6 GW de capacité et générant des économies annuelles de 580 000 tonnes de CO₂. Cet article analyse en détail deux projets pilotes de ce programme, menés par les Services Industriels de Genève (SIG) et le bureau d'ingénieurs CSD. Ces projets portent sur des systèmes PAC d'une puissance de plus de 100 kW, en mode mono et hybride, destinés à chauffer des bâtiments résidentiels collectifs non rénovés.

Description des projets

Système mono

Ce projet (fig.1) concerne un bâtiment de 1972, non rénové, avec 4047 m² de surface chauffée (7 étages), une demande de chauffage de 77 kWh/m².an et 55 kWh/m².an pour l'eau chaude sanitaire (ECS). En 2017, deux PAC air/eau industrielles (2 x 156 kWh) installées sur le toit, avec isolation acoustique, ont remplacé la chaudière à mazout. Chaque unité offre quatre niveaux de puissance et fournit de l'ECS à 60 °C pour éviter la légionellose.

Système hybride

Le bâtiment (fig.2) date de 1992, non rénové, avec 7563 m² de surface chauffée (7 étages), une demande de chauffage de 72 kWh/m².an et 30 kWh/m².an pour l'ECS. Six PAC air/eau de type résidentiel (6 x 34 kWh) ont été installées sur le toit, fonctionnant avec la chaudière à gaz existante (200 kWh). Les PAC couvrent 80 % de la demande annuelle de chaleur, limitée à 55 °C. Trois PAC sont dédiées prioritairement à la production d'ECS. La chaudière assure les différents apports nécessaires (charges et température).



Fig.1 : système PAC en mono : bâtiment (gauche) ; PAC air/eau en toiture, avec panneaux insonorisants (droite)



Fig.2 : système hybride : bâtiment (gauche) ; PAC air/eau de type résidentiel individuel en toiture (droite)

SYSTÈME	MONOVALENT	HYBRIDE
Type de bâtiment	Résidentiel	Mixte (résidentiel + commercial)
Année de construction	1972	1992
Surface chauffée	4047 m ²	7563 m ²
Production de chaleur, origine	Chaudière mazout (319 kWh)	Chaudière gaz (2 x 200 kWh)
Production de chaleur, neuf (1)	2 PAC air/eau (2 x 156 kWh)	6 PAC air/eau (6 x 34 kWh) chaudière gaz d'origine (200 kWh)
Demande de chauffage, mesurée	58 kWh/m ² .an	64 kWh/m ² .an
Demande de chauffage, normalisée (2)	77 kWh/m ² .an	72 kWh/m ² .an
Demande ECS (3)	55 kWh/m ² .an	30 kWh/m ² .an

(1) puissance nominale (entrée évaporateur : 7 °C, sortie condenseur : 45 °C)

(2) saison de chauffage normalisée (2659 degrés-jours à 18°C/12°C)

(3) inclus pertes de stockage et de distribution

Fig3 : caractéristiques des deux études de cas

Résultats

Système monovalent

La production de chaleur (2^{ème} année) atteint 113 kWh/m².an, avec un COP annuel de 2.3 (incluant les auxiliaires). La répartition est de 49 % pour l'ECS (y compris les pertes de stockage et de distribution) et 51 % pour le chauffage. Le

changement de système a réduit les émissions de 42 kg CO₂-eq/m².an en moyenne sur 7 hivers avec chaudière, à 34 kg eqCO₂/m².an. Malgré un COP annuel relativement bas et une teneur en carbone ponctuellement élevée de l'électricité en hiver, le remplacement de la chaudière à mazout a réduit les émissions de 92 %, grâce au mix électrique suisse peu carboné, en moyenne (fig.4). >>>

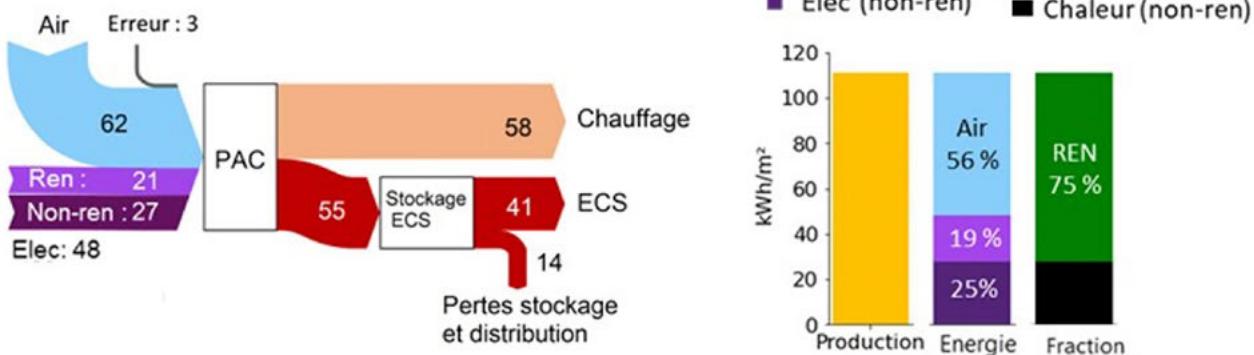


Fig4 : Système PAC en monovalence : diagramme de Sankey (a, en kWh/m².an) ; production de chaleur, décomposée par source et énergie renouvelable / non renouvelable (b). 2^{ème} année d'exploitation (juillet 2019 à juin 2020)

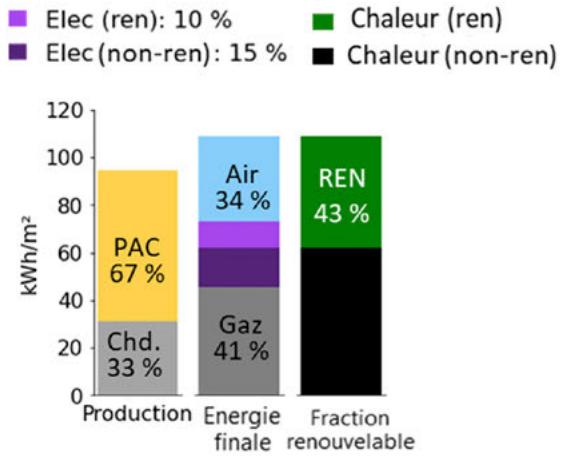
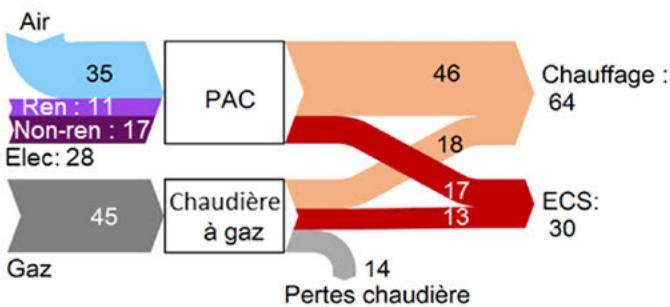


Fig5 : Système hybride : diagramme de Sankey (a, en kWh/m².an) ; production de chaleur, décomposée par source et énergie renouvelable / non renouvelable (b). 2^{ème} année d'exploitation (juillet 2018 à juin 2019)

>>> Système hybride

La production de chaleur la 2^{ème} année (fig.5) atteint 94 kWh/m².an, dont 67 % proviennent de la PAC avec un COP de 2,3 (incluant les auxiliaires, hors pertes de distribution). La chaudière à gaz fournit le reste avec 69 % d'efficacité (sur pouvoir calorifique supérieur). La répartition est de 68 % pour le chauffage et 32 % pour l'ECS. Le changement de système a réduit les émissions de 40 à 13,1 eqCO₂/m².an (-67 %).

Problèmes rencontrés

Bien que les deux systèmes puissent répondre à la demande de chaleur des bâtiments non rénovés en termes de charge et de température, plusieurs problèmes ont été identifiés.

Système monovent

Au cours de la première année, les problèmes suivants ont été résolus : (1) les paramètres internes de la PAC industrielle ne reprenaient pas la courbe de chauffage définie, produisant une température constante de 55 °C ; (2) les pompes de circulation étaient activées en permanence, même lorsque la production était interrompue ; (3) des températures de retour élevées vers les PAC en raison d'un échangeur de chaleur sous-dimensionné pour l'ECS ; (4) une panne de la PAC pendant un mois en raison du manque d'un technicien qualifié, qui a finalement été dépêché depuis une autre région.

Système hybride :

Comparé au système monovent, ce projet présente une complexité plus élevée en termes de concept hydraulique et de régulation, nécessitant la combinaison de plusieurs unités en cascade avec l'ancienne chaudière existante. Parmi les problèmes identifiés et résolus, citons : i) des températures de retour élevées causant des défaillances de la PAC lorsqu'elle fonctionne en parallèle avec la chaudière ; ii) une régulation interne de la PAC principale limitée à la gestion de deux autres unités ; iii) des pertes de chaleur dans les tuyaux reliant les six PAC au toit à la salle des chaudières. De plus, les résidents d'un appartement au dernier étage ont signalé un bruit excessif, confirmé par des mesures acoustiques. Des absorbeurs acoustiques ont été installés sur les entrées et sorties d'air des PAC.

Finalement, la plupart des problèmes dans les deux projets étaient dus à des paramètres incorrects des dispositifs, corrigés en optimisant la régulation du système. Dans certains cas, des configurations hydrauliques non optimales ont également été ajustées, autant que possible.

Discussion

Les deux études de cas diffèrent en termes de configuration du système (monovent vs. hybride) et de choix des unités PAC (grande unité industrielle vs. petites unités pour maisons individuelles). Cependant, la configuration du système et le type de PAC ne sont pas intrinsèquement liés. Les caractéristiques suivantes doivent être prises en compte lors du choix :

- Les systèmes monovent sont plus simples à intégrer et à réguler, mais peuvent être sujets à un surdimensionnement coûteux.
- Les systèmes hybrides offrent une flexibilité pour les bâtiments existants, en prévision de rénovations futures et de réductions de la charge thermique.
- Les grandes PAC industrielles nécessitent moins d'espace et réduisent les pertes de chaleur, mais nécessitent des mesures spécifiques pour le bruit et la structure.
- Les petites PAC conçues pour les maisons individuelles répartissent le poids sur le toit, mais la régulation et la limitation de la température de production peuvent poser des défis avec un grand nombre d'unités.

Conclusion

Les deux années de suivi dans des bâtiments résidentiels non rénovés ont montré que les systèmes PAC air/eau peuvent répondre aux besoins de chauffage et d'ECS tout en réduisant considérablement les émissions de CO₂. Cependant, leur mise en œuvre exige une formation professionnelle et une exécution minutieuse, notamment en ce qui concerne les températures. La conception hydraulique et la régulation sont essentielles pour garantir l'efficacité, la fiabilité et la durabilité des systèmes, en particulier pour les systèmes hybrides. L'intégration hydraulique doit être soigneusement vérifiée à toutes les étapes du projet (avant-projet, conception, mise en œuvre, mise en service, suivi).



**Omar Montero, Pauline Brischoux, Pierre Hollmuller
(Université de Genève).**