



HAL
open science

Hybrider les chaufferies gaz par des pompes à chaleur : un compromis à trouver en termes de dimensionnement

Jean-Christophe Léonard

► **To cite this version:**

Jean-Christophe Léonard. Hybrider les chaufferies gaz par des pompes à chaleur : un compromis à trouver en termes de dimensionnement. CVC la revue des climaticiens, In press. hal-04380426

HAL Id: hal-04380426

<https://edf.hal.science/hal-04380426>

Submitted on 8 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Hybrider des chaufferies gaz par des pompes à chaleur : un compromis à trouver dans le dimensionnement

Mots clés : décarbonation, pompe à chaleur, hybridation

Décarboner le chauffage. En tertiaire, cet usage concerne 46% des consommations toutes énergies tous usages (200 TWh/an). Celui-ci est à plus de 70% issu des fossiles (60% en résidentiel collectif). Réduire nos émissions carbone passera inévitablement par l'isolation du bâti. Mais les coûts élevés de ce geste et la nécessité d'une décarbonation rapide incitent à explorer des alternatives, comme l'hybridation des chaufferies par des pompes à chaleur.

Le groupe Décarbonation des Bâtiments d'EDF R&D développe un outil, pour l'hybridation des chaufferies existantes par pompes à chaleur, qui rend compte, au pas horaire, des performances constructeurs des PAC air/eau (puissance et COP). Des paramètres essentiels, parfois mal appréhendés, y sont décrits : dégivrages, performances à charge partielle (ref. EN1485) pour les machines non équipées de variation électronique de vitesse, ainsi que la consommation de la pompe qui irrigue le condenseur.

Cas d'étude. Considérons un bâtiment collectif (situé dans le Département 78) de 4800 m², chauffé au gaz (déperditions de 310 kW, soit 65 W/m²). La loi d'eau fixe la température de départ à 75°C par -10°C extérieur (retour 60°C) et à 35°C par 15°C. Ici, la température maximale de fourniture des PAC évaluées est de 65°C. Notre réflexion ici ne concerne que l'usage chauffage.

Nous testons alors différentes puissances de chauffage (P.chauf, par la suite) par incrément de 25 kW et observons 4 indicateurs : (1) la réduction annuelle de consommation finale de chauffage, (2) la baisse annuelle des émissions carbone, (3) le COP annuel (pompe incluse) et (4) la part du chauffage couverte par la PAC (météo trentenaire utilisée).

La fig.1 représente l'évolution combinée de (1) en abscisses et (2) en ordonnées selon P.chauf. Les baisses de consommation finale et d'émissions carbone croissent, mais passé un seuil, un incrément de 25 kW produit nettement moins d'effet que le précédent.

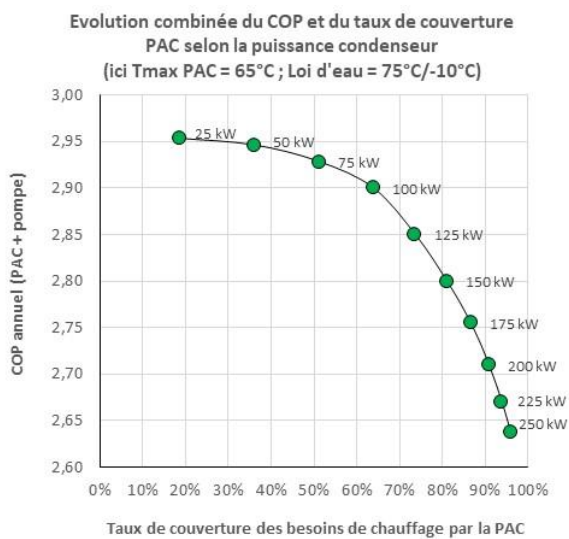
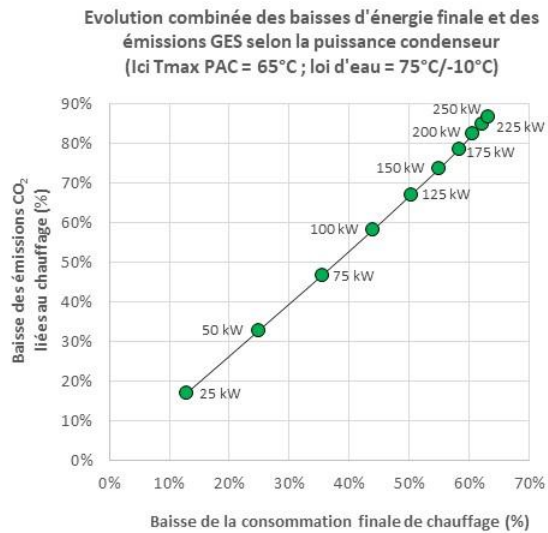


fig.1 : baisses de la conso finale et des émissions GES selon P.chauf

fig.2 : COP et taux de couverture selon P.chauf

La fig. 2 reprend le même formalisme pour (3) et (4). Quand P.chauf croit, le taux de couverture PAC augmente, certes, mais le COP annuel diminue. Pour illustrer les mécanismes sous-jacents, faisons appel à la fig.3. Celle-ci représente la distribution des besoins annuels de chauffage (courbe enveloppe rouge en kWh/an) selon la température extérieure (T.ext par la suite) par intervalle de 1°C. Ici, pour l'exemple, l'aire verte indique la contribution d'une PAC de 25 kW. Ensuite, les différents pointillés montrent comment, à P.chauf croissante, la PAC contribue aux besoins de chauffage. Pour l'exemple, le COP d'une machine de 25 kW est représenté.

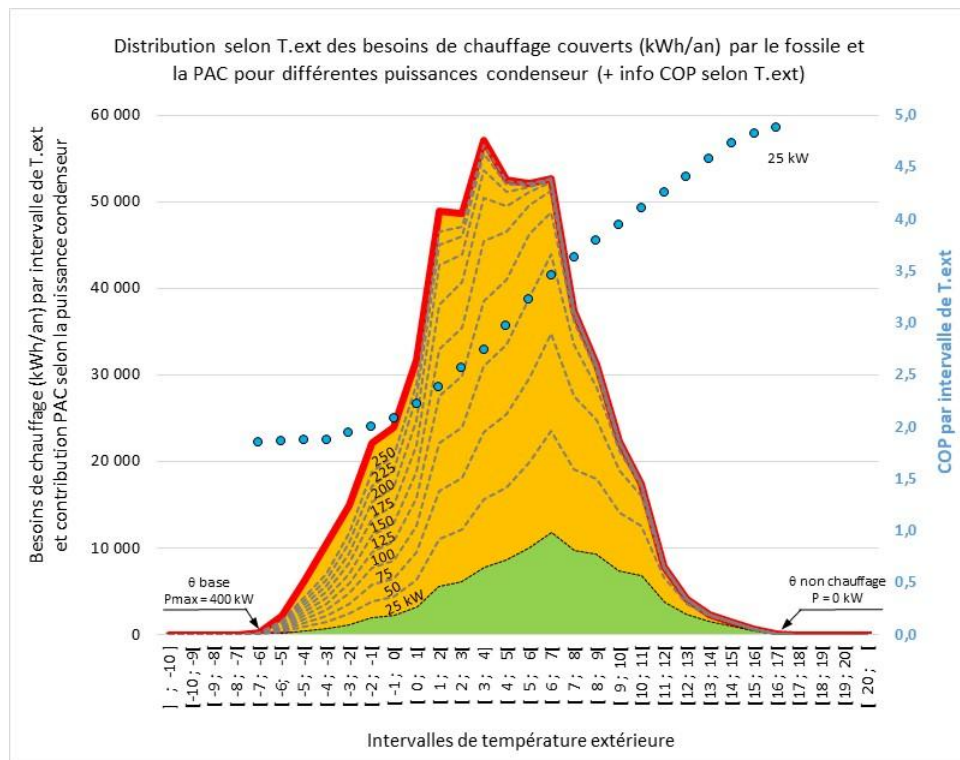


fig. 3 : distribution selon T.ext des besoins de chauffage couverts (kWh/an) par le fossile et la PAC selon taille PAC

En demi-saison (partie droite de la distribution), quand P.chauff croît, les besoins sont couverts rapidement en totalité par la PAC (les pointillés épousent vite la courbe rouge). Ce sont effectivement des périodes où la puissance de chauffage est faible et où la P.chauff de la PAC augmente avec T.ext.

Au cœur de l'hiver (partie gauche de la distribution), une fraction des besoins ne peut être couverte par la PAC. Les déperditions sont élevées (P.max : 400 kW) alors que la P.chauff de la PAC diminue avec T.ext (et les dégivrages). La température de départ dépasse aussi parfois la température de fourniture maximale de la PAC.

Mais surtout, une fois que l'augmentation de la P.chauff a permis d'aller chercher tous les besoins de demi-saison, le fait d'accroître encore la P.chauff va permettre, certes, de transférer plus de besoins vers la PAC, mais sous des T.ext où le COP est plus faible : l'augmentation de la P.chauff impacte donc à la baisse le COP annuel. Par exemple, considérons deux P.chauff différentes, 100 et 200 kW et intéressons-nous à l'énergie que chacune fournit sous 5°C (T.ext où le COP ici est inférieur à 3). Dans le cas 100 kW, 43% de l'énergie annuelle fournie par la PAC se fera sous 5°C, 54% dans le cas 200 kW. La configuration à 200 kW aura donc un COP plus faible (2.7) que celle à 100 (2.9).

Quel niveau d'hybridation conseiller alors à ce client ? Rappelons que les clients tertiaires doivent respecter l'échéance 2030 du Dispositif Eco Energie Tertiaire (DEET) qui impose, soit une baisse de 40% des consommations, soit l'atteinte d'un seuil de consommation en valeur absolue (kWh/m².an).

Dans le cas présent, sans rénovation du bâti d'ici 2030 (les CAPEX sur ce poste sont toujours importants...), l'installation d'une PAC de « seulement » 100 kW (un quart des déperditions), permet une baisse minimale des consommations finales de chauffage de 44% et réduit de 58 % les émissions carbone. Le COP global et le taux de couverture PAC sont voisins de 2.9 et 64%. Ce niveau d'hybridation permet d'atteindre, à moindre coût, l'échéance 2030 du DEET, du moins sur le poste chauffage, en ne nécessitant pas ici de renforcement électrique sur le poste de livraison du client.

En revanche, le client peut vouloir rénover son bâti, plus ou moins profondément. Observons comment justement cette profondeur de rénovation impacte la performance d'une installation hybridée.

Si les émetteurs sont conservés, avec des déperditions plus faibles, les températures aller et retour du réseau de chauffage seront modifiées. Appelons Td1 et Tr1, la température départ (75°C dans l'exemple) et celle de retour (60°C) avant travaux de rénovation (index 1) et Td2 et Tr2, ces mêmes températures après rénovation (index 2). La place nous manque pour en faire la démonstration complète ici, mais il existe une relation pour passer du couple Td1, Tr1 à Td2, Tr2 selon le rapport [déperditions_{après} / déperditions_{avant}]. Il s'agit de rendre compte du caractère non linéaire de la puissance dissipée par un radiateur selon le régime d'eau ($P_2 = P_1 \cdot (\Delta T_{2log} / \Delta T_{1log})^{1.3}$). Nous privilégions ici la présentation des résultats sous forme d'abaque (cf. fig. 4) plutôt que par les équations.

Considérons les températures de départ et de retour, avant travaux, de 75 et 60°C par -10°C. Si la rénovation réduit de 20% les déperditions, le rapport [déperditions après / déperditions avant] est alors égal à 0.8. En partant des abscisses et en remontant sur la droite iso $\text{Dép}_{\text{après}} / \text{Dép}_{\text{avant}} = 0.8$, nous déterminons les nouvelles températures de départ (66°C) et de retour (54°C), sous hypothèse de débit constant. Une rénovation très profonde ($[\text{Dép}_{\text{après}} / \text{Dép}_{\text{avant}}] = 0.5$, soit 31 W/m²) permet même d'abaisser les températures de départ et de retour à 51.5 et 44°C, en conservant les émetteurs, le réseau et la pompe de chauffage.

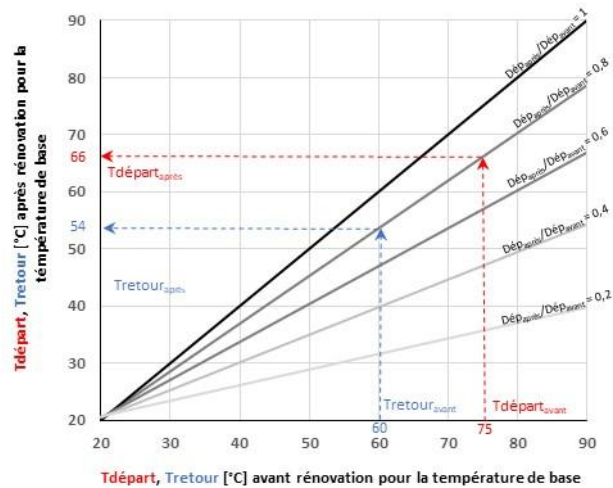


fig. 4 : trouver la nouvelle loi d'eau selon celle de départ et la profondeur de la rénovation du bâti

Avec une rénovation profonde ($[\text{Dép}_{\text{après}} / \text{Dép}_{\text{avant}} < 0.6]$) impliquant une loi d'eau nettement abaissée, une transition 100 % PAC est envisageable avec une PAC moyenne température (55°C) et des COP pouvant atteindre 3. En revanche, dans le cas étudié ici, le client devra vraisemblablement renforcer son alimentation électrique. Cela doit faire l'objet d'un chiffrage auprès du gestionnaire de distribution...

Au travers des points évoqués dans cet article, on le comprend, l'hybridation, couplée à une rénovation du bâtiment, offre un levier de décarbonation très important. Au-delà des considérations théoriques de dimensionnement, n'oublions pas, surtout, que le partage de nos retours d'expérience terrain sera essentiel pour le succès de ces futures opérations.

Jean-Christophe Léonard,

Ingénieur, EDF LAB les Renardières