

Auteur: Bart Vannoppen – Technology advisor

Version: 07/2026

Régulation des pompes à chaleur: voici où se trouvent les véritables gains

Les pompes à chaleur sont de gros consommateurs d'énergie. En fonction du niveau d'isolation du logement, elles peuvent consommer chaque année entre 2.500 kWh (dans un logement bien isolé avec chauffage au sol) et 5.000 kWh (dans un logement ancien avec radiateurs). Cela signifie qu'une régulation et un pilotage adéquats peuvent avoir un impact considérable sur la consommation et la facture du résident. Dans cet article, nous abordons les différents aspects susceptibles d'influencer significativement ces éléments, tels que: la courbe de chauffe, le tarif capacitaire, le contrat d'énergie et la gestion.

Trois éléments clés pour une pompe à chaleur économe

On parle de plus en plus de la gestion intelligente des pompes à chaleur, mais dans la pratique, les gains les plus importants se trouvent toujours dans les fondamentaux :

1. **une courbe de chauffe correctement réglée**: la courbe de chauffe détermine la température de départ (vers le chauffage au sol ou les radiateurs) en fonction de la température extérieure et a donc un impact direct sur le COP (Coefficient of Performance = rendement), la consommation totale en kWh et la puissance électrique absorbée en kW;
2. **un profil de consommation bien pensé**: par exemple en décalant la consommation dans le temps (par exemple vers les moments de production solaire ou vers les heures où l'électricité est moins chère dans le cadre d'un tarif dynamique);
3. **le stockage thermique**: le stockage de l'énergie au sein même du logement.

On entend souvent dire que la pompe à chaleur est gérée de manière intelligente. Or, la gestion intelligente n'est pas le Saint Graal qui résout tout, même si elle joue un rôle très important dans l'optimisation de la facture. Elle ne compense pas une installation mal réglée. Si une pompe à chaleur fonctionne systématiquement à une température de départ trop élevée parce que la courbe de chauffe est mal réglée, et que la résistance d'appoint électrique est activée, on se retrouve alors avec un système inefficace que le logiciel (système EMS) peut, au mieux, rendre légèrement moins mauvais.

Dans la pratique, il faut donc commencer par l'aspect hydraulique, par le débit, par la température minimale nécessaire (confort de l'occupant) et par les déperditions thermiques du logement.

1. Ajustement de la courbe de chauffe: applicable même sans système de gestion intelligent

La première étape de l'optimisation concerne donc la courbe de chauffe. Plus la température de sortie est basse, plus le rendement (COP) de la pompe à chaleur est élevé. Cela se traduit directement en kW et en kWh, et a donc également un impact en euros sur la facture.

Les graphiques de la figure 1 illustrent clairement cet impact d'une courbe de chauffe correctement réglée sur deux jours présentant des températures intérieures et extérieures comparables (jours de gel). Dans cette habitation équipée d'un chauffage au sol, la température de sortie a été abaissée de 33 °C (graphique du haut: réglage d'origine) à 26 °C (graphique du bas: réglage optimisé tout en conservant le même niveau de confort) pour une température extérieure de -5 °C.

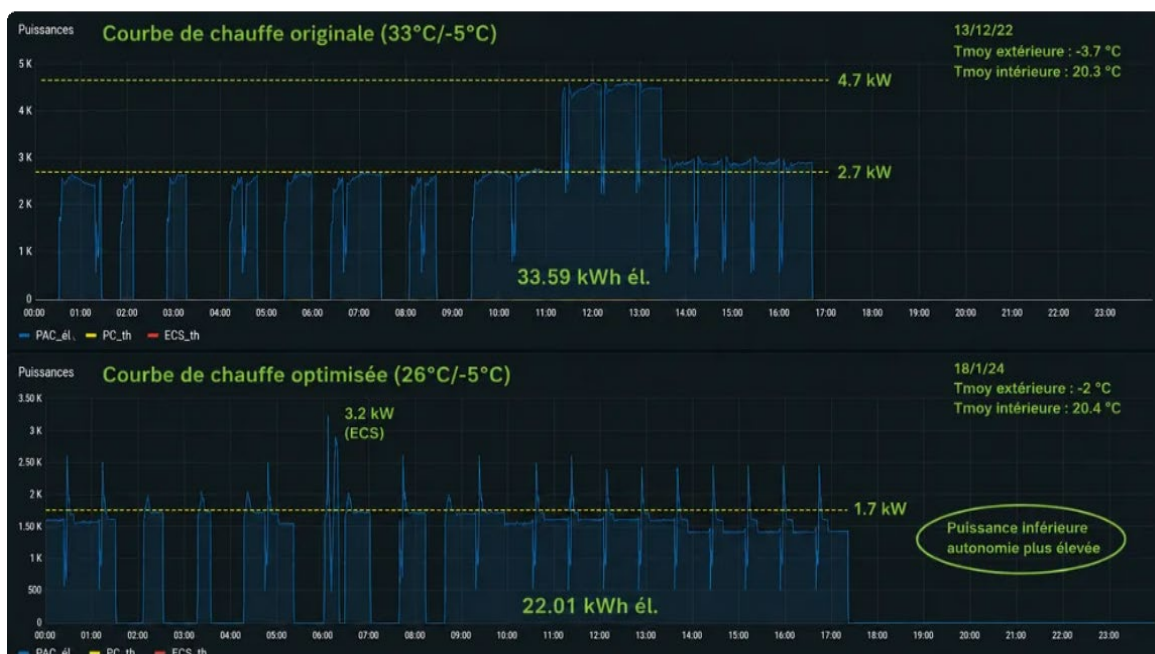


Figure 1: Puissance électrique absorbée par la pompe à chaleur

Avec la courbe de chauffe optimisée, la puissance électrique absorbée par le compresseur n'est que de 1,7 kW, soit 1 kW de moins par rapport à la courbe de chauffe d'origine. Cela s'explique par une différence de température moins importante entre la température de sortie réelle et la température de sortie souhaitée (26 °C au lieu de 33 °C avec le réglage d'origine), ce qui permet au compresseur de fonctionner à un régime plus bas, avec pour conséquence un COP plus élevé.

Un avantage supplémentaire est que la résistance de secours (de 2 kW dans ce cas) n'a plus besoin d'être activée. Grâce à la courbe de chauffe optimisée, la consommation pour l'ensemble de la journée n'a été que de 22 kWh, contre 33 kWh lors d'une journée comparable avec la courbe de chauffe d'origine, soit une réduction de la consommation de 11 kWh, ou 2,75 € (25 c€/kWh) sur une seule journée (de gel).

Ces puissances réduites ont également un impact sur le tarif capacitaire. Le pic mensuel est calculé sur base de la consommation au quart d'heure la plus élevée du mois. Grâce à la réduction de 1 kW de la puissance du compresseur et à la suppression de la résistance d'appoint de 2 kW, cela se traduit, pendant les mois de gel, par une réduction du pic mensuel de 3 kW pour ce logement, soit environ 15 € par mois d'hiver d'économies sur les coûts de réseau (+/- 5 €/kW/mois).

Pour les personnes disposant de panneaux photovoltaïques, il existe un avantage supplémentaire. La puissance absorbée réduite de la pompe à chaleur signifie qu'un pourcentage plus important de sa consommation est couvert par les panneaux photovoltaïques, ce qui leur permet de prélever moins d'électricité sur le réseau et d'être ainsi plus autonomes. Supposons qu'à un moment donné, 2 kW d'électricité verte soient produits: avec la courbe de chauffe d'origine, la pompe à chaleur continuerait à prélever 700 W sur le réseau, alors qu'avec la courbe de chauffe optimisée, il resterait 300 W pour la consommation domestique.

2. Profil d'utilisation bien pensé: pilotage de la pompe à chaleur via un système de gestion énergétique (EMS) – faire fonctionner la pompe à chaleur autant que possible pendant la journée

L'étape logique suivante concerne le pilotage. Un simple système de régulation visant à faire fonctionner la pompe à chaleur autant que possible pendant la journée peut déjà faire une grande différence sur la facture. Cela peut sembler banal, mais c'est précisément là que l'efficacité et l'autoconsommation se rejoignent. Avec les pompes à chaleur air-eau, le COP est généralement plus élevé pendant la journée, car la température extérieure augmente dès le lever du soleil. De plus, la production photovoltaïque locale est possible pendant la journée. Ces deux effets se renforcent mutuellement. Si une habitation équipée de panneaux solaires fait fonctionner sa pompe à chaleur pendant la journée, non seulement la production propre est mieux exploitée, mais le rendement thermodynamique (COP) de la pompe à chaleur est également plus élevé.

Ceux qui laissent simplement leur pompe à chaleur fonctionner à son propre rythme, sans système de régulation, constatent souvent qu'elle fonctionne à des moments peu propices. En hiver, l'installation peut alors fonctionner la nuit, lorsque le COP est plus faible. Pendant les entre-saisons, il peut même arriver que la pompe à chaleur ne fonctionne pas au moment le plus ensoleillé de la journée, alors que le soleil brille et

que la température extérieure est favorable. Sans système de gestion, l'offre et la demande coïncident par hasard; avec un tel système, cette corrélation est créée de manière délibérée.

Les graphiques hivernaux relatifs au chauffage des locaux présentés dans la figure 2 illustrent clairement ce phénomène. Dans cette habitation, le système de régulation de la pompe à chaleur a été mis en place à partir de 2020.

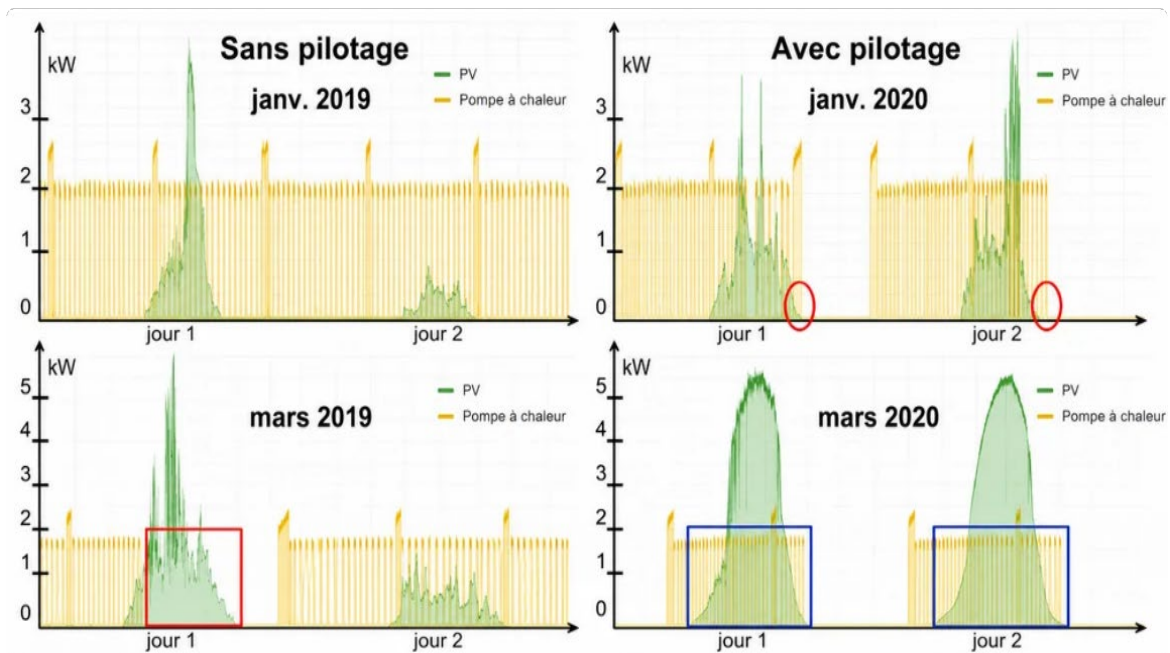


Figure 2: pompe à chaleur avec EMS: régulation du chauffage des pièces

La comparaison entre janvier 2019 et janvier 2020, ainsi qu'entre mars 2019 et mars 2020, met surtout en évidence un décalage dans le timing. Sans régulation, la pompe à chaleur suit son schéma classique. Avec la régulation, elle s'arrête au coucher du soleil (cercles rouges) et chauffe pendant la journée, ce qui permet d'utiliser efficacement l'énergie solaire disponible. En mars, le contraste est frappant: sans régulation, l'installation ne fonctionnait même pas aux moments les plus ensoleillés (cadre rouge), tandis qu'avec une régulation diurne (blocs bleus), la pompe à chaleur fonctionne toujours dès qu'il y a une production solaire.

Grâce à cette régulation, cette habitation a enregistré, de novembre à février inclus, une consommation de la pompe à chaleur inférieure de 476 kWh à celle des mêmes mois de l'année précédente. Cela confirme un point important pour les installateurs: la régulation ne doit pas nécessairement être complexe pour permettre une amélioration notable.

Cette régulation est également pertinente en été, période durant laquelle il n'y a généralement plus de demande de chauffage des locaux, mais bien d'eau chaude sanitaire (figure 3).

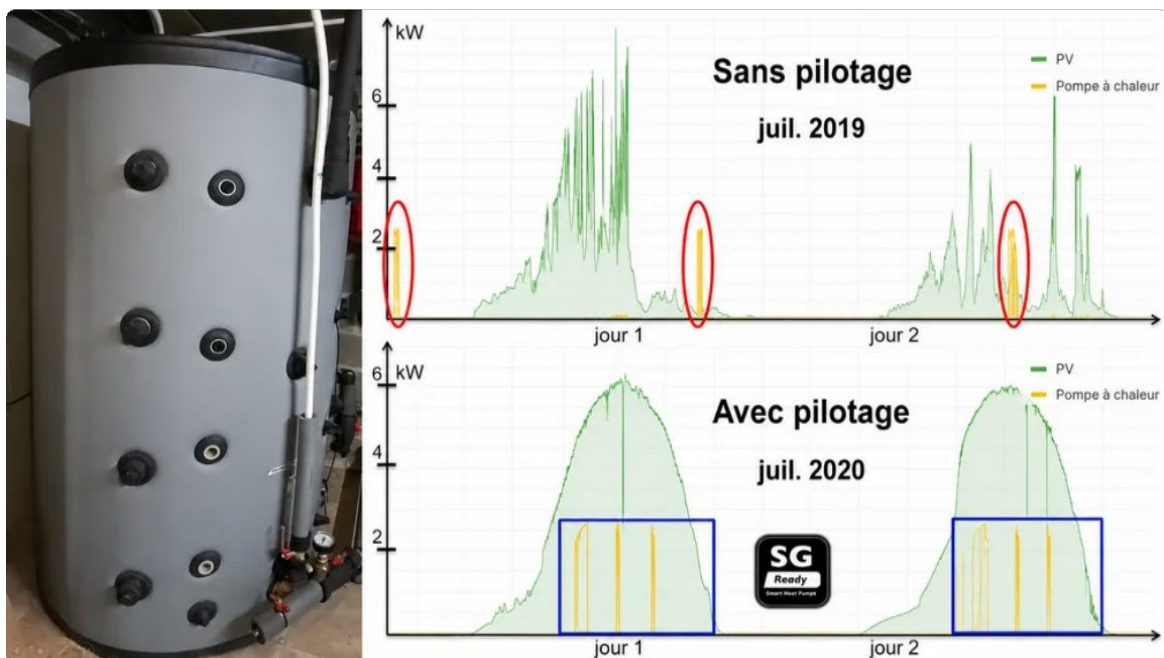


Figure 3: pompe à chaleur avec EMS: régulation de l'eau chaude sanitaire (ECS)

Sans système de gestion, il faut alors compter sur la chance pour que le ballon chauffe à un moment où la pompe à chaleur est en production. Avec un système de régulation, la pompe à chaleur peut produire de l'eau chaude sanitaire systématiquement au bon moment (blocs bleus). Cela augmente la part de la consommation propre, limite l'injection et s'avère en outre efficace, car la température extérieure est généralement plus élevée à ces moments-là.

Qu'en est-il du tarif capacitaire?

Si le pic mensuel existant risque d'être dépassé, le système de gestion énergétique (EMS) peut désactiver la pompe à chaleur pendant un certain temps (par exemple pendant la préparation des repas) sans que l'occupant ne remarque quoi que ce soit en termes de confort. La pompe à chaleur peut ensuite reprendre son fonctionnement normal. Cela permet de lisser les pics de consommation, de réduire ou d'éliminer la contribution de la pompe à chaleur au pic mensuel, et de limiter les coûts liés au réseau sans perte de confort.

Comment gérer un tarif dynamique?

Pour les personnes disposant d'un contrat à tarif dynamique, le prix de l'électricité varie tous les quarts d'heure. Ces tarifs sont publiés vers 13 h pour le lendemain. Un système EMS peut les lire automatiquement et activer la pompe à chaleur pendant les quarts d'heure les moins chers. Il existe toutefois un piège à éviter: suivre de manière trop agressive les prix par quart d'heure. Une pompe à chaleur qui démarre et s'arrête sans cesse pour profiter de chaque baisse de prix réduit la durée de vie du compresseur. Les fabricants souhaitent (à juste titre) limiter au maximum les démarrages et arrêts. Un système EMS intelligent doit donc toujours respecter des durées de fonctionnement minimales et ne pas traduire aveuglément chaque signal de prix en une commande.

Avec les tarifs dynamiques, seul le prix de l'énergie varie tous les quarts d'heure. Vous payez toujours des frais de réseau et des taxes pour chaque kWh que vous prélevez sur le réseau. Pour les personnes disposant de panneaux solaires, il est donc généralement plus intéressant de faire fonctionner la pompe à chaleur pendant la journée afin de consommer l'électricité verte, car chaque kWh est gratuit.

Combinaison pompe à chaleur – véhicule électrique – consommation domestique

La valeur ajoutée d'un EMS devient encore plus évidente dès qu'il y a d'autres gros consommateurs, comme par exemple un véhicule électrique (VE). La figure 4 montre, sur trois jours de décembre, comment la pompe à chaleur et le véhicule électrique sont pilotés en fonction de la consommation domestique.

Cas d'usage – L'EMS comme pilotage central des techniques

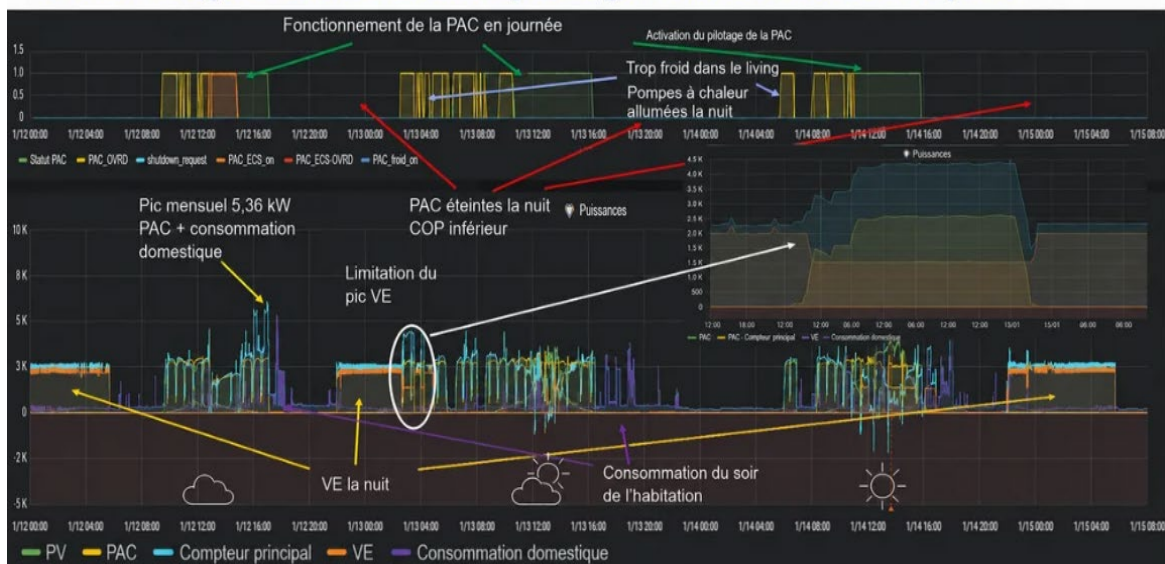


Figure 4: Pilotage via l'EMS de la pompe à chaleur et du véhicule électrique

La pompe à chaleur (PAC) fonctionne pendant la journée afin d'exploiter la production solaire (avec un COP plus élevé). Si la température intérieure est menacée pendant la nuit, la pompe à chaleur est également activée pour garantir le confort. Les journées d'hiver étant courtes, la pompe à chaleur aura, dans la plupart des cas, déjà cessé de fonctionner avant le début des repas et autres activités ménagères.

La voiture se recharge généralement la nuit. Ainsi, toute la consommation du réseau est bien répartie sur l'ensemble de la journée et les pics de consommation importants (tarif de puissance) sont évités. Dans le cas d'utilisation présenté, le pic mensuel se situe autour de 5,36 kW. Le petit graphique illustre la manière dont l'EMS donne la priorité au confort. Lorsque la pompe à chaleur est activée la nuit, le courant de recharge de la voiture est réduit afin de ne pas dépasser la pointe de consommation par quart d'heure. Si le pic avait tout de même dépassé 5,36 kW, la recharge de la voiture aurait été brièvement interrompue, pour reprendre dès l'arrêt de la pompe à chaleur.

Quel système de régulation utiliser?

Si l'on examine le système de commande concret, on distingue globalement deux niveaux: une commande simple via des contacts 'Smart Grid Ready', ou une commande logicielle via Modbus ou une API. Dans le cas des graphiques présentés, la commande a été réalisée à l'aide des contacts 'SG Ready'.

Pilotage – Contacts 'Smart Grid Ready'

Smart Grid Ready, souvent abrégé SG Ready, est une norme. Son application est techniquement simple: il s'agit de deux contacts pouvant être raccordés à la pompe à chaleur. Ces deux contacts permettent d'envoyer quatre types de commandes à la pompe à chaleur. L'avantage réside dans le fait que la plupart des systèmes EMS peuvent les piloter sans difficulté, sans qu'une intégration logicielle soit nécessaire. L'EMS placera ces contacts dans les positions appropriées aux moments opportuns pour que la pompe à chaleur effectue l'action souhaitée.

SG Ready (Smart Grid ready)

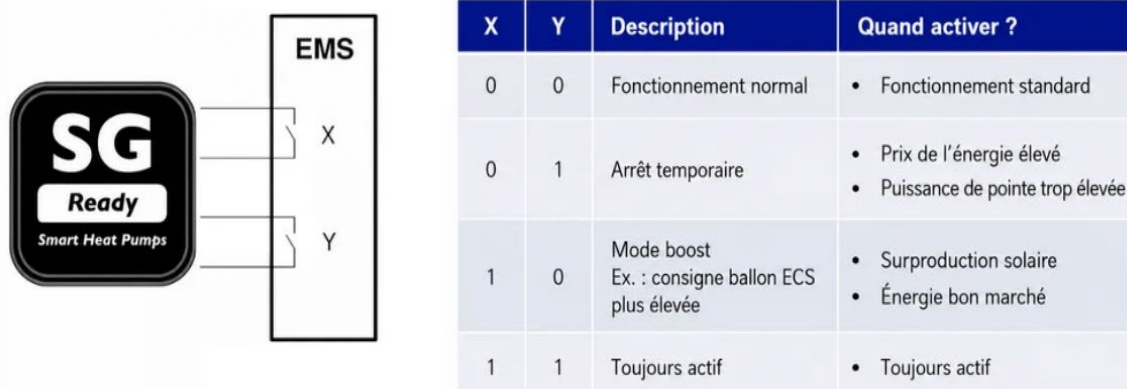


Figure 5: Contacts 'Smart grid Ready'

- En position 0/0, l'installation fonctionne normalement.
- En position 0/1, la pompe à chaleur peut être temporairement désactivée, par exemple en cas de coût élevé de l'énergie ou lorsque la puissance de pointe devient trop élevée (tarif capacitaire).
- En position 1/0, un mode 'boost' est activé, par exemple pour amener un ballon d'eau chaude à un point de consigne plus élevé en cas d'excédent photovoltaïque ou d'énergie bon marché.
- En position 1/1, l'installation reste active, par exemple pour garantir le confort.

Dans la pratique, cela s'avère particulièrement utile car cela permet d'obtenir un grand nombre de réactions intelligentes avec une complexité limitée; aucune intégration logicielle approfondie n'est nécessaire et la régulation reste compréhensible.

Pilotage – intégration logicielle

Le deuxième niveau consiste en une intégration logicielle avec l'EMS via, par exemple, Modbus ou une API. L'inconvénient ici est que seul un nombre limité de pompes à chaleur le permettent, tout comme un nombre limité de systèmes EMS qui prennent cela en charge. Dans ce cas, il convient de vérifier soigneusement si l'EMS est compatible avec la pompe à chaleur.

Une fois la pompe à chaleur intégrée au système EMS, les possibilités sont bien plus nombreuses, mais la configuration devient également plus complexe. Il devient ainsi possible non seulement de commander la mise en marche/l'arrêt ou le mode 'boost', mais aussi de modifier dynamiquement les points de consigne. Par exemple, la température de sortie peut être augmentée d'un degré lorsqu'une injection d'énergie solaire est encore mesurée alors que la pompe à chaleur fonctionne déjà. Il en résulte que la pompe à chaleur fonctionnera à plus haut régime, consommera davantage d'énergie électrique et utilisera donc une plus grande partie de la production solaire locale. D'un point de vue thermique, cela permet ainsi de stocker davantage d'énergie dans le logement et d'en injecter moins dans le réseau lors des moments très ensoleillés.

3. Stockage thermique



Quand on parle de stockage thermique, on pense souvent spontanément à un ballon tampon, mais dans les logements bien isolés, c'est souvent le logement lui-même qui constitue le meilleur moyen de stockage. Un sol en béton et en chape représente plusieurs tonnes de masse

Cela nous amène à un troisième élément clé: le stockage de l'énergie. Quand on parle de stockage thermique, on pense souvent spontanément à un ballon tampon, mais dans les logements bien isolés, c'est souvent le logement lui-même qui constitue le meilleur support de stockage. Un sol en béton et en chape représente plusieurs tonnes de masse.

Si cette masse est légèrement réchauffée pendant la journée, elle peut restituer de la chaleur pendant des heures. Dans la maison mentionnée plus haut, il a été calculé qu'un ballon tampon de 800 litres porté à 50 °C ne représente encore qu'une fraction de la capacité de stockage de la maison. Dans ce calcul, le sol pouvait stocker environ huit à dix fois plus d'énergie que le ballon tampon. Cela fait une grande différence en termes de stratégie.

Ce raisonnement s'applique bien sûr surtout aux logements bien isolés, équipés d'un système de diffusion conçu pour fonctionner à basse température (de préférence avec un chauffage au sol). Dans les systèmes à radiateurs, la température de diffusion est plus élevée, et le stockage dans le logement est moins évident car c'est l'air intérieur qui est réchauffé. Il faut également tenir compte du fait que, dans le cas des radiateurs, le COP sera nettement inférieur, car la température de diffusion doit y être nettement plus élevée que pour le chauffage au sol.

Conclusion

Aujourd'hui, le gain le plus important ne réside pas dans l'intégration la plus sophistiquée, mais dans la combinaison judicieuse de plusieurs principes de base:

- une courbe de chauffe bien ajustée
- un fonctionnement en journée dans la mesure du possible
- un stockage thermique dans le logement si celui-ci s'y prête
- une connexion EMS simple qui tient compte des pics de consommation, de l'ensoleillement et du confort.

Des intégrations Modbus ou API plus poussées peuvent venir s'ajouter à cela, mais elles n'ont vraiment de sens que si les bases sont déjà solides.

Pour les installateurs, cela se traduit par quelques règles de décision claires. Commencez par les bases hydrauliques et la courbe de chauffe. Veillez à éliminer les températures de sortie inutilement élevées. Examinez ensuite le profil journalier: l'installation peut-elle fonctionner davantage pendant la journée et moins la nuit, sans perte de confort?

Prévoyez au moins une interface simple telle que SG Ready si la pompe à chaleur et le système de gestion énergétique (EMS) la prennent en charge. Considérez le logement lui-même comme un accumulateur thermique lorsque cela est justifié d'un point de vue de la physique du bâtiment. Évitez enfin un système de régulation qui deviendrait trop 'nerveux' en cherchant à suivre chaque signal-prix.

Dans la pratique, cela signifie que 'intelligent' n'est pas synonyme de 'complexe'. Être intelligent, c'est avant tout: savoir où se situent les véritables gains, modérer les attentes si nécessaire et régler l'installation de manière à ce que la technologie, le confort et les coûts se renforcent mutuellement. Ceux qui agissent ainsi obtiennent souvent la majeure partie des résultats avec des moyens limités.

Et c'est précisément ce qui rend aujourd'hui pertinente la gestion des pompes à chaleur: non pas parce que chaque système doit être hyperconnecté, mais parce qu'une stratégie de base bien pensée fait immédiatement une différence mesurable en termes de COP, de kW, de kWh et d'euros.

L'information dans cet article est exacte au moment de la publication et est basée sur les lois et l'état de la technologie à ce moment-là.
