

# PAC + MICRO-COGÉNÉRATION + RÉCUPÉRATION SUR VMC : TIERCÉ GAGNANT

À Saint-Germain-en-Laye, le bailleur ICF Habitat La Sablière a fait le choix d'un système de production d'ECS hybride pour une résidence de 200 logements. Sixième opération de ce genre en Île-de-France, elle met en œuvre une pompe à chaleur couplée à une micro-cogénération gaz avec récupération de la chaleur sur la VMC. En revanche, c'est une première pour le groupe SEEM, en charge de l'installation, de la maintenance, de l'exploitation et du suivi énergétique.

Le site d'ICF Habitat La Sablière à Saint-Germain-en-Laye comprend deux bâtiments de 120 et 80 logements avec une production commune de chauffage et d'ECS basée dans la chaufferie du bâtiment A (une sous-station dans le bâtiment B). «Auparavant, le site était équipé d'une production solaire mais il y a eu un sinistre : des conduites d'ECS ont cédé et toute la chaufferie a été inondée, raconte Olivier Frisoni, directeur technique du groupe SEEM qui pilote la mise en œuvre de la nouvelle installation. Suite à ce sinistre, il fallait changer de système et en choisir un qui permettrait de baisser les charges locatives, d'améliorer l'empreinte environnementale et d'avoir recours à un système utilisant les énergies renouvelables en quantité supérieure à celui d'un système solaire.» Le choix s'est porté sur une production d'ECS hybride, système qu'ICF Habitat tend à développer sur son patrimoine énérgivore dans les bâtiments de plus de 40 logements et avec lequel le bailleur social a déjà été lauréat du Trophée européen du logement responsable en 2016. Le système est constitué de trois unités thermodynamiques indépendantes et d'un module hydraulique équipé



Le choix s'est porté sur une production d'ECS hybride qu'ICF Habitat tend à développer sur son patrimoine énérgivore dans les bâtiments de plus de 40 logements.

d'une armoire de régulation embarquée, placée en partie supérieure du module. Les collecteurs de départ et retour sont prêts à être raccordés sur le ballon de préchauffage et sur les unités thermodynamiques. Des compteurs d'énergie thermique et électrique communicants permettent de remonter les index de consommations vers un superviseur par l'intermédiaire de l'automate. Les trois compartiments sont positionnés l'un à côté de l'autre dans un container situé en toiture du bâtiment et sont entièrement démontables. Chaque unité thermodynamique comporte : un circuit frigorifique avec compresseur scroll Copeland ; un ventilateur centrifuge ; un circulateur à débit variable. Les rejets d'air sont orientables et conçus pour être gainés et raccordés vers des grilles métalliques. La pression statique disponible de chaque ventilateur est d'au moins 100 pascals pour s'intégrer à l'intérieur des bâtiments. Les unités thermodynamiques sont très silencieuses et respectent un niveau de puissance sonore inférieur à 53 dB(A).

## Cogénération pour l'autoconsommation des Pac

Les équipements hydrauliques sont centralisés dans un compartiment indépendant de mêmes dimensions que ceux des compartiments thermodynamiques. La partie su-

Suite page XX >>>

## LES ACTEURS DU CHANTIER

- **Maître d'ouvrage** : ICF Habitat La Sablière, Jean-Pierre Hue.
- **Maître d'œuvre** : Secotherm, Jean-Jacques Maridet.
- **Le groupement travaux-maintenance** : Groupe SEEM, Antoine Benetti – Olivier Frisoni.
  - Travaux : GCL IDF, Jean-Philippe Creusot.
  - Maintenance : SEEM Energie, Philippe Brière.
- **Les partenaires industriels**
  - Intégrateur de solutions EnR : Enerlis, Nicolas Lebresec.
  - Micro-cogénération : Elco France, Martin Poirier.
  - Pompes à chaleur : Tenova, Pascal Drevet.
  - Modules hydrauliques préfabriqués : Collard et Trolart, Antony Durel.
  - Automatismes et régulation : C4E, Gérard Bodiot.

# DOSSIER

## PAC : CHAUFFAGE ET ECS



**La Pac et la micro-cogénération doivent fonctionner simultanément pour bénéficier des meilleurs rendements ; la durée de fonctionnement de la micro-cogénération doit être supérieure à une heure ; la durée de fonctionnement de la Pac doit être au moins égale à celle de la micro-cogénération.**



**>>> Suite de la page XX**

périeure est dédiée au coffret électrique de commande et de régulation et les 2/3 de la partie inférieure sont réservés à l'intégration des équipements hydrauliques.

La régulation est assurée par un automate de marque Trend qui pilote le système en ModBus. Une box 4G permet de suivre le fonctionnement de l'installation à distance sur une adresse IP.

Le fonctionnement repose sur une synergie d'échanges permettant de gagner à chaque étape des gains en chaleur. Les Pac vont préchauffer l'eau froide sanitaire de 10 à 40 °C dans un premier ballon (en inox). *«Les unités thermodynamiques et la micro-cogénération sont asservies sur un mode de régulation «maître-esclave», souligne Olivier Frisoni. Le démarrage, l'arrêt et la variation de charge de la micro-cogénération sont conditionnés par le fonctionnement des unités thermodynamiques. Les Pac sont en autoconsommation d'électricité, alimentées par la micro-cogénération.»*

Un ballon primaire (en fer noir car aucun contact avec l'eau sanitaire) est placé entre la micro-cogénération et l'échangeur d'appoint pour stocker la chaleur dégagée par le circuit de refroidissement du moteur thermique. L'eau chaude sanitaire préchauffée à 40 °C est ensuite dirigée vers l'échangeur d'appoint pour remonter la température d'eau chaude de 40 à 60 °C. Cette remontée de température est obtenue par la chaleur stockée à 80 °C dans le ballon primaire.

### Division par 2 du coût de réchauffage de l'ECS

Tous les réseaux de distribution d'ECS et de bouclage de l'installation ont été remplacés par des tubes pourvus d'une âme métallique entourée de polyéthylène. *«Un peu plus chers à l'achat mais qui permettent un gain de temps lors de l'installation grâce au sertissage.»*

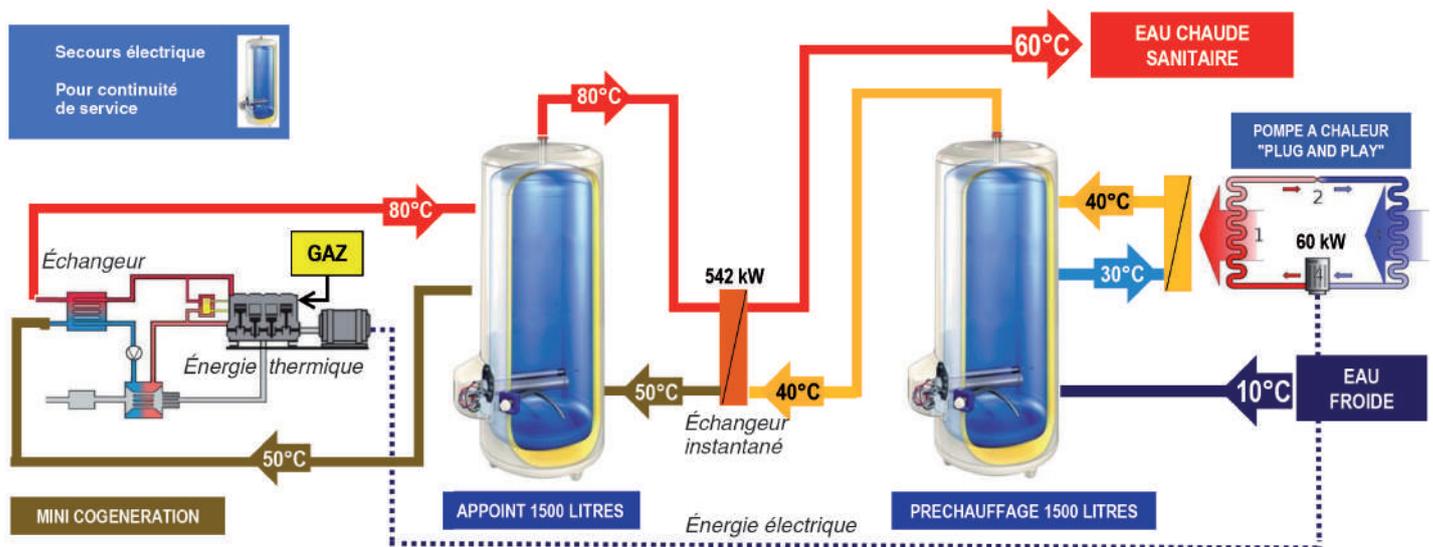
L'objectif contractuel de consommation de production d'ECS à 60 °C est de 0,07 MWh PCS gaz/m<sup>3</sup> d'ECS, soit un coût prévisionnel du réchauffage d'un m<sup>3</sup> d'ECS (sur une base d'un MWh à 50 euros) à 3,5 euros par m<sup>3</sup>. *«Auparavant, les deux chaudières Buderus existantes, que nous avons conservées pour la partie chauffage, assuraient également 100 % de l'ECS, indique Olivier Frisoni. Mais en comptant les pertes au rendement de la chaudière, celle-ci consomme 2,05 MWh et rejette 480 kg de CO<sub>2</sub> pour produire 1,95 MWh de chaleur pour la production d'ECS. Le couplage thermodynamique et micro-cogénération permet de produire la même chose avec 1 MWh de gaz dans la micro-cogénération et moins de 234 kg de rejet de CO<sub>2</sub>, ce qui donne un rendement de l'ordre de 200 % sur PCI gaz».* Une solution qui a aussi un véritable intérêt économique dans les résidences équipées de chauffe-eau électriques individuels. Le coût de réchauffage d'un m<sup>3</sup> d'eau chaude sa-



**Le container de 3 tonnes situé en toiture du bâtiment contient les trois unités thermodynamiques indépendantes et le module hydraulique équipé d'une armoire de régulation embarquée, placée en partie supérieure du module.**

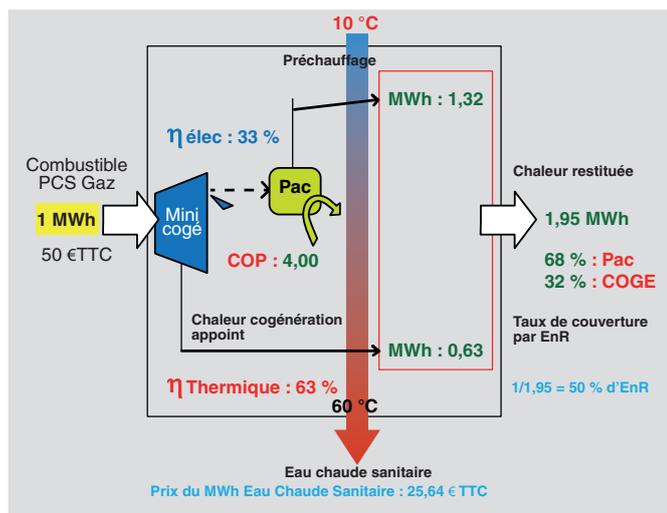
# DOSSIER

## PAC : CHAUFFAGE ET ECS



Un ballon primaire entre la micro-cogénération et l'échangeur d'appoint stocke la chaleur dégagée par le circuit de refroidissement du moteur thermique. L'ECS préchauffée à 40 °C est ensuite dirigée vers l'échangeur d'appoint pour effectuer une remontée à 60 °C, obtenue par la chaleur stockée à 80 °C dans le ballon primaire.

### Les gains énergétiques du système



Fonctionnement « normal » - Production élec mini cogé : 0,33 MWh  
Apports gratuits avec énergies fatales : 1,00 MWh

### CHIFFRES CLÉS

- **Capacité de production de chaleur** : jusqu'à 190 kW pour chaque bâtiment.
- **Quantité d'énergie gaz contractuelle pour réchauffer 1 m<sup>3</sup> d'ECS** = 0,07 MWh Pcs/m<sup>3</sup> d'ECS.
- **Puissance thermique des unités thermodynamiques** : 60 kW par bâtiment.
- **Volume de préchauffage** : 1 500 litres pour chaque bâtiment.
- **Puissance électrique des micro-cogénérations** : 16 et 21 kWél.
- **Rendement thermique de la micro-cogénération** : 75 et 77 % sur PCI.
- **Rendement électrique de la micro-cogénération** : 31 % sur PCI.
- **Rendement global de la micro-cogénération** : 106 et 108 % sur PCI.
  - Rendement de couplage thermodynamique : 199 et 201 % sur PCI.
  - Capacité primaire : 1 500 litres pour chaque bâtiment.
  - Puissance des thermoplongeurs de secours : 2 x 7,5 kWél et 2 x 9,5 kWél.
  - Puissance des échangeurs d'appoint : 407 kW et 539 kW (70/50 °C - 10/60 °C).
  - Énergie fatale valorisée : rejet d'air des VMC.
  - Cop garanti : > 4.

nitaire à 60 °C passe de 10,5 € à 3,5 € avec l'hybridation thermodynamique gaz\*, ce qui représente une économie considérable pour un logement standard de type T3 dont la consommation moyenne annuelle d'ECS est de 35 m<sup>3</sup>.

Au-delà de la division par deux du coût de réchauffage de l'eau chaude sanitaire, ICF Habitat s'inscrit dans une démarche volontaire pour éradiquer les bâtiments économes de classe E, F ou G (consommations de chauffage et d'eau chaude > 230 kWh/m<sup>2</sup>) et ambitionne de faire converger performance environnementale et lutte contre la précarité énergétique sans nuire au confort et à la continuité de service de ses locataires.

C'est à ce titre, et après étude de faisabilité, que le bailleur a retenu ce système qui répond à sa politique énergétique et environnementale.

### Des prérequis à respecter

Cette solution demande certains prérequis importants afin d'assurer son bon fonctionnement : le fonctionnement de la pompe à chaleur et de la micro-cogénération doit être simultané pour bénéficier des meilleurs rendements ; la durée de fonctionnement de la micro-cogénération doit être supérieure à une heure ; la durée de fonctionnement de la Pac doit être au moins égale à celle de la micro-cogénération ; la température de préchauffage de l'ECS à l'arrêt de la micro-cogénération doit être supérieure à 35 °C ; la température du stockage primaire doit être supérieure à 65 °C à l'arrêt de la micro-cogénération ; la température de stockage pri-

Suite page XX >>>

(\*) Production électrique individuelle : 0,07 MWh électrique pour réchauffer un m<sup>3</sup> d'ECS, soit 150 €/MWh électrique x 0,07 = 10,5 € par m<sup>3</sup> d'ECS.  
Production par couplage thermodynamique gaz : 0,07 MWh PCS gaz pour réchauffer un m<sup>3</sup> d'ECS, soit 50 €/MWh PCS gaz x 0,07 = 3,5 € par m<sup>3</sup> d'ECS.

# DOSSIER

## PAC : CHAUFFAGE ET ECS



**Les deux chaudières Buderus existantes, que nous avons conservées pour la partie chauffage, assuraient également 100 % de l'ECS.**

maire doit être maintenue à une valeur minimale de 50 °C. La production d'énergie électrique du module de cogénération couplé à la Pac peut varier de 50 à 100 %. Pour satisfaire cette plage de modulation de puissance, la régulation comporte deux étages d'enclenchement à raison de trois compresseurs pour le premier étage (lorsque la température de préchauffage est la plus faible) et deux compresseurs pour le second étage (lorsque la température se rapproche de 40 °C). L'automate de régulation effectue une rotation automatique de l'ordre d'enclenchement des compresseurs pour

équilibrer les durées de fonctionnement et assurer la pérennité de la Pac. À l'enclenchement d'un nouvel étage, la production d'énergie électrique du module de cogénération augmente pour s'équilibrer avec la consommation de la pompe à chaleur.

### **Perspectives à court et moyen terme**

Le système étant conçu pour assurer une continuité de service, il peut fonctionner «tout gaz», «tout électrique» ou «électrique thermodynamique». Un avantage notable à exploiter dans un avenir proche pour optimiser les coûts de fourniture d'énergie selon l'attractivité des tarifs du gaz ou de l'électricité au moment des périodes d'utilisation.

Par ailleurs, il convient de souligner les évolutions du concept entre 2016 et 2019, notamment la mise à disposition d'un module hydraulique préfabriqué avec armoire de commande et de régulation embarquée pour faciliter les raccordements électriques et hydrauliques.

«À terme, un générateur hybride standardisé constitué d'unités modulaires totalement «plug and play» pour s'adapter au nombre de logements à alimenter et à des projets d'installation livrés en container ou montés sur Skid prêts à être raccordés en gaz et en électricité, conclut Olivier Frisoni. L'objectif s'inscrit dans la réduction des coûts tout en garantissant un niveau de qualité irréprochable et une continuité de service.» ●