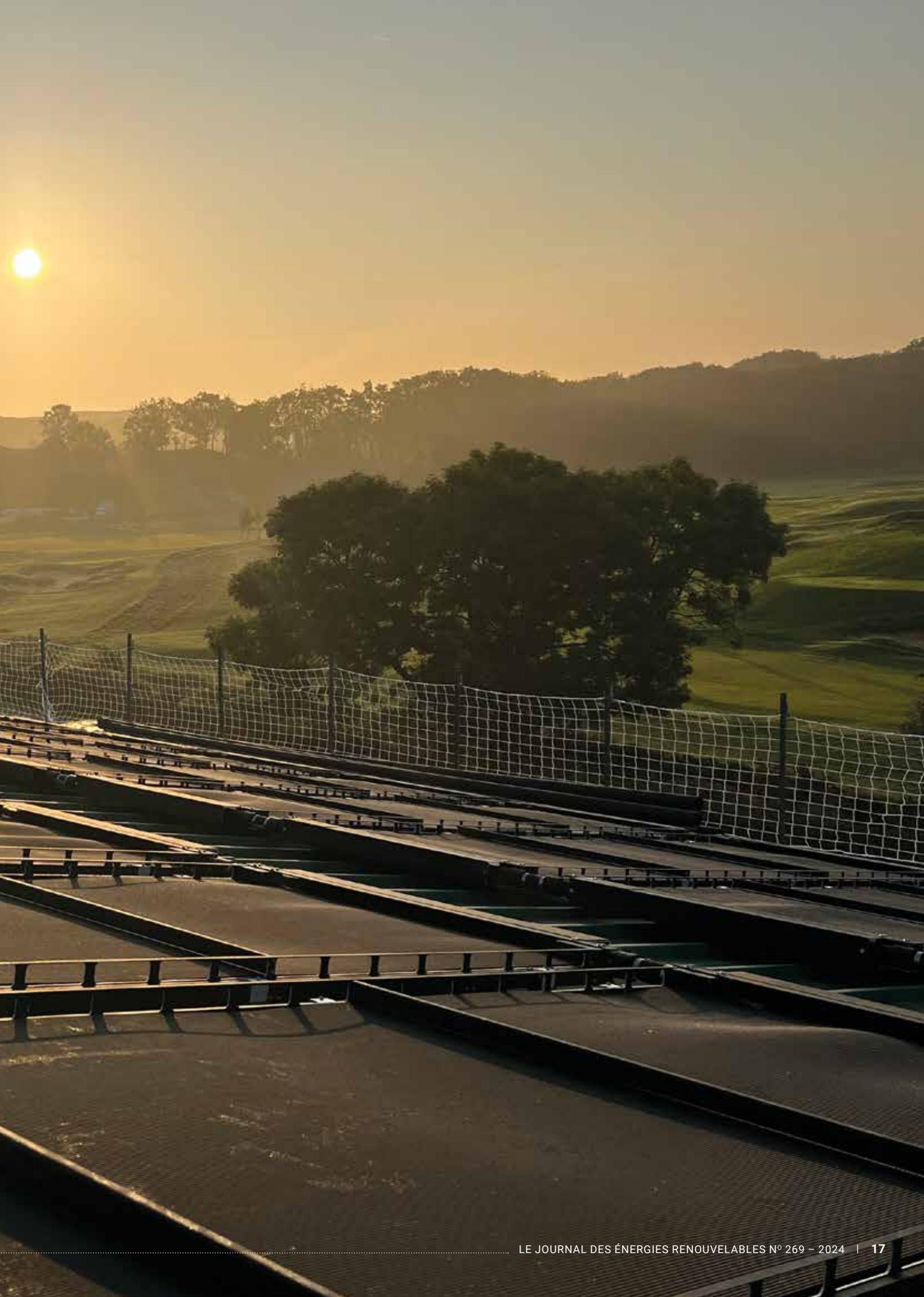
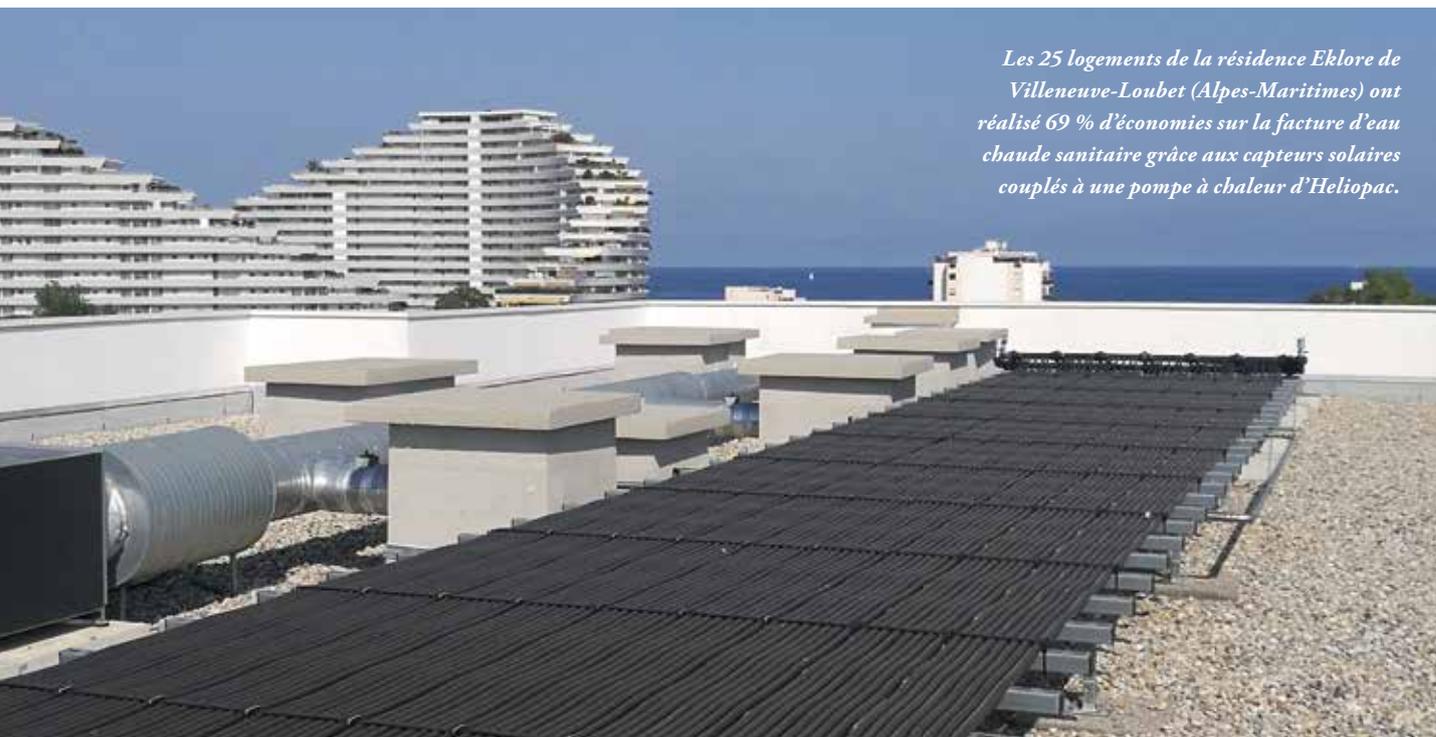


Coupler les renouvelables pour décarboner

Les énergies renouvelables doivent jouer un rôle majeur pour décarboner la chaleur, d'autant plus si l'électrification des usages et la rénovation basse consommation prennent du retard. Les associer permet de réduire efficacement la part des fossiles dans le mix. Revue des couplages émergents.



Chaleur renouvelable, un nouveau chapitre



Les 25 logements de la résidence Eklöre de Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes) ont réalisé 69 % d'économies sur la facture d'eau chaude sanitaire grâce aux capteurs solaires couplés à une pompe à chaleur d'Heliopac.

HELIOPAC

Coupler les énergies renouvelables permet de réduire davantage la dépendance aux fossiles pour couvrir les besoins de chaleur. Des solutions éprouvées commencent à sortir de la confidentialité. PAR VINCENT BOULANGER

Les années passent mais la part des énergies renouvelables dans la production de chaleur progresse trop lentement. Selon le Service des données et études statistiques (SDES) du ministère de la Transition écologique¹, elle était de 29,6 % dans la consommation finale brute d'énergie en 2023, alors que la France s'était engagée à la porter à 33 % en 2020 dans le cadre de la directive européenne énergie renouvelable. Même si on y ajoute le chauffage électrique, bas carbone, le pays dépend toujours majoritairement des fossiles pour produire la chaleur. Pour en sortir, l'association des énergies renouvelables a déjà fait ses preuves dans le mix énergétique des réseaux de chaleur, qui sont désormais aux deux tiers alimentés par les énergies vertes. Une telle logique peut à présent être appliquée à l'échelle des bâtiments, en particulier dans le tertiaire, le collectif et le secteur professionnel. Si le couplage peut parfois être pertinent pour les particuliers, il suppose d'assumer un

investissement important. « Pour l'individuel, le nerf de la guerre des différents couplages est l'économie, car ils peuvent coûter relativement cher et additionner différentes contraintes, reconnaît Nicolas Tonnet, chef de service adjoint du département Chaleur renouvelable de l'Ademe. Donc sur ce segment, ces installations s'adressent à un public soit très investi, soit bénéficiant d'un pouvoir d'achat conséquent. »

SOLAIRE EN COUPLE

De façon un peu inattendue, le solaire thermique, longtemps oublié et négligé, se retrouve au centre des couplages évoqués dans ce dossier. Il a pour avantage de pouvoir adopter différentes formes pour produire de l'eau chaude gratuite une fois l'investissement initial réalisé. « Les couplages sont pertinents à partir du moment où ils peuvent adresser des besoins complémentaires, poursuit Nicolas Tonnet. L'exemple du couplage solaire thermique-poêle à granulés (lire p. 24) dans le résidentiel est parlant. Le poêle ne répond qu'à un besoin de chauffage alors que le solaire thermique

va produire l'eau chaude sanitaire. Avec un bon dimensionnement, il peut couvrir l'intégralité des besoins d'eau chaude durant l'été, même s'il nécessite un appoint gaz ou électrique le reste de l'année. Les couplages solaire thermique et pompes à chaleur (PAC) sur sondes géothermiques (lire p. 26) sont également intéressants pour les bâtiments d'une certaine taille, collectifs ou tertiaires. Nous accompagnons un certain nombre de projets, qui montrent que la chaleur solaire peut répondre aux besoins d'eau chaude sanitaire, tandis que le surplus peut être injecté en été dans le sous-sol, via les sondes, pour régénérer la ressource géothermale. Cela permet de récupérer ensuite davantage d'énergie. La pompe à chaleur va ainsi avoir des performances supérieures à une PAC sur sondes seule en automne, en hiver et au début du printemps. »

Le couplage permet aussi de disposer d'une palette plus large de solutions pour profiter des renouvelables. La géothermie de surface peut ainsi couvrir seule les besoins d'eau chaude et de chauffage, voire de rafraîchissement. Elle suppose en revanche de disposer d'un terrain, tant dans l'individuel que le collectif, pour pouvoir installer des corbeilles géothermiques ou sondes. Là encore, les fabricants ont innové avec les PAC solaires (lire p. 20). Des capteurs solaires souples ou hybrides captent la chaleur ambiante pour servir des PAC spécifiques, fonctionnant à des régimes de température plus élevés que les PAC géothermales. Certes, elles n'offrent pas encore le même service puisqu'elles ne répondent qu'aux besoins d'eau chaude conséquents, mais leur extension au chauffage est en cours de développement.

L'hybridation des énergies ouvre ainsi un nouveau chapitre du déploiement de la chaleur renouvelable. Le terme fait d'ailleurs école comme en témoigne l'appel à projets lancé récemment par la région Nouvelle-Aquitaine (lire ci-contre), qui semble pour l'instant attirer des projets liés d'électricité renouvelable. Les montages de chaleur renouvelable doivent par conséquent sortir de l'ombre, ce qui suppose que cette filière continue d'être soutenue. Lors de son congrès annuel début octobre, l'association Amorçe appelait par exemple à instaurer un prix plancher du gaz, socialement acceptable, afin que le marché de la chaleur renouvelable conserve une croissance continue. Pour mémoire, le Club de la chaleur renouvelable² estime que la France doit atteindre 54 % de chaleur « renouvelable, locale et compétitive », d'ici la fin de la décennie. ■

1. Chiffres clés des énergies renouvelables, édition 2024, août 2024.

2. AFGP, Amorçe, Atee, Cibe, Enerplan, Fedene, Ser, Via Séva.

FRANÇOISE ROCH -
RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE



Hybridation en Nouvelle-Aquitaine

La région Nouvelle-Aquitaine a lancé en juillet un appel à projets « Innovation dans les modèles d'autoconsommation hybrides à usage professionnel ». Alain Rousset, président de la Région, nous explique ce qui l'a motivé.

Pourquoi avoir lancé cet appel à projets ? Quelles énergies cherchez-vous à valoriser ?

Alain Rousset : La région Nouvelle-Aquitaine, dans le cadre de sa compétence économique et de sa feuille de route Néo Terra¹ accompagne les entreprises et les territoires dans leurs transitions environnementales et soutient le développement des énergies renouvelables électriques et thermiques et leur intégration dans les usages professionnels.

Le photovoltaïque est devenu ces dernières années une énergie compétitive et dans un contexte d'instabilité des prix des énergies, les acteurs économiques recherchent des solutions pour réduire leurs consommations énergétiques, diversifier leurs approvisionnements et stabiliser l'évolution de leur facture sur le long terme. Ainsi dans cet appel à projets, toutes les énergies renouvelables peuvent être concernées : production issue d'énergies renouvelables électriques (photovoltaïque, petit éolien, hydrolien, etc.) et/ou thermiques (bois énergie, solaire, biogaz, etc.).

Quel soutien apporte la Région à ces projets ?

A. R. : Ce dispositif est complémentaire de ceux de l'État et de l'Ademe. Il vise l'innovation dans l'hybridation des énergies renouvelables et l'autoconsommation associée ciblée aux usages spécifiques, alors que l'Ademe soutient l'autoconsommation avec du photovoltaïque uniquement tandis que la Commission de régulation de l'énergie (CRE) soutient les projets hybrides mais de plus grosse ampleur. Les aides pour les lauréats de notre appel à projets s'élèvent de 60 à 80 % des montants des études de faisabilité, 30 à 65 % des investissements et 50 % des campagnes de mesures.

Les professionnels cherchent des solutions pour stabiliser leur facture d'énergie.

L'appel se clôture le 31 décembre 2024. Quel type de candidature recevez-vous déjà ?

A. R. : Ce dispositif récent a reçu plusieurs sollicitations d'entreprises qui ont des besoins en autoconsommation spécifiques. Pour l'instant, il s'agit surtout d'études. Dans ce cadre, la région Nouvelle-Aquitaine a par exemple soutenu récemment une étude portant sur de l'autoconsommation avec un mix énergétique entre du petit photovoltaïque et du petit hydroélectrique sur une usine d'eau potable du syndicat mixte Bellovic en Corrèze (16 684 €), ou encore les Scieries du Limousin en Haute-Vienne, pour un couplage photovoltaïque/biomasse [cogénération bois, ndlr] (4 020 €). À date, les hybridations entre photovoltaïque et petites centrales hydro semblent intéresser les entreprises régionales.

1. Voir www.neo-terra.fr

Les PAC solaires prêtes au décollage ?

Même si la croissance est plutôt lente, la filière note un regain d'intérêt pour l'installation des pompes à chaleur solaires dans le petit collectif et le tertiaire, qui s'explique en partie par l'évolution des conditions de financement du Fonds chaleur. En quoi ces solutions sont-elles intéressantes et pour quels besoins ? PAR CLAIRE BAUDIFFIER

Les pompes à chaleur (PAC), on connaît. Le solaire thermique, aussi. L'alliance des deux pour répondre à des besoins importants en eau chaude sanitaire (ECS), un peu moins... Et pourtant, on note en ce moment un petit regain d'intérêt pour les pompes à chaleur solaires. « *La croissance est lente, mais le nombre de projets augmente ces dernières années. Nous en avons ainsi acté une dizaine en plus en 2024 par rapport à 2023* », indique Xavier Martinez, directeur général d'Heliopac, fabricant français installé dans le Nord, numéro un du secteur. Ce frémissement s'explique notamment par les conditions du Fonds chaleur qui ont évolué : les solutions peuvent être financées depuis 2021. « *Les projets sont éligibles à partir de 25 m² de capteurs. Au-dessus de 250 m², ils sont dirigés vers les appels à projets grandes installations. Parmi les autres conditions d'éligibilité, on demande une étude de dimensionnement et des coefficients de performance d'au moins 2,8* », explique Claire Barais, référente nationale solaire thermique à l'Ademe.

MÊME SANS SOLEIL

« *Nous avons opéré un long travail de fond avec nos confrères d'Heliopac pour faire reconnaître cette solution auprès du Fonds chaleur* », résume Jean-Marie Nougaret, directeur de la prescription chez Giordano R Energy (anciennement Giordano Industries), l'autre acteur de la filière, basé dans les Bouches-du-Rhône. « *Côté Ademe, il y avait une crainte de valider des systèmes non pertinents. L'acceptation des premiers dossiers a été plutôt laborieuse. Désormais on sent qu'il y a du mieux. En 2021, l'aide au MWh sur vingt ans était tellement basse – 6 € en zone Méditerranée – que le Fonds chaleur n'était pas très utile. Elle est aujourd'hui comprise entre 25 et 38 €/MWh en fonction de la zone géographique, ce qui nous semble raisonnable, et les projets de préchauffage*

Les performances des PAC solaires s'apparentent à celles de PAC géothermiques.



HELIOPAC

de bassins de piscine sont aussi éligibles », poursuit Xavier Martinez, d'Heliopac. Le nombre de projets financés reste tout de même modeste : « *Six depuis 2021, plus les dossiers en gestion déléguée qui sont au moins aussi nombreux* », souligne Claire Barais.

Mais alors, comment fonctionne cette solution ? « *C'est le même principe qu'une PAC eau-eau, sauf qu'au lieu d'avoir un captage dans le sol, on a un captage sur le toit. La source extérieure de la PAC n'est pas la température du sol, mais la température de l'air réchauffé par le soleil et de l'air ambiant en continu, à savoir même la nuit et quand il n'y a pas de soleil* », détaille Moran Guillermic, gérant du bureau d'études breton Opt'Helios, qui travaille sur le parc existant de solaire thermique – et donc de PAC solaires – pour l'optimiser et l'améliorer. Les capteurs installés sont des capteurs solaires souples sans vitrage (souvent



La cité Greuze Pablo Picasso de Nanterre (Hauts-de-Seine), comptant 127 logements, est équipée de 150 m² de capteurs solaires thermiques et de deux PAC de 12 kW, pour préchauffer l'ECS.

appelés « moquette solaire »). Dedans y circule l'eau glycolée, qui ne monte pas au-delà de 50 °C – donc pas de risque de surchauffe du système, comme cela peut être le cas dans le solaire thermique classique. « Notons aussi que contrairement au solaire thermique, les capteurs peuvent être installés à l'horizontale et même en empilement, via deux nappes, vu qu'ils récupèrent aussi l'air ambiant », ajoute Jean-Marie Nougaret. « Ensuite, la PAC valorise et transfère les calories et la chaleur produites à l'eau chaude sanitaire – stockée dans des ballons – à un plus haut niveau de température (55 °C minimum) », poursuit Xavier Martinez.

INSTRUMENTATION

Moran Guillermic donne l'exemple d'une PAC solaire installée en 2015 par Giordano sur un établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (Ehpad) dès sa

construction à Grand-Champ (Morbihan). « C'est un bâtiment de 120 chambres, avec un besoin de 1 800 à 2 300 litres par jour. Deux nappes de capteurs de 24 m² chacune ont été installées sur une toiture plate. Il y a deux ballons de 1 500 litres et la PAC affiche une puissance de 15 kW. Le système n'était plus suivi par Giordano, qui m'a demandé de l'inspecter. Après différents relevés, on a conclu qu'elle fonctionne bien. Le COP moyen mesuré est de 2,65, mais aurait pu largement être amélioré si l'installation avait été suivie. On a notamment constaté qu'il manquait un peu de glycol et cela a fait perdre en rendement », développe Moran Guillermic. « Précisons là que Giordano a traversé une passe économique difficile depuis ces dernières années, qui peut expliquer le manque de suivi. L'entreprise a été rachetée depuis un an, avec notamment l'ambition de relancer les PAC solaires et de suivre de nouveau les installations existantes », indique Jean-Marie Nougaret.

« PLOMBERIE CLASSIQUE »

Heliopac a pour sa part développé Heliopacsystem+, un système hybride avec les capteurs hybrides PVT (photovoltaïque et thermique) de Dualsun (lire encadré p. 23), en plus de son système classique semblable à celui de Giordano. « Concrètement, les panneaux sont composés, sur la face avant,

de cellules photovoltaïques et, sur la face arrière, d'un échangeur de chaleur à eau. Les cellules produisent donc de l'électricité grâce au soleil et le reste de l'énergie solaire et de l'air ambiant absorbé se transforme en chaleur récupérable par l'échangeur », détaille Xavier Martinez. Cette association améliore le rendement du photovoltaïque qui d'ordinaire baisse quand la température du module est élevée. Ce système a été installé à Toulouse, dans un bâtiment neuf de 31 logements : 60 m² de capteurs PVT, PAC de 12 kW, stockage de 4 000 litres. « Le solaire thermique et atmosphérique couvre 68 % des besoins, le photovoltaïque 18 %. » Le COP annuel mesuré sur cette installation est de 3,4 (sans compter le photovoltaïque) et l'appoint est électrique. Heliopac recommande cette solution pour des besoins à partir de 2 000 litres par jour pour parvenir à un coût d'investissement intéressant (autour de 110 000 € HT sur du neuf pour une résidence d'une trentaine de logements).

Pour la production d'ECS collective, la technologie des PAC solaires aura par ailleurs toujours besoin d'un appoint pour les quelques jours dans l'année où la température extérieure passe sous la barre des -5 °C. « La PAC couvre 90 % des besoins en moyenne sur l'année, le solaire autour de 65 %. On indique souvent des COP autour de 3,6 sans soleil et avec soleil, le COP peut monter à 4,5 pour un fonctionnement à 60 °C », poursuit Xavier Martinez.

Pourquoi la solution n'est-elle pas plus largement déployée ? « Il y a un manque de connaissance de la technologie avec seulement deux industriels en France, cela peut paraître compliqué à certains installateurs, alors que c'est de la plomberie classique », estime Moran Guillermic. Claire Barais, de l'Ademe, indique par ailleurs que les capteurs souples des PAC solaires coûtent entre 20 à 30 % moins cher que des capteurs classiques utilisés en solaire thermique, mais que la marge des installateurs – peu nombreux – est importante. « La massification de la solution PAC solaire permettra sans doute de la faire baisser », dit-elle. Jean-Marie Nougaret, de Giordano, insiste sur les avantages de la PAC solaire par rapport à la version air-eau : « Elle n'occasionne aucun bruit et ne rencontre pas de problème de dégivrage puisqu'il n'y a pas d'unité à l'extérieur. Or, on sait que ces dégivrages dégradent beaucoup les performances des PAC. » ■





MORAN GUILLERMIC, OPT'HELIOS

Ci-contre et ci-dessous : pompes à chaleur et capteurs solaires installés dans la résidence de Lanvaux, un Ehpad situé à Grand-Champ, dans le Morbihan.



MORAN GUILLERMIC, OPT'HELIOS

La solution de Dualsun pour l'individuel

L'industriel français a commencé cette année la commercialisation de ses panneaux hybrides – production d'électricité en face avant, de chaleur en face arrière – dernière génération (Dualsun Spring4). « Ils sont spécialement conçus pour être associés à une pompe à chaleur solarothermique afin de produire chauffage et ECS, sans besoin d'appoint », souligne Jean-Marie Drap, directeur des offres Spring chez Dualsun. Pour être combinée à des panneaux hybrides, la PAC utilisée doit être une PAC eau glycolée-eau, être Inverter (procédé qui module la vitesse du compresseur et permet donc de contrôler la puissance de la PAC) et avoir une température minimale d'entrée de -12 °C. Pour le moment, le système est compatible avec trois marques européennes de PAC : Arkteos, Nibe et Ecoforest. « Sur les maisons en rénovation, le marché visé, on part sur une PAC de 9 kW avec 12 panneaux [23 m²] en toiture qui peuvent être séparés [voir photo] idéalement inclinés à 30°, avec un coût affiché fourni posé à 33 500 € TTC. Le retour sur investissement est similaire à celui d'une PAC air-eau et modules



DUALSUN



photovoltaïques, à savoir huit à neuf ans. » Dualsun indique que les économies sur la facture peuvent monter jusqu'à 70 % par rapport à une chaudière gaz et que le Scop moyen (Cop saisonnier) s'affiche autour de 4,2 – comparé à 3,5 pour une PAC air-eau associée à des modules photovoltaïques.

Granulés et solaire, quel marché ?

Solution fonctionnelle et écologique, la combinaison de capteurs solaires thermiques et de chaudière à granulés se vend peu en France, en raison notamment du montant de l'investissement initial. Elle pourrait pourtant séduire le secteur professionnel. PAR LOU-EVE POPPER

Et si le soleil et la forêt pouvaient à eux seuls permettre d'obtenir une chaleur décarbonée dans nos logements ? C'est le pari qu'a fait une poignée d'entreprises en France. Vizeko, Hargassner ou encore Ökofen proposent de combiner capteurs thermiques sur le toit et chaudière biomasse à l'intérieur, afin de se passer complètement du gaz et du pétrole pour se chauffer. Le principe est simple : quand le soleil pointe le bout de son nez, les panneaux solaires thermiques fonctionnent à plein régime afin d'assurer les besoins en eau chaude sanitaire et en chauffage. Lorsque l'ensoleillement est insuffisant, la chaudière à granulés prend automatiquement le relai.

De quoi séduire des particuliers sensibles à la question écologique et désireux de tendre vers l'autonomie énergétique. Chez Ökofen, les propriétaires de logements individuels qui investissent dans une chaudière à granulés achètent ainsi majoritairement des panneaux solaires thermiques en plus. « Ils veulent se sécuriser, ils se disent que c'est le moment. Et puis c'est satisfaisant de se dire que la chaudière reste éteinte pendant près de six mois », souligne Thomas Perrissin, codirecteur général d'Ökofen France. Deux options s'offrent aux futurs acheteurs : combiner leur chaudière à bois avec un système solaire combiné (chauffage + eau chaude sanitaire) ou bien un simple chauffe-eau solaire individuel (CESI). La plupart choisissent la deuxième option pour éviter un surdimensionnement des panneaux et une énergie souvent excédentaire l'été. Au-delà de l'atout écologique, investir dans cette solution permet de faire des économies sur le long terme. Pour donner un ordre d'idées, dans un foyer consommant 15 MWh de gaz, la facture s'élèvera à environ 2 000 € contre seulement 1 300 €¹ s'il dispose d'une chaudière à granulés et de panneaux solaires thermiques. Soit une économie annuelle d'environ 700 € par rapport au fossile.

FREIN À L'ACHAT

Sur le papier, le couplage solaire thermique et chaudière à granulés semble donc la solution parfaite. Pour autant, elle reste peu développée en France.



Ainsi, ni le Syndicat des énergies renouvelables (SER) ni l'Association nationale des professionnels du chauffage au granulé de bois Propellet n'ont pu nous communiquer le nombre de ventes de cette solution. Pour l'Ademe, « il est nécessaire de l'étudier en détail dans les années à venir pour en valider la pertinence et la faisabilité ». Pourquoi tant de frilosité ?

Le prix, d'abord, demeure un obstacle majeur à son déploiement. D'après l'Ademe toujours, un particulier devra dépenser près de 26 000 € pour une chaudière à granulés et des panneaux solaires thermiques contre 3 500 € pour une chaudière à gaz classique. Certes, les aides de



Le silo à granulés, d'une capacité de 4 tonnes, et la chaudière, abritée dans le container attenant, sont situés à l'extérieur de la fromagerie de Villers-sur-Auchy (Oise), créée en 2021.



ÖKOFEN

l'État, calculées en fonction des revenus, permettent d'alléger une partie de l'investissement de départ. « Un foyer peut bénéficier d'une aide entre 2 500 et 16 000 € pour acheter une chaudière et un chauffe-eau solaire. La couverture est donc très importante » souligne Thomas Perrissin. Avec 10 000 € de reste à charge, un foyer consommant 15 MWh pourra rembourser son investissement de départ en une quinzaine d'années, pour des équipements ayant une durée de vie de 25 ans. Problème : il est parfois compliqué pour la population la plus subventionnée et donc la moins aisée d'avancer une telle somme. D'autant que le prix des

équipements continue d'augmenter avec l'inflation tandis que les aides stagnent. D'après le codirecteur, un chauffe-eau solaire a ainsi augmenté de près de 15 % en quatre ans. « Souvent les clients préfèrent investir dans des panneaux photovoltaïques dont le prix a fondu ces dernières années », soupire-t-il.

Autre inconvénient : « cette solution nécessite de la place et n'est tout simplement pas possible chez tout le monde (notamment pour l'habitat existant et non le neuf) du fait des contraintes sur la fumisterie et sur les silos pour les granulés », estime l'Ademe. « C'est vrai que les maisons construites après les années 1990 ne disposent pas de place pour les équipements techniques de ce genre, qui font au moins 4 m² », admet Thomas Perrissin. Ce dernier estime pourtant que la place est un faux problème : « Les personnes qui ont investi dans un système solaire ont tellement réduit leur consommation énergétique qu'elles n'ont finalement pas besoin d'un silo : un rechargement manuel avec des sacs suffit. »

FROMAGERIE SOLAIRE-BOIS

Si le marché reste réduit pour les particuliers, ce couplage demeure néanmoins pertinent pour d'autres segments. L'entreprise Ökofen vend ainsi ses équipements à des entreprises du tertiaire comme des brasseries, des gîtes ou encore des exploitations agricoles. « Dans le privé, ils sont bien subventionnés pour les énergies renouvelables et l'investissement est intégré dans leur business plan », souligne Thomas Perrissin. Lorsqu'il a emménagé dans sa nouvelle fromagerie en 2021 à Villers-sur-Auchy, dans l'Oise, Jean-Marie Beaudoin a ainsi décidé d'installer six panneaux solaires thermiques et une chaudière à granulés. Le but ? « Se passer complètement des énergies fossiles pour se chauffer », assure-t-on à la fromagerie. Mission accomplie. Un chauffe-eau solaire et une chaudière à granulés, achetés au prix de 50 000 €, assurent les besoins de chauffage et d'eau chaude du bâtiment qui comprend des bureaux, une salle de fabrication et le magasin. La chaleur produite sert également à pasteuriser le lait. Un chauffe-eau électrique a également été installé en cas d'urgence. Pour financer cet équipement, Jean-Marie Beaudoin, a bénéficié comme pour le reste de la ferme, d'un financement participatif et de différentes aides venues de l'Europe et des collectivités territoriales. La chaudière et le silo, pouvant contenir près de 4 tonnes de granulés, sont installés à l'extérieur des bâtiments, où la place ne manque pas. Difficile d'évaluer les économies réalisées par rapport à une chaudière fossile dans la mesure où la nouvelle fromagerie n'a fonctionné qu'avec ce couplage d'énergies renouvelables. Mais une chose est sûre : « nous sommes satisfaits de ce système. Le seul inconvénient est le prix du granulé, qui a été multiplié par deux entre 2021 et 2023. Heureusement, il a un peu baissé l'an dernier [lire p. 12] », souligne Annabelle, la compagne de Jean-Marie Beaudoin.

Reste que la vente des systèmes solaires et des chaudières à granulés est à la peine en France. « Le marché a plongé pendant très longtemps en raison de l'inefficacité des plans Solaire successifs depuis vingt ans. Certes il y a eu un regain d'intérêt pour le solaire thermique à cause de la crise énergétique mais les budgets se contractent à nouveau », pointe Thomas Perrissin. Plus inquiétant, les dispositifs d'aide comme Ma Prime Rénov' et le Fonds chaleur pourraient être réduits l'an prochain, sur fond d'économies budgétaires. L'examen du projet de loi de finances pour 2025 devait débiter le 21 octobre à l'Assemblée nationale. ■

1. Calcul avec un prix du gaz d'environ 120 €/MWh pour un foyer consommant 15 MWh/an, facture de 120 x 15 = 1 800 € (+ 200 € d'entretien). Pour le foyer avec chaudière à granulés, Ökofen assure que deux panneaux solaires produisent 2 MWh. Il reste 13 MWh à fournir avec la chaudière bois. Avec des granulés à 0,762 cts/KWh, la facture est de 13 000 x 0,07 = 990 € (+ 300 € d'entretien).



Quand le solaire réchauffe le sous-sol

Hybrider la géothermie de surface avec du solaire thermique a pour principal intérêt de transférer des calories – produites par le soleil – au sous-sol pour éviter son refroidissement. Ce qui permet de les récupérer l'hiver. Illustration.

PAR CAROLE RAP

Coupler le solaire thermique et la géothermie est une solution encore peu explorée. En mai 2024, Enerplan et l'Association française de professionnels de la géothermie (AFPG) ont signé une feuille de route commune pour favoriser ce type d'hybridation. Ces deux organisations, qui représentent respectivement la filière de l'énergie solaire et celle de la géothermie en France, rappellent que ces deux énergies sont largement sous-exploitées : « Elles représentent ensemble moins de 2 % de la production de chaleur et de froid renouvelable du pays, pour un potentiel permettant d'assurer à terme près de 40 % de la production des énergies renouvelables chaleur et froid à long terme », assurent-ils. Ils soulignent que la combinaison des deux permet entre autres, de « réaliser du stockage intersaisonnier de chaleur solaire, afin de profiter en période hivernale de l'abondance de la chaleur estivale passée. » C'est la solution adoptée par la copropriété des Vertes Campagnes, à Gex, dans l'Ain.

DESSERRER LA CONTRAINTE

Dans cette résidence des années 1970, qui compte 61 appartements répartis dans trois



Géothermie et photovoltaïque

Le photovoltaïque s'avère parfois pertinent pour réchauffer un champ de sondes géothermiques. Par exemple, pour une installation photovoltaïque dont la production d'électricité ne pourrait être autoconsommée par le bâtiment en période estivale. « Nous pouvons utiliser cet excédent pour faire tourner les pompes à chaleur afin de capter les calories de l'air extérieur et de les injecter dans le sous-sol », assure Tristan Picart d'Accenta. Cette solution présente aussi un intérêt pour le réseau électrique. En effet, « même si les panneaux ne sont pas installés sur site mais connectés au réseau à quelques kilomètres de là, notre système est capable de venir consommer un éventuel excédent de production sur le réseau, aujourd'hui matérialisé notamment par les heures creuses d'été grâce à notre pilotage intelligent ». L'intelligence artificielle priorise les usages en fonction des tarifs de l'électricité, de la durée de l'excédent, de la température du sous-sol, des besoins des consommateurs, des données météo, etc. afin de choisir ce qui est économiquement rentable.

À Thiverval-Grignon (Yvelines), le solaire thermique réchauffe l'été le champ de sondes géothermiques, qui l'hiver chauffe les courts de tennis du Liberty Country Club.

bâtiments, la chaufferie au gaz était devenue obsolète. « La société Accenta nous a proposé du chauffage par géothermie, avec un système qui permet de stocker la chaleur en la récupérant sur le toit par des panneaux solaires thermiques, et en l'envoyant dans des sondes à 200 m sous terre », explique le président du conseil syndical. « Nous étions très contraints par le foncier : il y avait un parking, un espace arboré, et plus loin, les voisins. Nous avons pu réaliser seulement 17 forages pour des sondes allant jusqu'à 200 m de profondeur¹, associées à deux pompes à chaleur géothermiques de 75-80 kW chacune. Comme il y avait de la place sur le toit, nous avons pu hybrider la géothermie avec du solaire thermique en installant 90 m² de panneaux. Ils permettront au système géothermique de produire davantage de chaleur que s'il y avait le même nombre de sondes sans hybridation », relate Tristan Picart, directeur général adjoint d'Accenta, entreprise fondée en 2016 avec l'objectif de décarboner les consommations de chauffage et climatisation des bâtiments. Ce dispositif porte le nom de géostockage. « L'été, le solaire thermique produit de l'eau chaude, qui par échangeur thermique, réchauffe l'eau glycolée circulant en circuit fermé dans les sondes à 200 m de

profondeur. Par rayonnement, celle-ci va réchauffer la roche autour des sondes. Le sous-sol a une inertie telle qu'il garde la chaleur d'une saison à l'autre (à environ 15 degrés). L'hiver, l'eau glycolée du circuit primaire va ponctionner les calories du sous-sol pour les envoyer vers la pompe à chaleur », détaille Tristan Picart. Sans l'intervention du solaire thermique, le sous-sol se refroidirait peu à peu sous l'effet de la géothermie. « La durée de vie des sondes étant de 50 ans et celle des pompes à chaleur géothermiques de 25 ans, les bureaux d'études dimensionnent généralement le nombre de sondes à forer en projection de la température du sous-sol au bout de 25 ou 30 ans, anticipant le fait que celui-ci va s'appauvrir en calories. Le couplage avec du solaire thermique est l'une des solutions qui permet de ne pas surdimensionner le champ de sondes. Chaque été, nous réinjectons de la chaleur dans le sous-sol pour maintenir la température initiale sur la durée de vie des équipements », explique le directeur général adjoint d'Accenta.

ADAPTÉ À LA RÉNOVATION

Le solaire thermique utilisé est dit à basse température car le fluide caloporteur qui retourne dans le sous-sol via les sondes ne doit pas dépasser 40 °C, selon le Code minier. Les capteurs solaires ne sont donc pas exploitables pour produire directement de l'eau chaude sanitaire (qui doit être au moins à 65 °C) ou du chauffage collectif. Dans le cas de Gex, dont la mise en service est prévue d'ici fin 2024, c'est la géothermie qui couvre les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire. Lorsqu'un appel de puissance survient quand le solaire produit, cette production peut aussi être orientée directement vers la pompe à chaleur, pour améliorer la température au niveau de l'évaporateur, ce qui augmente sa performance (lire p. 20). Les chaudières qui étaient obsolètes

(plus de 30 ans) ont été remplacées par de plus petits modèles pilotables, pour la pointe de consommation ou en cas de secours. Pour déterminer le nombre optimal de sondes géothermiques, la puissance des pompes à chaleur et les m² de capteurs solaires, voire de modules photovoltaïques (lire encadré p. 27), Accenta a mis au point et fait breveter son propre logiciel d'intelligence artificielle. Il intègre de nombreux paramètres afin d'analyser chaque possibilité au regard de sa pertinence économique.

Les principales cibles pour ce type de couplage sont les bâtiments dont le système de chauffage doit être rénové. « *Le neuf a tendance à utiliser le foncier disponible pour mettre du photovoltaïque. Il y a une compétition sur la place disponible* », rappelle Tristan Picart. Sont également visés les bâtiments dont les besoins de froid géothermique ne sont pas trop élevés. En effet, si les pompes à chaleur géothermiques réversibles sont également utilisées l'été pour de la climatisation, alors elles vont renvoyer des calories dans le sous-sol, rendant la solution solaire thermique moins pertinente. Néanmoins l'hybridation géothermie et solaire thermique peut encore être intéressante « *si la demande en froid reste inférieure à la demande en chaud* », précise Tristan Picart.

Logements privé ou publics, bâtiments des collectivités, entreprises pour des besoins de chauffage et de froid, santé, logistique, hôtellerie, bureaux,

Le principal marché visé est celui des bâtiments privés ou publics en rénovation.

les secteurs potentiellement intéressés sont nombreux. L'investissement étant cependant conséquent, Accenta se positionne comme tiers investisseur et finance ainsi le système de la copropriété des Vertes Campagnes sur 25 ans. Le remboursement demandé est légèrement inférieur aux charges que cette dernière aurait payées si elle avait dû acquérir une chaudière gaz neuve et continuer à régler ses factures d'énergie pour sa consommation de chaleur. ■

1. Il s'agit de géothermie dite de surface ou de minime importance, qui doit respecter une profondeur de forage inférieure à 200 m et une puissance thermique maximale de moins de 500 kW.

Chantier de forage pour les sondes géothermiques (à droite) et installation des capteurs solaires en toiture (ci-dessous) pour la copropriété des Vertes Campagnes à Gex (Ain).

