

La pile à combustible

Un test grandeur nature



Texte : Julie Molière - Photos : Pierre Mas

Pierre Mas est un installateur d'énergies renouvelables chevronné qui depuis 2001, cherche à optimiser différentes sources d'énergie sur sa maison. Dernière expérimentation en date, la pile à combustible de Viessmann, qui devrait être commercialisée très bientôt en France.

Le projet

La maison de Pierre Mas, construite en 2001 en Haute Garonne est assez représentative du parc : une maison de 200 m², pas trop mal isolée, relativement bien conçue, mais qui aurait pu être plus ouverte au solaire passif. « A l'époque, j'avais réalisé une étude thermique. L'isolation en rampant est de 140 mm de polyuréthane (U de 0,19) et difficilement accessible aujourd'hui, explique-t-il, j'ai en revanche renforcé la partie isolée en combles perdus avec en tout 35 à 40 cm de laine de verre soufflée (U total de 0,12). Les murs sont construits à l'ancienne avec une contreclison en brique et 100 mm de laine de verre (U de 0,25). Mon seul regret aujourd'hui est de n'avoir pas vitré davantage au sud. » Les menuiseries PVC sont équipées de double vitrage, moyennement performant (U de 2,05, pas de rupteurs de pont thermique ni gaz argon).

Côté chauffage, il opte pour une PAC eau-eau (Capt'Air de Wavin) qui capte les calories dans son terrain (captage horizontal). « Son coefficient de performance annoncé est de 3,34, ce qui est correct, même si l'on fait mieux aujourd'hui. Mes consommations finales d'électricité pour la PAC seule étaient alors de l'ordre de 3200 kWhEF/an. »

Début 2007, il réalise une première installation de capteurs photovoltaïques sur le toit de la maison. « C'était l'un des premiers contrats avec vente totale à EDF. Les capteurs Clipsol occupent 40 m² pour une puissance de 4,4 kWc. » La production annuelle a été de 4450 kWh en 2015.

En 2011, il est séduit par la solution Solisart, qui propose un chauffage solaire direct, couplé d'un stockage dans un ballon d'hydroaccumulation. « C'était leur 2^e installation et elle a été instrumentée par l'Ines ! Le système est exemplaire et couvre la moitié de mes besoins en chauffage avec seulement 15 m² de panneaux, posés au sol et orientés à 60° pour favoriser le fonctionnement hivernal. Ils alimentent le plancher chauffant en priorité, puis, si nécessaire, l'énergie est stockée dans un ballon tampon de 500 litres. »

En 2014, pour diminuer drastiquement sa consommation électrique, il ajoute une deuxième installation photovoltaïque de 3 kWc, cette fois en autoconsommation totale, avec un système complémentaire de type « Immersun » qui permet de stocker le surplus d'électricité dans une résistance thermique qui chauffe l'appoint du ballon solaire. « Cette installation m'a permis d'augmenter mon taux d'autoconsommation sans recourir à des batteries que je juge polluantes. Elle s'est accompagnée d'une démarche negaWatt complète dans la maison pour optimiser les flux. »

La démarche negaWatt

« Pour optimiser la production d'énergie renouvelable et réduire ma dépendance au réseau, j'ai passé en revue tous mes équipements et mes ha-

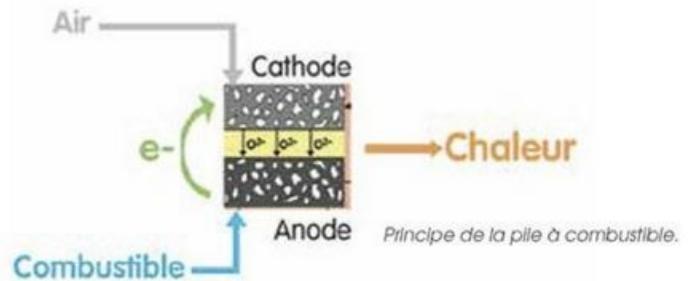
La pile à combustible associée à la chaudière à condensation : un ensemble compact.



La chaufferie de Pierre Mas, véritable laboratoire d'expérimentations.



Coupe de la pile à combustible (Visuel Viessmann).



bitudes de consommation. J'ai revu mon éclairage et y ai intégré des LED partout où cela était cohérent. Nous faisons tourner lave-linge et lave-vaisselle lorsqu'il y a du soleil. Mon réfrigérateur américain qui consommait 2 kWh/jour a été remplacé par des équipements A+++ consommant 250 Wh/jour. Toutes les veilles sont équipées de prises commandées. Enfin, j'ai changé ma voiture pour une voiture électrique. Ce choix a généré une hausse de ma consommation (même si je choisis les bons moments pour la recharger grâce à ma centrale de production photovoltaïque), mais a fortement fait baisser ma consommation globale d'énergie puisque ma voiture consomme aujourd'hui 13 kWh au 100 km (équivalent à environ 1 litre de gasoil). Toutes ces démarches sont possibles, dès lors que nous avons des compteurs d'énergie lisibles. Toute personne referme spontanément un robinet qui fuit, mais ne voit pas l'énergie électrique gaspillée. Avec un simple compteur, même les plus récalcitrants seront tentés de faire des efforts ! Il faut généraliser ces compteurs par poste ou par groupe de postes pour rendre visibles les consommations et donc les économies d'énergies possibles ! Pour l'avoir recommandé chez des clients, l'investissement a été amorti en 6 mois. » Malgré tous ces efforts, il restait des consommations sur le réseau. Pierre Mas étudie alors différentes options.

Le choix de la pile à combustible

Raccordé au réseau de gaz naturel, il étudie la micro-cogénération gaz proposée par Viessmann. « Avant de se lancer il est impératif de faire un vrai audit des flux thermiques et électriques de la maison concernée : de fait, cette micro-cogénération produisait 6 kWh thermiques

pour 1 kWh électrique, soit trop de production de chaleur comparé à mes besoins en électricité ». Même constat en étudiant la micro-cogénération granulée développée par Ökofen : 15 kWh thermiques pour 1 kWh électrique. Des systèmes tout à fait intéressants pour une maison à forts besoins thermiques non déjà équipée en chauffage, mais pour sa maison, si la production électrique convient aux besoins, la production de chaleur serait produite en pure perte. Il découvre alors la micro-cogénération par pile à combustible proposée par Viessmann, système qui produit 1 kWh thermique pour 750 Wh électrique.

Fonctionnement

Le Japon compte déjà plusieurs milliers d'installations et en France deux industriels se lancent dans l'expérimentation chez les particuliers. Vailant et Viessmann. Le principe fonctionne un peu comme un groupe électrogène, mais comme il n'y a pas de combustion dans la pile, le système est beaucoup moins polluant : pas d'émissions d'oxydes d'azote (NOx) et des émissions de CO₂ réduites. La pile produit de l'électricité et de la chaleur grâce à une réaction chimique entre l'hydrogène contenu dans le gaz et l'oxygène de l'air. La réaction d'électrolyse, qui est comparable à celle d'une pile ou d'une batterie de voiture, produit de l'électricité. La réaction dégage en même temps de la chaleur. Le fonctionnement est silencieux et doté d'une régulation automatique. La pile s'arrête de fonctionner 4h par jour pour sa régénération.

« L'installation est simple, à l'image d'une chaudière condensation, il faut juste adapter le raccordement électrique d'une chaudière classique car l'électricité passe dans les deux sens. Il faut

CARACTÉRISTIQUES DU VITVALOR 300-P

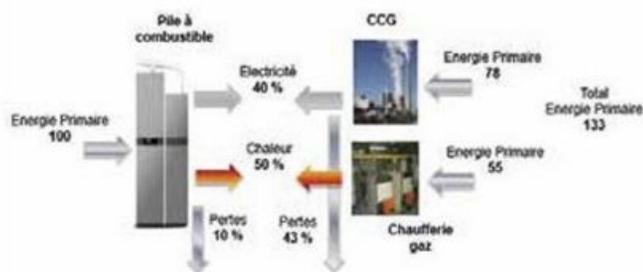
- Puissance électrique :** 750 W
- Puissance thermique :** 1 kW
- Rendement électrique :** 37 %
- Rendement global :** 90 %
- Cycles de fonctionnement :** 20 heures puis 4 heures de régénération
- Nombre d'heures de fonctionnement :** 60.000 h
- Nombre de démarrages :** 4.000
- Chaudière d'appoint :** 10-19 kW chauffage et 10-30 kW ECS
- Rendement :** 109 % (PCI)
- Stockage :** 170 litres (chauffage) et 46 litres (ECS)
- Coût d'installation :** 20 000 € à ce jour

donc prévoir, entre autres, une protection de découplage comme pour la production photovoltaïque pour respecter les normes du réseau. Par contre, il est vraiment impératif de faire une double étude préalable des besoins thermiques et électriques de la maison, sinon, impossible de rationaliser les flux ». Un titre V est à l'étude pour intégrer cette nouvelle solution dans les moteurs de calcul de la RT2012.

Adresses p. 82

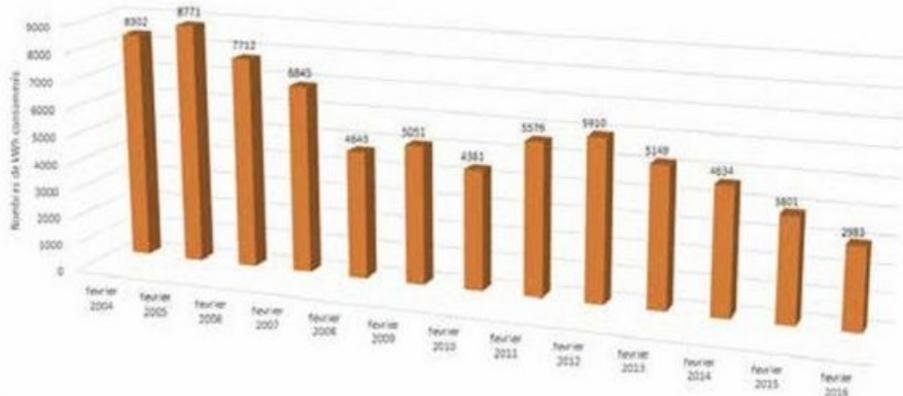


Un bâtiment démonstrateur sobre et producteur d'énergie, qui pourrait s'intégrer au bilan d'un quartier.



Avantage du couplage : réduction des pertes et augmentation du rendement sur énergie primaire.

Evolution de la consommation annuelle électrique de Pierre Mas



Bilan

Installée depuis le 13 janvier 2016, la pile Vitovallor 300-P semble parfaitement adaptée à cette utilisation. La chaudière à condensation d'appoint, d'une puissance de 19 kW, se déclenche en fonction de la demande thermique, mais compte tenu des apports solaires des panneaux thermiques, il est difficile d'isoler sa part dans le chauffage et dans l'eau chaude sanitaire en hiver. En un mois et demi, la consommation de gaz a été de 159 m³ par la pile (soit 1750 kWh) et 2 ou 3 m³ par jour par la chaudière. La production a été de 573 kWh électriques (donc probablement de

l'ordre de 764 kWh thermiques), ce qui donne un rendement d'environ 90 % en tout et de l'ordre de 37 % pour la part électrique, ce qui est bien supérieur au rendement des panneaux solaires photovoltaïques qui sont eux dépendants de l'ensoleillement. La chaudière à condensation a pour sa part un rendement de 109 % (PCI).

L'installation est encore coûteuse (20 000 € environ pour la chaudière et la pile à combustible) mais Viessmann espère pouvoir prochainement diviser les coûts par deux, ce qui rendrait l'instal-

FICHE TECHNIQUE

Type : Maison individuelle
Lieu : Ramonville Saint Agne - Haute Garonne (31)
Chauffage : Solaire thermique - PAC eau/eau - pile à combustible - chaudière condensation gaz
Production locale électrique : solaire photovoltaïque - pile à combustible

lation compétitive avec les autres systèmes de production d'énergie. « Ce qui est important c'est de garder à l'esprit que l'énergie produite est de l'énergie finale puisqu'il n'y a pas de perte. Le coût du kWh électrique produit par la pile est de 7 c€, soit la moitié de ce que coûte aujourd'hui l'électricité du réseau (d'origine nucléaire en grande partie, du reste...) Et l'on sait que l'électricité sera amenée à augmenter beaucoup plus vite que le gaz naturel, surtout si on parvient à l'objectif de 2050 où 50 % du gaz naturel sera du biométhane issu de la méthanisation (agricole et industrielle). Au final, la pile à combustible sera alimentée à 50 % par une énergie renouvelable ».

LES +

- Autonomie énergétique
- Système innovant
- Energies renouvelables
- Réduction des consommations

La production locale d'énergie



La maîtrise des consommations d'énergie, notamment celle des pointes horo-saisonnnières à fort contenu en CO₂, l'intégration des énergies renouvelables à la production intermittente (photovoltaïque, éolien...) et l'accueil annoncé du véhicule électrique dans nos villes et sur nos réseaux conduisent à faire des smart grids, autrement dit des réseaux intelligents d'énergie, un élément incontournable de la réflexion sur l'avenir énergétique de nos territoires. La tendance s'inverse : les bâtiments, qui jusqu'à présents n'étaient que des sources de dépenses énergétiques, sont en passe de devenir des producteurs d'énergie. Plus largement, par leurs capacités de stockage, d'effacement et par le fait qu'une large part des consommations liées à la vie courante s'opère en leur sein, ils deviennent des acteurs de cette nouvelle forme de régulation. Les technologies de l'information et de la communication offrent en effet désormais la possibilité d'agir « à la demande » et en temps réel sur les consommations d'énergie (par la modulation, l'arrêt, le différé ou l'anticipation du fonctionnement des systèmes de chauffage, et, au-delà, équipements domestiques ou de bureau).



3 Questions à Pierre Mas, installateur en énergies renouvelables



BR Le BEPOS généralisé au neuf en 2020, vous y croyez ?

P.M. : Oui, c'est tout à fait logique et les industriels s'y préparent, car le photovoltaïque et l'éolien ne seront pas suffisants pour répondre seuls à la problématique. On le voit ici avec la pile à combustible, mais il y a des innovations à suivre également dans le domaine de l'hydrogène qui, produit à partir de ressources renouvelables, peut apporter une contribution importante à la transition vers un modèle énergétique décarboné. Produire et consommé localement à partir de ressources renouvelables, il peut participer à l'optimisation des ressources énergétiques d'un territoire, favoriser l'électromobilité et le recours aux énergies renouvelables. Car il faut impérativement élargir au transport le champ des consommations prises en compte dans le bilan d'un bâtiment (d'où l'intelligence du label Effi-nergie + et de sa notion d'écomobilité). Le fait d'avoir un véhicule électrique ne doit pas « plomber » le bilan d'un bâtiment.

Pour y parvenir, il faudra de toutes façons réintroduire d'ici là des avantages fiscaux encourageant l'autoconsommation et surtout offrir aux professionnels une visibilité à moyen terme. La filière photovoltaïque a été trop malmenée ces dernières années. Il faut lui redonner de la confiance pour qu'elle puisse redémarrer et créer de la valeur ajoutée et de l'emploi. L'augmentation inéluctable de l'électricité ira dans le bon sens.

Par contre, il faut garder à l'idée que le parc des bâtiments ne se renouvelle que d'environ 0,5 % par an. Il est impératif donc de massifier la rénovation des bâtiments existants, bien plus nombreux et bien plus consommateurs que les maisons neuves.

BR Faut-il encourager la très haute performance du bâtiment et aller jusqu'au passif... avant de produire de l'énergie ?

P.M. : Il est impératif de réduire ses consommations avant de produire l'énergie pour les satisfaire. Par contre, j'émet des réserves pour le passif. Je trouve rassurant de disposer d'une installation de chauffage autre qu'un simple poêle au milieu du salon pour le chauffage de toute la maison, à condition qu'elle soit adaptée et dimensionnée aux besoins. Je ne suis pas certain de la longévité des isolants et de l'étanchéité à l'air des bâtiments et la question de la maintenance (par exemple des VMC double flux) est compliquée. Il risque d'y avoir des contreperformances avec des conséquences sanitaires. Je trouve que l'on va parfois trop loin dans les épaisseurs d'isolants recommandées : seuls les premiers centimètres sont les plus efficaces et le budget restant pourrait être mieux utilisé par exemple avec l'installation d'un chauffage solaire. J'aime bien utiliser la notion de l'euro investi. Il est vital de continuer à communiquer vers le public, souvent devenu méfiant, il y a encore tellement de maisons qui n'ont que très peu, voire pas, d'isolation ! Les particuliers refusent de payer un audit indépendant de 600 ou 800 euros qui leur permettrait de connaître parfaitement quel investissement serait le plus justifié, mais acceptent souvent naïvement des installations de pompes à chaleur de 20 000 euros sans se poser plus de questions... Le rôle neutre des Espaces Info Energie est vital et devrait être encore mieux connu.

BR Que pensez-vous de la gestion des flux d'énergie à l'échelle d'un quartier ou d'une ville ?

P.M. : A l'échelle d'un quartier oui, c'est sans doute la solution, surtout pour les zones sensibles comme la Bretagne où les pics de consommation sont parfois à la limite de la capacité de production. Cela démarre déjà bien avec la multiplication des réseaux de chaleur dans les collectivités. Mais pour aller plus loin, il faudrait avoir le droit de revendre de l'électricité à son voisin ! C'est ce que l'Américain Jeremy Rifkin, Président de la Fondation pour les tendances économiques (Foet) appelle l'internet de l'énergie. C'est actuellement impossible. Cela sous-entend une organisation claire, une gouvernance locale (donc par des collectivités locales qui connaissent les territoires) et surtout une optimisation en temps réel. Cela me paraît plus complexe à l'échelle d'une ville et de toutes façons il faut que les réseaux soient les plus courts possibles pour limiter les pertes. Reste à résoudre ce que l'on reproche au compteur Linky : la protection des données des consommateurs et leur libre choix de consommer l'énergie selon leurs envies ! Les compteurs et les véhicules intelligents pourront délivrer des informations d'une finesse absolue comme l'heure à laquelle vous allumez la lumière de la salle de bain, où vous vous situez, comment vous rechargez votre véhicule et combien de kilomètres vous faites. Si votre chauffe-eau est en panne vous recevrez l'appel d'un réparateur avant même de vous être aperçu de la panne... Toutes ces données existent aujourd'hui mais elles ne sont pas agrégées de manière rationnelle. Ce sera le cas avec les smart grids. L'anonymisation des données sera un enjeu important car ces données sont extrêmement précieuses. Il reste du chemin à faire, mais on sait aujourd'hui analyser les flux d'énergie pour les optimiser.