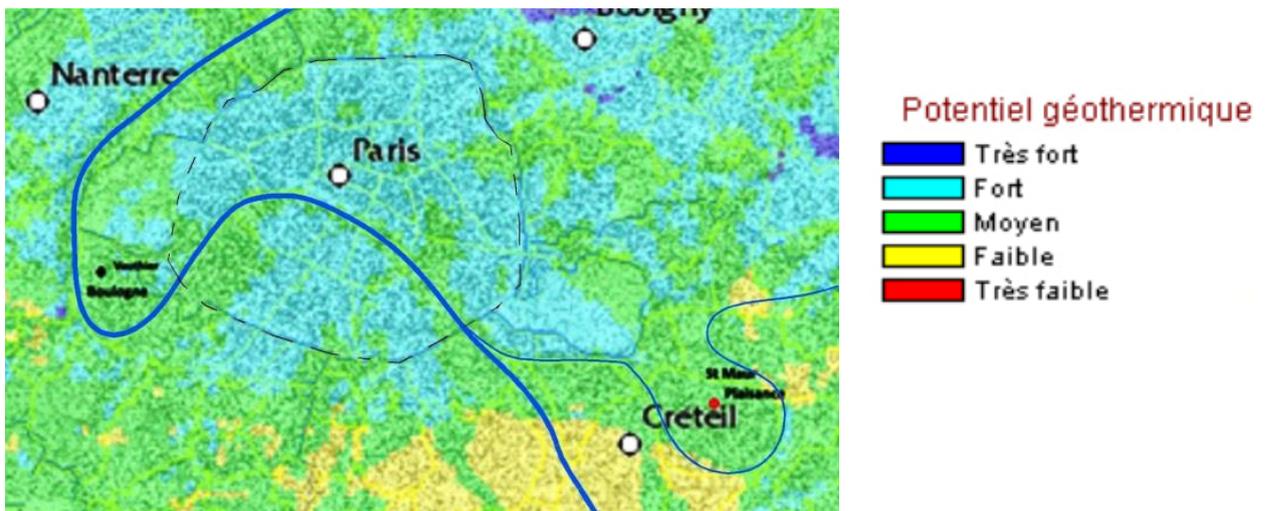


PAC aquathermique en substitution de chaudière

Le deuxième cas évoqué ci-après concerne à nouveau une maison individuelle moyennement isolée (comme le cas précédent environ 200 kWh/m²) située dans une boucle de la Marne, à Saint-Maur, en région parisienne. Cette maison habitable de 300 m², équipée initialement d'une chaudière fioul qui consommait annuellement environ 6 m³ de fioul domestique, a été modernisée en ce qui concerne la génération thermique : la chaudière fioul a été remplacée par une PAC aquathermique.



Saint-Maur, situé à l'intérieur d'une boucle de la Marne et Boulogne-Billancourt, à l'intérieur d'une boucle de la Seine, sont dans des zones ayant un potentiel aquifère moyen (échelle allant de très fort à très faible).

Comme dans le cas précédent, aucun complément (gaz ou fioul) qui aurait nécessité un investissement plus important n'a été prévu après la modification. Cette pompe à chaleur aquathermique basse température (50 °C maximum) de construction allemande (*Stiebel Eltron*) est constituée de deux PAC identiques branchées en parallèle qui assurent le chauffage et la génération ECS ainsi qu'une mise en température occasionnelle de l'eau de la piscine à la fin du printemps.

La pièce dans laquelle était installée la cuve à fioul a servi, après évacuation de cette cuve, de local pour mettre en place la nouvelle chaufferie et la partie du sous-sol où était installée la chaudière est maintenant réutilisée en atelier. L'ancien conduit de fumée a été laissé pour la ventilation (voir figure ci-contre).



Pour mémoire

Le forage des trois puits (deux exhaures et un rejet) d'une profondeur de 30 m a duré environ une semaine et a été exécuté au mois d'août, lorsque Saint-Maur se vide, en raison de la nuisance temporaire provoquée par l'évacuation des sédiments avec un circuit d'air comprimé fourni par un gros compresseur logé dans le jardin. Pour des raisons de fiabilité, le matériel de pompage a été choisi dans le domaine agricole.

L'avenir m'intéresse



Le puisatier local



Rejet des sédiments pendant le forage par un compresseur d'air sur la droite



Engagements des longueurs de tubes PVC vissés en partie basse



Tête de puits en acier

Le circuit est composé de :

1. Deux exhaures distincts constitués de deux puits de 30 m de profondeur relativement proches l'un de l'autre (12 m environ) qui extraient l'eau de la nappe phréatique en assurant un débit total de 8 m³/h. (Le débit était limité à 4 m³/h maximum par puits d'où l'obligation d'un deuxième puits.) Il faut dire que le contrôle du débit disponible ayant été fait au mois d'août, lorsque la Marne est à l'étiage, les capacités de la nappe, *par le fait qu'elle communique avec la rivière*, étaient inférieures à ce qu'elles sont en hiver, lorsque le niveau de la Marne est plus favorable.



La tête de puits d'un exhaure



Le puisard de rejet de l'eau sableuse dans le jardin

2. Un puits de rejet, ayant la même profondeur que les deux puits d'exhaure, distant de 14 m de ceux-ci, qui retourne dans la nappe phréatique et à la même profondeur de 30 m le débit de 8 m³/h d'eau refroidie.

L'avenir m'intéresse

- Deux groupes motopompes d'exhaure cylindriques identiques de 4 m³/h chacune.



Dispositif en tête de puits



*Les deux pompes immergées par -30 m.
Hauteur refoulement 90 m, 2 900 RPM
P moteur électrique = 0,75 kW unitaire.*

- Un échangeur de chaleur à plaque à contre-courant, faisant office d'évaporateur dans lequel circule l'eau venant de la nappe phréatique d'un côté (4 ou 8 m³/h) et de l'autre, le fluide caloporteur à l'état gazeux à très basse température venant des deux PAC.
- L'eau de la nappe phréatique à 8 °C est renvoyée à environ 5 °C ce qui, avec un débit massique de Q de 8 000/3 600 = 2,2 kg/s, correspond à une puissance thermique récupérée dans la nappe libre de $P = Q T c = 2,2 \times (8-5) \times 4 180 = 27 588$ joules/s = 27,5 kW. La puissance électrique installée sur chacun de deux compresseurs étant de 5,2 kW et étant récupérée sous forme de chaleur, on peut espérer au rendement près de ceux-ci disposer d'une puissance thermique voisine de 35 kW comparable à la puissance de la chaudière fioul installée à l'origine.

Un lutin thermique réagit

La sensation de froid ressentie en touchant la tuyauterie sortant du primaire du petit échangeur à plaques de couleur bleu ne laisse aucun doute sur le fait que cet organe est l'évaporateur de la pompe à chaleur prélevant l'énergie thermique dans la nappe phréatique. Après avoir démontré par la théorie en isolant le fluide caloporteur que l'enthalpie des corps permettait de transférer de la chaleur d'un milieu froid vers un milieu chaud et imaginé un circuit hydraulique permettant de le réaliser dans la pratique, l'auteur, habitué à toucher des tuyauteries souvent trop chaudes, a ressenti une sensation nouvelle presque charnelle. Ce n'était plus cette fois de la puissance perdue, mais de la puissance récupérée. Ceci avec la certitude qu'il est possible de prélever avec des échangeurs à plaques brasés tels que ceux commercialisés par des sociétés comme *Alfalaval* ou *Treter* des puissances thermiques de plusieurs milliers de kW compatibles avec une génération de chaleur thermostatique centralisée. Ceci particulièrement avec un fluide caloporteur tel que le HFO1234e *Honeywell* vu les pressions modérées lors de la phase condensation (courbe pression-température comparable à l'ancien R12 mais allant jusqu'à environ 90 °C voire plus). Ceci également par le fait qu'avec un Global Warming Potential (GWP) de 6 ce HFO est plutôt rassurant si une fuite accidentelle survenait lors des essais préliminaires.

- Un filtre de protection de l'échangeur à plaques, comprenant un dispositif de nettoyage de la partie inférieure du pot, là où le sable s'accumule permettant d'évacuer la matière sédimentaire entraînée par les pompes d'exhaure automatiquement pendant une minute chaque jour (horloge).
- Le circuit comprend également un circuit de by-pass à commande manuelle pour nettoyage du filtre ou remplacement de l'élément filtrant permettant aussi de fonctionner temporairement sans filtration. (À éviter.)

L'avenir m'intéresse

9. Deux ballons alimentés en eau chaude par les PAC : le premier, pour les besoins du chauffage central alimentant le circuit d'eau chaude les radiateurs à 50 °C et les deux planchers chauffants à plus basse température (avec circulateur), le deuxième pour l'eau chaude sanitaire à 50 °C.



Les deux ballons chauffage et ECS et les deux PAC (en bas à gauche)



La valve trois voies radiateurs 50 °C

10. Une régulation électronique qui déclenche en bon ordre les pompes des puits, les deux compresseurs, les vannes de régulation et les circulateurs du chauffage central. Le dispositif comprend un détecteur de la température extérieure. Il n'a pas été prévu de capteurs de mesure de température d'air interne à l'habitation.



La commande des pompes immergées



Sur la droite, la régulation électronique, qui déclenche dans le bon ordre les deux pompes immergées, les deux PAC et les vannes trois voies de régulation du chauffage central.



L'aspect financier

Coût global 40 000 euros comprenant :

- | | |
|--------------------------------|--|
| - 3 puits à 5 000 € | 15 000 € |
| - 2 pompes immergées 2 x 2 000 | 4 000 € |
| - Chaufferie | 21 000 € à noter prix cartouche filtre 200 € |

L'avenir m'intéresse

Financement

PTZ sur huit ans	30 000 € (0,5 % en pratique)
Aides fiscales	6 000 €
Financement personnel	4 000 €

Pendant les huit ans de remboursement du PTZ, le coût pour l'utilisateur est plus faible que celui correspondant à l'achat du fioul, le remboursement de l'emprunt étant financé par l'économie sur le combustible. (Il n'y a donc pas d'économie réalisée par rapport à l'ancien chauffage au fioul pendant la première période mais, quand l'emprunt sera remboursé, des économies seront ensuite réalisées si la PAC continue à fonctionner correctement avec des frais d'exploitation prévisibles réduits de moitié par rapport au fioul, ceci avec une petite économie supplémentaire par le fait que l'eau des puits sert aussi à arroser le jardin et à remplir la piscine en réalisant des économies sur l'eau.

Et si l'on est dans un site où l'eau fait défaut ?

Si l'on n'a pas la chance de disposer d'une nappe aquifère et de la présence de la rivière à proximité du local à chauffer, l'air ambiant peut éventuellement remplacer l'eau pour assurer les échanges thermiques avec l'environnement. Les performances sont moins bonnes qu'avec l'eau mais restent tout à fait acceptables comme on vient de le voir avec la PAC aérothermique en substitution de chaudière du cas précédent.

Résumé

La pompe à chaleur aquathermique fonctionne avec un COP moyen voisin de 5. (Cela signifie que, depuis six ans et toutes proportions gardées, le kWh électrique consommé par la PAC délivre l'équivalent des 5 kWh thermiques précédemment délivrés par la combustion du fioul en assurant la fourniture de l'eau chaude sanitaire et en assurant le chauffage et une chaleur régulière et agréable à l'intérieur de la maison.)

Le **risque** principal de cette installation a été le creusement des puits avec la mauvaise surprise de ne pas avoir assez d'eau avec un seul puits. À ce sujet les puisatiers ne prennent aucun engagement, on constate que le puits fonctionne... ou pas.

Deux incidents ont perturbé la première période de mise en route :

- **L'incident du filtre à sable** qui se colmatait en moins d'une semaine. Ce problème a été résolu par l'utilisation de cartouche filtrante résistant à la pression différentielle et par l'astuce du lavage automatisé à une fréquence quotidienne.
- **La rupture d'un flexible sur une canalisation** qui a répandu dans la cave les 8 m³/h d'eau refroidie. Cette avarie provoquée par la corrosion due à la condensation peut être solutionnée par l'utilisation de flexibles inox, en isolant thermiquement les canalisations ou mieux en prévoyant des tuyauteries en polyéthylène.

À noter aussi une *surveillance* qui demande à bien comprendre l'ensemble du système qui, il faut le reconnaître, est tout de même assez complexe pour un particulier.

Après analyse, l'eau puisée à l'exhaure dans la nappe libre en liaison avec la Marne n'était pas potable mais d'une qualité qui a été jugée suffisante pour l'alimentation en eau de la piscine et l'arrosage du jardin. Cette eau était assez dure et fortement minéralisée (calcaire).

Il faut saluer le courage et les compétences du maître d'œuvre qui, avant de s'équiper ainsi, n'a rencontré que des personnes lui déconseillant de se lancer dans cette technologie et qui, à l'apparition des deux problèmes ci-dessus, a su les résoudre lui-même sans aide extérieure. Alors que plus de la moitié du chemin est parcouru pour le remboursement de l'emprunt contracté pour financer l'investissement, il est probable qu'il sera récompensé de ses efforts dans moins de trois ans et qu'il va voir ensuite son pouvoir d'achat s'améliorer sensiblement.

Enfin, c'est au nom des lutins thermiques que *Balendard* exprime sa satisfaction de retrouver à la place de l'évaporateur l'échangeur à plaques qu'il avait intuitivement dessiné au chapitre des

composants constituant la pompe à chaleur aquathermique. Cette solution constitue incontestablement une avancée technique par rapport à l'air : chaufferie compacte, silence et faible encombrement de l'évaporateur, meilleures performances du fait de l'absence de cycle de dégivrage.

Commentaires des lutins

Les lutins thermiques estiment que ces deux propriétaires, ayant pour le premier prélevé l'énergie renouvelable dans l'eau ainsi que le précédent ayant décidé de le faire dans l'air afin d'assurer le chauffage de leurs habitations principale, commencent à tirer un profit financier de leur décision, comme le prouve les études financières. Ceci dit, ils reconnaissent qu'il faut malgré tout un certain courage et de la confiance dans ces nouvelles techniques pour installer une chaufferie EnR en substitution de chaudière, sans bénéficier de la sécurité procurée par la combustion et une chaudière pouvant fonctionner en relève de la pompe à chaleur.

Par contre, les copropriétés existantes qui décideront d'implanter dans les décennies qui viennent des chaufferies hybrides collectives associant la combustion et l'enthalpie n'auront pas besoin de beaucoup de courage étant donné qu'elles bénéficieront d'une structure technique plus étoffée que celle associée à une action individuelle avec en plus la pérennité du chauffage assurée par la dualité procurée par la marche possible en relève. Sans prendre de risque fonctionnel, elles bénéficieront en plus des avantages financiers procurés par des frais d'exploitation plus faibles. En ce qui concerne l'échelonnement des travaux, ceux-ci pourront être réalisés en deux étapes successives. Ceci en n'installant, dans un premier temps, que la combustion mais en ménageant un espace disponible pour la mise en place ultérieure du complément EnR (*voir page 425*). Les copropriétés pourraient aussi procéder en une seule étape en implantant directement la chaufferie hybride. La synthèse faite de ces systèmes à la fin du livre prouve que l'intérêt de la copropriété est d'emprunter sensiblement deux fois plus pour financer dès le départ l'intégralité de la fourniture.

Compte tenu de l'urgence climatique et à défaut d'imposer directement l'implantation de chaufferies hybrides dans l'habitat collectif neuf, le politique devrait au moins imposer dans les réglementations thermiques que soit ménagé dans le neuf et en chaufferie un espace disponible permettant d'implanter ultérieurement le complément EnR sans avoir à payer les frais d'une modification lourde du sous-sol.

Flux thermiques cumulatifs ou non ?

Le problème de la pérennité du chauffage s'est posé à l'occasion d'une panne de chaudière à gaz dans une petite maison occupée par Balendard, citoyen français lambda.

Balendard

Lorsque ma chaudière murale au gaz est tombée en panne cet hiver, alors qu'il faisait 0 °C dehors et une température confortable de 20 °C à l'intérieur de ma maison, s'est posé le problème de cette pérennité. Heureusement, ma cheminée est équipée d'un dispositif avec soufflante permettant de propulser l'air chaud provenant du feu de cheminée afin de distribuer cet air chaud dans les pièces de vie.