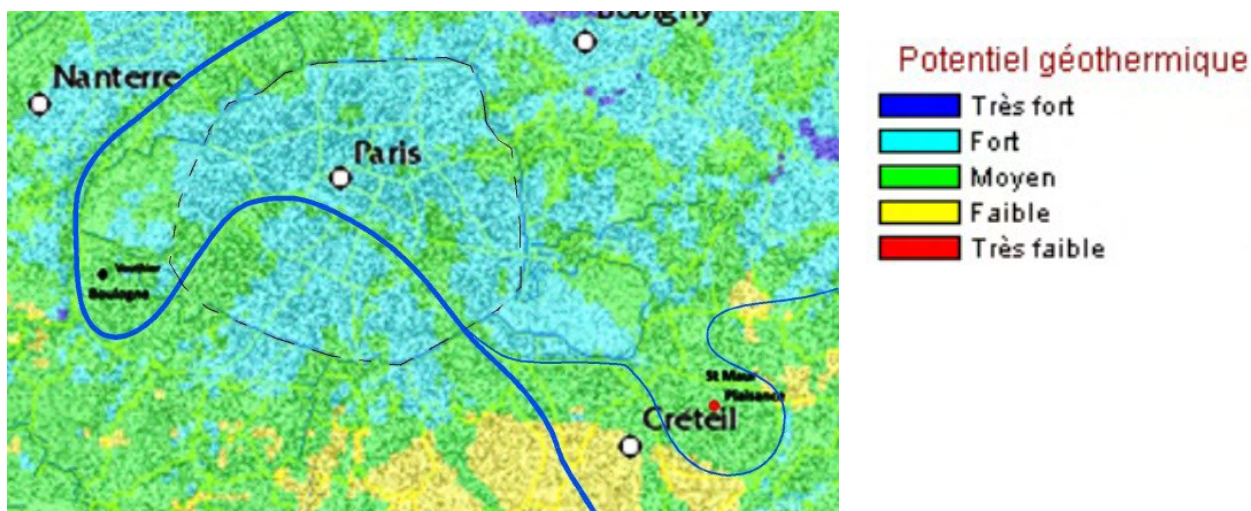


PAC aquathermique en substitution de chaudière

Le cas évoqué ci-après concerne une maison individuelle moyennement isolée 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 fioul domestique a été modernisée en ce qui concerne la génération thermique : La chaudière fioul a été remplacée par une PAC aquathermique.



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

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 est constituée de deux PAC identiques branchées en //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 30m 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



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 30m de profondeur relativement proches l'un de l'autre (12m 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 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 refroidi
3. Deux pompes d'exhaure cylindriques identiques de 4 m³/h chacune

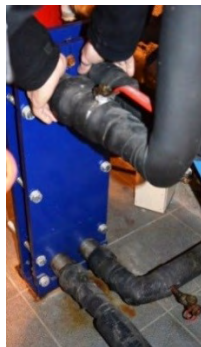


Dispositif en tête de puits



*Les deux pompes immergées par -30m
Hauteur refoulement 90m, 2900 RPM
P moteur électrique = 0,75kW unitaire*

4. 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 (8 m³/h) et de l'autre le fluide caloporteur à l'état gazeux à très basse température venant des deux PAC.



Balendard, Lutin thermique réagit

*La sensation de froid ressentie en touchant la tuyauterie sortant du primaire du petit échangeur à plaque 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 page 90 par la théorie et 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 (Voir [la figure page 99](#)) 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. Une aventure un peu comparable à celle du bozon de Higgs en quelque sorte à la différence près que pour produire des puissances thermiques de plusieurs milliers de kW compatibles avec une génération de chaleur thermostatique centralisée ([Voir Page 312](#)), les échangeurs à plaques sont déjà industriellement constructibles par une société française comme Alfalaval. Ceci vu les pressions modérées d'un fluide caloporteur tel que le HFO1234e Honeywell ayant une courbe pression-température comparable à l'ancien R12 mais allant jusqu'à environ 90°C. Ceci également par le fait que le « Global Warming Potential (GWP) de 6 de ce HFO est plutôt rassurant si une fuite accidentelle de ce fluide survenait lors des essais préliminaires.*

L'eau de la nappe phréatique à 8 °C est renvoyée à environ 5 °C ce qui avec un débit massique de Q de $8000/3600 = 2,2 \text{ kg/s}$ correspond à une puissance thermique récupérée dans la nappe libre de $P = Q T c = 2,2 \times (8-5) \times 4180 = 27\,588 \text{ joules/s} = 27,5 \text{ kW}$. 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 sensiblement inférieure à la puissance de la chaudière fioul installée à l'origine.

5. Un filtre de protection de l'échangeur à plaque 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)
6. 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. (A éviter)



Le circuit d'eau sous pression pour décolmatage filtre



*Le filtre 120 mesh (ouverture de maille = 125 microns)
et sa cartouche filtrante à tourbillon de marque Kulker*



*Sur la gauche, le dispositif avec horloge
déclenchant automatiquement le dispositif de
décolmatage du filtre*

Le sable et les ingrédients qui commençaient à obturer le filtre étant envoyés dans un puisard localisé dans le jardin (voir figure ci-dessus)

Les deux PAC *eau eau* avec leurs compresseurs branchés en parallèle de marque *Stiebel Eltron* modèle WPF 13M fonctionnant en cascade voir document sur URL <http://www.stiebel-eltron.fr/it/notice/WPFM.pdf>



Caractéristiques techniques du constructeur allemand



Les deux PAC au premier plan



Le compresseur spiral type Scroll de la PAC capot d'insonorisation démonté



Electronique des PAC capot ouvert assurant le contrôle du débit du fluide caloporteur

7. 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 (ECS à eau chaude à 50°C)



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



*La valve 3 voies radiateurs
50°C*

8. Trois régulations de températures distinctes par valves 3 voies pour les radiateurs à 50°C, et les deux planchers chauffants à 30°C et 25°C
9. 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 valves 3 voies de régulation du chauffage central

Commentaires des Lutins

Les Lutins thermiques estiment que ce propriétaire ayant prélevé l'énergie renouvelable dans l'eau et celui ayant décidé de le faire dans l'air afin d'assurer le chauffage de leur habitation principale individuelle, commencent à tirer un profit financier de leur décision comme le prouve leur étude financière.

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 l'installation d'une pompe à chaleur en relève de chaudière bénéficiant de la sécurité de la combustion qui peut se substituer à la pompe à chaleur.

Par contre les copropriétés existantes qui décideront d'implanter dans les quelques décennies qui viennent des chaufferies hybrides collectives associant la combustion et l'enthalpie n'auront pas besoin de beaucoup de courage étant donné que la pérennité du chauffage sera assurée par la dualité procurée par la marche possible en relève. Sans prendre de risque fonctionnel, elles bénéficieront par contre en plus de la pérennité de fonctionnement des avantages financiers procurés par des frais d'exploitation plus faibles. En ce qui concerne l'échelonnement des travaux elles pourront dans ce cas procéder en deux étapes successives 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 422). Elles pourront 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 chaufferie 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..

L'aspect financier

Coût global 40 000 € comprenant :

- 3 puits à 5000 € 15 000 €
- 2 pompes immergées 2 x 2000 4 000 €
- Chaufferie 21 000 € à noter prix cartouche filtre 200 €

Financement

PTZ sur 8 ans 30 000 € (0,5% en pratique)

Aides fiscales 6000 €

Financement personnel 4000 €

Pendant les 8 ans de remboursement du PTZ, le coût pour l'utilisateur est sensiblement le même 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 de 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 et les frais d'exploitation prévisibles seront **réduits** de moitié par rapport au fioul 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. Le lecteur peut se reporter au cas d'une [PAC aérothermique en substitution de chaudière](#) installée également en région parisienne suite à une fuite dans le réservoir de fioul.

Résumé :

La pompe à chaleur aquathermique fonctionne avec un COP moyen voisin de 5

(Cela signifie que depuis 4 ans et toute proportion gardée le kWh électrique consommé par la PAC délivre l'équivalent des 5 kWh thermiques qui étaient obtenus 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. 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 refroidi. Cette avarie provoquée à la corrosion due à la condensation est solutionnée par l'utilisation de flexibles inox ou en isolant thermiquement les canalisations.

A noter aussi une *surveillance* qui demande à bien comprendre l'ensemble du système, qui il faut le reconnaître est tout de même assez complexe. Et aussi, on vient de l'évoquer la nécessité de calorifuger les tuyauteries pour deux raisons : limiter les déperditions thermiques et éviter la condensation sur la face extérieure des tuyaux, source de corrosion.

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 minéralisé (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. A mi-chemin du remboursement de l'emprunt contracté pour financer l'investissement, il est probable qu'il sera récompensé de ses efforts dans 4 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 plaque qu'il avait intuitivement dessiné au chapitre des composants constituant la pompe à chaleur aquathermique (Voir repère 10 de la page 98). Cette solution constituant 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.