

### **Aquathermie superficielle et profonde**

On confond trop souvent\* la géothermie profonde des nappes captives avec l'aquathermie superficielle des nappes dites libres. Ces deux technologies utilisent chacune d'elle l'eau comme véhicule thermique, mais il y a trois différences importantes entre ces deux modes de prélèvement de l'énergie thermique dans notre sol.

- La première de ces différences est le fait que les nappes libres situées dans les premiers mètres de l'écorce terrestre bénéficient des apports thermiques de l'énergie solaire donnant à l'énergie thermique prélevée dans l'environnement un caractère renouvelable alors que la géothermie profonde des nappes captives ne bénéficie pas de cet apport solaire et n'est pas pour cette raison véritablement renouvelable. C'est du moins ce qu'estiment certains experts qui ont remarqués qu'il peut être nécessaire de déplacer le forage après quelques décennies, déplacement qui pourrait être rendu nécessaire par le fait que le renouvellement en eau de la nappe captive assurée par les infiltrations est beaucoup plus lent que l'eau de surface.
- La deuxième est la différence fondamentale entre les deux chaînes énergétiques :  
La chaîne énergétique de l'aquathermie profonde est la fois compliqué et simple : compliqué en ce qui concerne le forage vu la grande profondeur à laquelle l'exploitant pompe l'eau chaude à haute température, et simple dans la mesure où cette eau est rejetée dans la nappe captive à une température moindre après que l'on ait prélevée son énergie thermique dans des échangeurs de température à contre-courant situées dans les chaufferies des immeubles. La chaîne énergétique de l'aquathermie superficielle des nappes dites libres fait appel à la thermodynamique et est moins simple par le fait que la chaleur prélevée dans l'environnement se fait alors que la température de cet environnement est à une température plus faible que le milieu à chauffer ! Bien que la description simplifiée qui en est faite dans les *Vidéos explicatives* soit exacte ce fait n'est pas assez souvent mentionné. Point important, elle nécessite pour son bon fonctionnement un apport électrique plus important que l'aquathermie profonde.
- La troisième différence concerne la taille de l'exploitation. Alors que l'aquathermie profonde est à l'échelle d'une municipalité, l'aquathermie superficielle est à l'échelle d'une maison individuelle ou d'une copropriété. Ceci en raison du coût élevé du forage à grande profondeur de la géothermie profonde.

### *L'aquathermie superficielle avec l'eau des rivières*

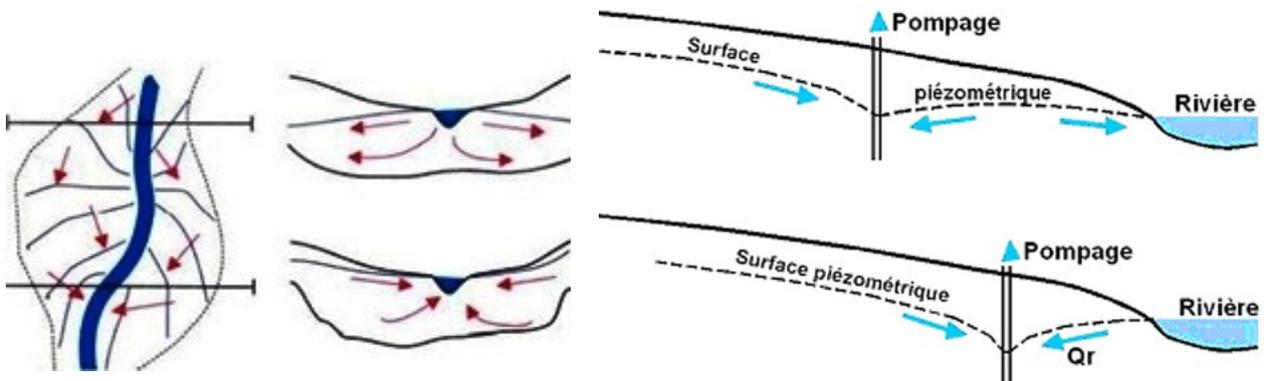
Les pompes à chaleur (PAC) sur nappe phréatique (PAC dites *eau eau*) ou plus simplement pompes à chaleur aquathermiques utilisent donc l'eau à environ 12 °C provenant d'un pompage à faible profondeur (La plupart du temps inférieur à 100 m dans un sous-sol alluvionnaire des rivières et rejette l'eau de cette source dite froide à une température encore plus froide. Les fluides caloporteurs modernes dans un cycle thermodynamique presque idéal utilisant les propriétés enthalpiques de la matière sont capables d'assurer les transferts thermiques qui permettent à la pompe à chaleur d'obtenir ce résultat. Lors de ce cycle de fonctionnement, la pompe à chaleur génère un flux thermique capable d'assurer le chauffage des maisons individuelles ou des immeubles. Comme les miracles n'existent pas il faut apporter un minimum d'énergie au système pour entretenir le cycle thermodynamique. Cette énergie est électrique et a naturellement un coût. Un compresseur, entraîné par un moteur électrique comprime le

## La rivière source d'énergie

fluide caloporteur pour assurer le cycle thermodynamique. Il augmente la pression du fluide caloporteur alors qu'il est en phase gazeuse avant qu'il ne passe à l'état liquide dans le condenseur. Ces transferts thermiques sont d'autant plus intéressants et économiques pour l'utilisateur que la différence de température entre la source froide et la source chaude est faible. Cette particularité de la pompe à chaleur est importante pour l'utilisateur car elle conditionne en grande partie son coût d'exploitation. Elle privilégie l'eau par rapport à l'air en tant que fluide utilisé pour la source froide. L'eau, lorsqu'elle est pompée dans le proche sous-sol est à une température sensiblement constante comprise entre 10 et 12°C et ceci même en hiver. Par contre l'air ambiant peut avoir au contraire une température négative ce qui augmente la différence de température entre les sources froide et chaude et affecte le rendement de la pompe à chaleur. Avec les pompes à chaleur à eau moderne, la température de rejet de l'eau vers le sous-sol ou dans la rivière peut être de l'ordre de 4° C, voir même inférieur. (Au Canada les températures à la source froide sont même encore inférieures puisque ces techniques sont parfois utilisées pour consolider le sous-sol par gélification) Les débits d'eau mis en jeu ne sont pas importants en regard des débits souvent disponibles dans nos nappes aquifères et la plupart du temps faibles par rapport au débit de la rivière. Par contre, les puissances thermiques mise en jeu sont loin d'être négligeables. La puissance thermique générée par un débit d'eau de 4,1 l/s (15 m<sup>3</sup>/h) dont la température chute de 8°C est de 140 kW. (Ceci compte tenu de la chaleur spécifique de l'eau de 1 calorie/gramme et °C) Cette puissance est suffisante pour chauffer un gros immeuble correctement isolé avec des coûts d'exploitation réduit par rapport à celui de l'énergie thermique produite par la combustion des produits fossiles. A l'encontre des centrales nucléaires qui se servent de l'eau de la rivière pour refroidir le réacteur et qui rejette de l'eau tiède dans cette dernière, le gros avantage d'une pompe à chaleur aquathermique, lorsqu'elle est utilisée pour le chauffage est l'abaissement de la température de l'eau de la rivière ou de l'eau contenue dans nappe phréatique. A l'inverse de la chaleur, le froid diminue en effet l'activité microbienne et bactériologique. En diminuant ces activités, il réduit la consommation d'oxygène qui en résulte ce qui conduit à une diminution de la pollution des eaux. On trouve maintenant sur le marché des constructeurs qui proposent des pompes à chaleur *eau eau* dans des gammes de puissance allant de 20kW à 500 kW couvrant la plupart des besoins individuels et collectifs en chauffage. La raison pour laquelle la technologie des pompes à chaleur sur nappe phréatique ou aspirant plus simplement l'eau de la rivière pourrait maintenant se développer en France sera probablement financière. L'indexation du prix du gaz sur le pétrole va en effet être une incitation au développement des pompes à chaleur à eau en France. L'Allemagne développe plus que la France ces technologies par le fait que le gaz étant plus cher en Allemagne qu'en France l'incitation financière est plus grande. Il faut dire que ces technologies étant relativement nouvelles, l'utilisateur final et son syndic, qui doivent se porter en Maitre d'ouvrage pour faire aboutir le projet, étaient jusqu'à maintenant peu enclin à jouer le rôle de cobaye car l'incitation financière était trop faible. Mais cela est en train de changer, les performances de ces systèmes s'améliorent et le citoyen a compris qu'il ne fallait plus tenir compte des deux ou trois dents de scie troublant la durée de vie moyenne d'une chaufferie vu que la tendance générale des combustibles fossiles est inexorablement à la hausse. De plus, il ne suffit pas que la technologie d'un produit soit aboutie pour qu'il soit utilisé. Claude Allègre n'avait pas tort de dire dans son dernier livre que la vérité scientifique met parfois trop de temps à être acceptée. On dit parfois que la consommation de produits fossiles en France se partage à part sensiblement égales entre les besoins liés au chauffage des habitations et ceux de la consommation des moteurs thermiques assurant le transport routier. Dans le cadre de cette transition énergétique dont tout le monde parle sans trop savoir ce qu'elle va finalement comprendre, ces pompes à chaleur dites « *sur nappe libre* » aspirant l'eau

## La rivière source d'énergie

dans la nappe phréatique en liaison avec la rivière ou plus simplement dans la rivière elle-même mériteraient en tout cas à être mieux connues.



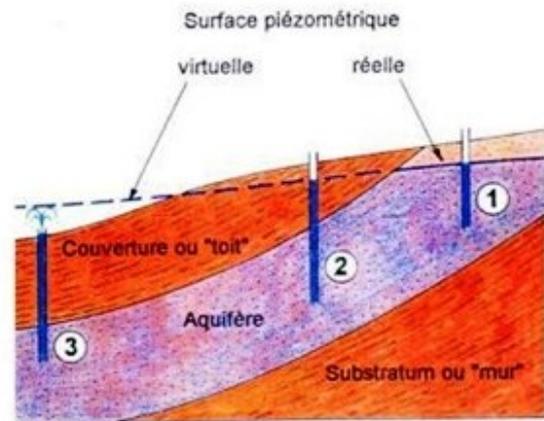
Les aquifères peu profonds des moyennes et grandes vallées alluviales communiquent en général avec les cours d'eau. Le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dépend de la position relative de la surface piézométrique par rapport au niveau de l'eau dans la rivière. La rivière peut alimenter la nappe notamment en période de crue et inversement la nappe libre la rivière lorsque celle-ci est à l'étiage. La pompe à chaleur aquathermique a un meilleur rendement par temps froid que la pompe aérothermique pour la raison que la température de l'eau pompée reste sensiblement indépendante de la température extérieure. Une partie du débit pompée à l'exhaure peut provenir de la rivière. On constate un léger abaissement de la surface piézométrique à l'emplacement du pompage. Si le pompage est situé à proximité de la rivière, il peut provoquer ou renforcer les apports d'eau à la nappe depuis le cours d'eau. On parle de recharge induite de la nappe considérée. Le débit pompé est alors un mélange d'eau souterraine et d'eau de surface.

### L'aquathermie profonde avec les nappes captives

Alors que la température de l'eau des nappes libres peu profondes est voisine de 12°C jusqu'à une profondeur voisine de 100 m avec une influence solaire devenant imperceptible au-delà de -20 m de profondeur, la température de l'eau des nappes captives situées à plus grande profondeur croît graduellement de 3°C par 100m selon un gradient géothermique correspondant aux pertes de chaleur interne par conductivité du globe terrestre. Alors que l'eau de la nappe libre s'écoule lentement vers la mer, l'eau souterraine emmagasinée dans une nappe captive est emprisonnée entre deux couches imperméables qui se sont constituées dans la formation géologique et n'est animée d'aucun mouvement. L'aquifère est mis en pression par la charge hydraulique de l'eau qu'il contient. Cette charge est déterminée par la cote piézométrique dans les parties libres de l'aquifère captif. Lorsqu'un forage atteint une nappe captive on constate que l'eau remonte brusquement dans le forage et se stabilise sur le niveau piézométrique. Si le niveau piézométrique se situe au-dessus de la surface du sol, l'eau peut même jaillir naturellement. Dans ce cas on dit que le forage est artésien. La surface piézométrique informe sur la profondeur à partir de laquelle on peut pomper l'eau dans un forage.

## La rivière source d'énergie

On peut en fait considérer deux types de géothermie profonde. Celle consistant à aller chercher l'eau se situant à des profondeurs voisines de 2500 m là où sa température, voisine de 80 à 100 °C, permet de l'utiliser pour le chauffage des habitations à l'aide d'échangeurs à contrecourant, on parle alors de *chauffage urbain*. On bien celle consistant à augmenter la profondeur à environ 5000 m, la température de l'eau sous pression pouvant alors atteindre 200°C voire plus, auquel cas la pression et la température deviennent alors suffisantes pour que l'eau transformée en vapeur surchauffée puisse être utilisée pour préchauffer un gaz à une température suffisamment élevée pour faire fonctionner une turbine à gaz produisant de l'électricité. L'eau refroidie après usage ayant une température encore suffisante pour être utilisée également aux fins du chauffage des habitations avant réinjection dans le sous-sol.



- En ① la nappe est libre,
- en ② elle est captive,
- en ③ elle est captive et artésienne (jaillissante)

Figure source DRIRE

\* La confusion entre « la géothermie profonde des nappes captives » avec « l'aquathermie superficielle » vient en partie du fait que les pouvoirs publics et les professionnels parlent de « géothermie » sans trop préciser de quelle chaîne énergétique il s'agit. Où s'ils font la distinction entre les deux, c'est pour évoquer une « géothermie de minime importance » lorsque les échanges thermiques se font avec l'eau provenant de la rivière où des nappes libres en liaison avec elle. Les puissances qui peuvent être prélevées avec la « géothermie profonde des nappes captives » peuvent être effectivement extrêmement importantes mais il convient toutefois de relativiser cette notion de minime importance et de mettre plutôt en évidence des différences fondamentales entre ces deux systèmes :

- L'énergie thermique de « l'aquathermie superficielle » prélevée dans l'eau de la rivière ou dans sa nappe libre est issue du soleil et de « l'interaction nucléaire forte » alors que celle prélevée dans l'eau des nappes captives profondes provient de « l'interaction nucléaire faible » (Voir page 175)
- Le premier système peut aussi générer du froid lorsqu'il fait chaud alors que le deuxième est limité au chauffage urbain et génère seulement du chaud lorsqu'il fait froid.
- Bien que ces deux systèmes rejettent l'eau dans l'environnement à une température plus basse, la pompe à chaleur de « l'aquathermie superficielle », ne peut prélever l'énergie thermique dans son proche environnement qu'avec un apport d'énergie extérieur généralement électrique alors que « la géothermie profonde des nappes captives » se suffit pratiquement à elle-même.

Il aura fallu de trop nombreuses années pour que le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) arrive à mettre en place un meilleur encadrement de la filière pour les projets de pompes à chaleur géothermiques dont le forage est inférieur à 200 mètres et la puissance inférieure à 500 kilowatts. Profondeur et puissance qui couvrent le besoin de l'habitat urbain existant. Il devenait indispensable de simplifier les procédures administratives relevant des installations de pompes à chaleur géothermiques en permettant à ces dernières de bénéficier, dans la mesure du possible du régime déclaratif.

*L'absence de concurrence est une plaie pour celui qui attend et une niche pour celui qui entreprend\*.*