

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 l'eau comme véhicule thermique, mais il y a au moins 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 sur le long terme. C'est du moins ce qu'estiment certains experts qui ont remarqué qu'il pourrait être nécessaire de déplacer le forage après quelques décennies par le fait que le renouvellement en eau de la nappe captive assuré par les infiltrations est beaucoup plus lent que l'eau de surface, voire même inexistant.
- La deuxième est la différence fondamentale entre les deux chaînes énergétiques : La chaîne énergétique de l'aquathermie profonde est à la fois compliquée et simple : compliquée en ce qui concerne le forage vu la grande profondeur à laquelle il faut forer pour disposer d'eau chaude à haute température suffisamment élevée, et simple dans la mesure où cette eau est rejetée dans la nappe captive à une température moindre après que l'on ait prélevé son énergie thermique dans des échangeurs de température à contre-courant situés dans les chaufferies des immeubles. Ceci alors que la chaîne énergétique de l'aquathermie superficielle des nappes dites libres fait appel à la thermodynamique et est moins simple et plus difficile à comprendre 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.

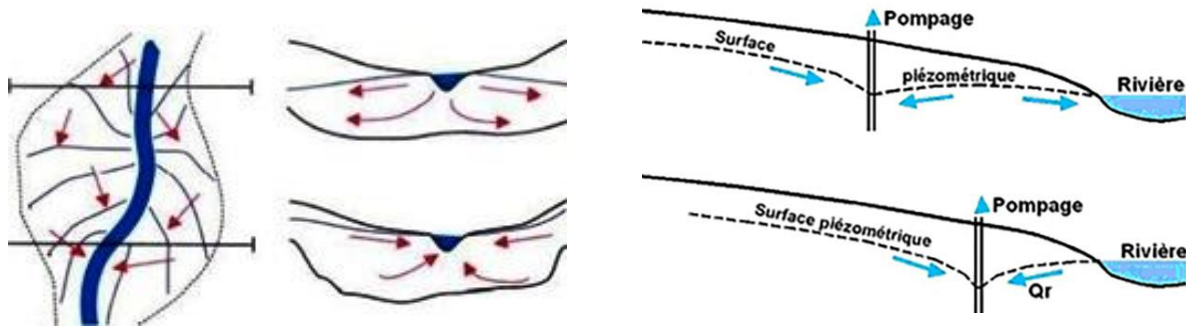
L'aquathermie superficielle avec l'eau des rivières

Les pompes à chaleur (PAC) sur nappe libre (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 profondeur du puits de forage est la plupart du temps inférieure à 80 m. Il est effectué dans le sous-sol alluvionnaire des rivières et est appelé exhaure. Après avoir traversé l'évaporateur de la pompe à chaleur l'eau de cette *source dite froide* est rejetée à une température encore plus froide en aval du lieu de pompage en y prélevant de l'énergie thermique. Le cycle thermodynamique presque idéal d'une pompe à chaleur utilise les propriétés enthalpiques des fluides caloporteurs modernes en assurant des transferts thermiques qui justifie la dénomination de « pompe à chaleur ». 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 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 parfois plus 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 les performances 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, voire même inférieure. (Au Canada, les températures à la source froide sont même 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, en raison de la chaleur spécifique de l'eau, les puissances thermiques mises en jeu sont loin d'être négligeables. A titre d'exemple et compte tenu de la chaleur spécifique de l'eau de 1 calorie/gramme et °C la puissance thermique générée par un débit d'eau de 4,1 l/s (15 m³/h) dont la température chute de 8 °C est de 140 kW. (Voir page *Error! Bookmark not defined.*). Cette puissance est suffisante pour chauffer un immeuble de bonne taille correctement isolé avec des coûts d'exploitation réduits par rapport à celui de l'énergie thermique produite par la combustion des produits fossiles. À l'encontre des centrales nucléaires qui se servent de l'eau de la rivière pour refroidir le réacteur et qui rejettent 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 la nappe phréatique. À 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 20 kW à 500 kW, couvrant la plupart des besoins individuels et collectifs en chauffage des immeubles. 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. Ces technologies sont toutefois nouvelles et les choses vont se mettre en place progressivement. Reste à savoir qui, entre l'utilisateur final constitué par le syndicat des copropriétaires et son syndic, va se porter en maître d'ouvrage pour faire aboutir le projet. L'incitation financière était jusqu'à présent trop faible pour que le syndicat des copropriétaires associé à son syndic accepte de jouer le rôle de cobaye. Mais cela pourrait bien changer par le fait que les performances et la fiabilité de ces systèmes s'améliorent et aussi par le fait que la tendance générale concernant le prix des combustibles fossiles est inexorablement à la hausse. Certes il ne suffit pas que la technologie d'un produit soit aboutie pour qu'il soit utilisé. Claude Allègre notre célèbre climato sceptique n'avait pas tort de dire à ce sujet dans son livre *Ma vérité sur la planète* que « la vérité scientifique met parfois beaucoup de temps à être acceptée ». Le bon sens pourrait bien toutefois l'emporter vu le potentiel que représente ces dispositifs. Ce potentiel est en effet considérable si considère 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. Ceci si l'on fait abstraction des besoins industriels.

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 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.

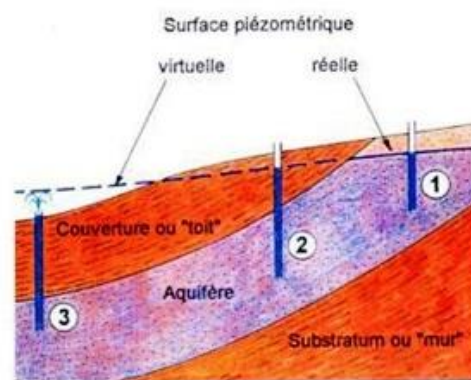


Les aquifères peu profonds des moyennes et grandes vallées alluviales communiquent en général avec les cours d'eau. Le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dépend de la position relative de la surface piézométrique par rapport au niveau de l'eau dans la rivière. La rivière peut alimenter la nappe 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 de meilleures performances 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 d'une dizaine de mètres de profondeur, la température de l'eau des nappes captives situées à plus grande profondeur croît graduellement de 3 °C par 100 m selon un gradient géothermique correspondant aux pertes de chaleur interne par conductivité du globe terrestre. D'autre part l'eau de la nappe libre s'écoule lentement vers la mer alors que 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.

On peut en fait considérer deux types de géothermie profonde. Celle consistant à aller chercher l'eau se situant à des profondeurs voisines de 2 500 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 contre-courant, on parle alors de *chauffage urbain*. Ou bien celle consistant à augmenter la profondeur à environ 5 000 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 ou de sa nappe libre. 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 qui pourraient bien devenir complémentaires :

- 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 Error! Bookmark not defined.).
- Le premier système peut aussi dans certains cas 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 énergies renouvelables (SER) arrive à mettre en place un meilleur encadrement de la filière pour les projets de pompes à chaleur sur nappes libres dont le forage est inférieur à une centaine de mètres et la puissance inférieure à 500 kilowatts. Profondeur et puissance qui couvrent le besoin de l'habitat urbain existant constitué d'immeuble. Il est devenu indispensable de simplifier les procédures administratives relevant des installations de pompes à chaleur sur nappes en permettant à ces dernières de bénéficier, dans la mesure du possible, du régime déclaratif. De même que l'utilisateur final conscient du gâchis en énergie actuel serait probablement prêt à se porter en maître d'ouvrage si la commune prenait en charge l'alimentation en eau non potable de son immeuble.

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