

## Le chauffage urbain

Le tableau page suivante permet de comparer quatre modes de chauffage présentant un intérêt particulier pour la réhabilitation ou la rénovation thermique des bâtiments existants en milieu urbain. La partie gauche du tableau concerne la combustion et particulièrement la combustion des ordures. La partie droite, la géothermie profonde et la thermodynamique superficielle.

Quand on voit en bordure de la Méditerranée des « centres d'enfouissement techniques » comme celui de la « glacière » sur le bas Loup, on se dit que notre pays ferait bien pour combler son retard technique, de s'inspirer des techniques utilisées par la Suisse ou à la Suède. Toutefois le fait que le chauffage urbain français basé sur la combustion des ordures ait pris du retard par rapport à ces pays n'est pas le problème essentiel. Ceci pour la simple raison qu'en raison d'un pouvoir calorifique limité lors de la combustion les 500 kg d'ordures générés annuellement par habitant produisent un peu moins de 1000 kWh. Chiffre à comparer aux besoins actuels pour le chauffage et l'ECS de l'habitat urbain existant voisin de 6000 kWh (240 kWh/m<sup>2</sup> habitable pour une surface habitable en région parisienne se situant vers 25 m<sup>2</sup>) comme on le voit le compte n'y est pas. Il n'en est pas de même pour les deux colonnes de droite qui offrent un potentiel thermique considérable par rapport à la précédente. Toutefois les lutins thermiques estiment que les capacités de mise en œuvre et d'innovation de notre pays sont bien limitées lorsqu'il s'agit de techniques pourtant connues telles que la géothermie profonde ou le chauffage thermodynamique superficiel. Ils craignent aussi – sauf à reconsidérer complètement les critères de progression – que ce n'est pas en rebaptisant l'**AFPAC** en INPAC que l'on va faire progresser ces techniques, là où la France à tout intérêt à se positionner en leader. La géothermie profonde et le chauffage thermodynamique aquathermique superficiel ont un point commun : celui d'utiliser l'eau comme véhicule thermique et de la distribuer jusqu'aux immeubles ou les appartements par des réseaux de tuyauteries. Le principe utilisé pour le chauffage des locaux dans la troisième colonne *géothermie* utilise directement les réserves thermiques naturelles du sous-sol grâce à un forage profond (supérieur à 1 000 m). Quant au chauffage *thermodynamique* de la dernière colonne, on peut le considérer comme un chauffage électrique performant diminuant notre dépendance à l'électricité. Ceci lorsqu'il est constitué d'une pompe à chaleur à compresseur prélevant dans son proche environnement une énergie thermique renouvelable abondante et gratuite avec un forage peu profond souvent inférieur à 50 m dans la nappe libre. L'intérêt principal pour l'utilisateur de ces 4 chaînes énergétiques réside dans le fait qu'avec ces solutions, le coût du kWh thermique rendu dans les pièces de vie est moindre que celui résultant de la chaîne énergétique la plus commune utilisant la combustion du gaz ou du fioul. Elles réduisent la demande en gaz, voire l'éliminent complètement lorsque la combustion des ordures ne nécessite pas un apport en gaz naturel, comme cela est le cas en Suisse. Elles évitent ainsi de recourir à des solutions aussi catastrophiques sur le plan environnemental que celles envisagées avec le gaz de schiste risquant de polluer dangereusement nos nappes libres et les rivières en communication avec elles<sup>51</sup>. Ceci est la raison pour laquelle le chauffage urbain du type centrale gaz émetteur de gaz à effet de serre, n'y est pas mentionné.

---

<sup>51</sup> Outre le fait que l'exploitation du gaz de schiste pourrait bien être un feu de paille), Delphine Batho, lorsqu'elle était ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, expliquait dans son livre *Insoumise* (éditions Grasset) les conséquences de l'exploitation du gaz de schiste par fracturation :

- Des risques pour la santé avec remontée de métaux lourds tels que le plomb, le mercure, le cadmium ainsi que l'utilisation d'acide chlorhydrique, de dioxines toxiques et de produits cancérigènes tels que l'acétaldéhyde provoquant la pollution de milliards de mètres cubes d'eau.
- Des dégâts irréversibles pour l'environnement du fait du rejet de méthane 25 fois plus puissant pour effet de serre que le gaz carbonique.

## Vu par les lutins

Mode	1) Combustion		2) Géothermie <sup>1</sup>	3) Thermodynamique <sup>2</sup>
Énergie primaire	Du bois	Des ordures (entretien de la combustion avec de l'air pulsé sans apport de gaz)	Eau chaude de la nappe captive profonde voire très profonde	Électricité + eau froide de la rivière (ou celle de la nappe libre en communication avec elle <sup>2</sup> )
Énergie secondaire (production)	Deux modes de production : à savoir : électricité (35 %) et chaleur (75 %)		Chaleur uniquement.*	Chaleur uniquement
Aspect environnemental	Traitement des gaz brûlés. Le bois coupé n'absorbe plus le CO <sub>2</sub> . La combustion du bois en ville exige une filtration de l'air rigoureuse.		Énergie propre totalement décarbonée	Énergie totalement propre si électricité d'origine éolienne, hydrolienne ou hydroélectrique, sinon légère production de GES de l'énergie électrique nucléaire.
Rentabilité/ continuité de fonctionnement	Non rentable l'été/ seulement l'hiver	Bonne/ fonctionnement envisageable toute l'année	Bonne/ fonctionnement envisageable toute l'année	Bonne/ fonctionnement envisageable toute l'année. Lorsque l'eau est disponible dans le proche sous-sol et que la présence d'un terrain favorise le forage, le retour sur dépense est de l'ordre de huit ans hors aide fiscale.
Renouvelable ?	Oui mais avec une restriction pour le bois ( <i>voir page 180</i> )		Ces deux techniques de chauffage sont complémentaires. Ceci dans la mesure où il est possible et intéressant de récupérer l'énergie fatale issue de la géothermie profonde en utilisant l'eau tiède de rejet de cette dernière pour augmenter la température de la source froide du chauffage thermodynamique superficiel. Voir la page 558 ou le fichier sur les <a href="#">réseaux ENP</a> dans le cadre de Boulogne Billancourt. Le dispositif global formé par les deux systèmes bénéficierait alors de l'apport solaire ce qui présente de nombreux avantages : <ul style="list-style-type: none"> <li>- le forage profond serait pour un même besoin thermique en surface moins sollicité améliorant sa longévité (la nappe captive se refroidirait plus lentement au fil des années).</li> <li>- les performances du chauffage thermodynamique de surface seraient notablement améliorées</li> <li>- en réinjectant de l'eau propre et plus froides dans les nappes libres on participerait à la dépollution de nos nappes aquifères superficielles qui en ont bien besoin</li> </ul>	
Aspect quantitatif	Les réserves de bois bon marché en France sont importantes (forêts landaises).	Les 700 kg <sup>3</sup> d'ordure annuel par habitant n'ont pas un pouvoir calorifique suffisant pour assurer la totalité du besoin thermique.		
Difficulté de mise en œuvre	Système connu mais filtration des gaz brûlés	Tri des ordures, traitement de l'air, évacuation des imbrûlés.	Forage et corrosion	Choix fluide caloporteur, système multi techniques
Réseau de tuyauterie	Calorifugé (la température au départ la centrale ou de la nappe captive pouvant être sensiblement supérieure à 90 °C).		Non calorifugé (la température de départ étant celle du fleuve).	
Chaufferie de chaque immeuble	L'investissement chaufferie est faible (principalement compteur d'évaluation des quantités d'eau chaude livrées, échangeurs de température à contre-courant éventuels et valve trois voies).		Pompe à chaleur eau-eau (aquathermique)	
Facturation de l'eau chaude	Basée sur l'amortissement du réseau de tuyauteries et sur la quantité d'énergie thermique contenue dans l'eau chaude livrée pour l'ECS et le chauffage.		Basée uniquement sur l'amortissement du réseau de tuyauterie d'eau froide non potable. Une orientation qui devrait ravir une société comme Vallourec.	

\*La température exigée pour la production d'énergie électrique est souvent trop élevée.

\*Les réserves de bois landaises sont probablement d'une qualité suffisante.

Ces quatre solutions, à elles seules, permettraient à l'Europe de réduire considérablement sa consommation et ses approvisionnements en gaz naturel assurés principalement par Gazprom, la Norvège et l'Algérie. (Voir page **548**). Ceci en choisissant peut-être la pire des solutions.

- Ceci sans compter l'impact sur les lieux d'exploitation résultant de la circulation de milliers de camions pour chaque puits.

**1) Combustion des ordures.** Ce n'est pas toutefois les 500 kg d'ordures que chacun d'entre nous rejette annuellement qui peuvent assurer la totalité du besoin en énergie vu leur chaleur spécifique insuffisante. Pour information ils contiennent en moyenne 350 kg de déchets ménagers, 170 kg de papier carton, 120 kg de plantes en provenance des jardins, 45 kg de verre, 15 kg d'appareils électroniques et plastiques et enfin 6 kg de textiles. À noter que l'Angleterre commence, moyennant devises, à exporter ses ordures vers les pays européens les plus en pointe pour les EnR. Quant à la Suède en avance comme la Suisse dans ce domaine, elle estime la valeur des ordures correctement triées en amont à 36€ la tonne et pense pouvoir supprimer complètement les décharges et ce qu'on nomme en France sans rougir des « **centres d'enfouissement techniques** »

**2) Géothermie.** Chacun sait que le centre de la terre est constitué de roches en fusion. L'élévation de température en fonction de la profondeur n'est pas très importante (3 à 4 °C par 100 m). Ceci explique pourquoi il fait si chaud au fond des puits de mine, qui sont pourtant encore bien loin de la roche en fusion. L'homme a toujours cherché à récupérer cette chaleur. Cette récupération a souvent été facilitée par l'eau qui favorise les échanges thermiques. L'eau souterraine emmagasinée dans une nappe captive perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables qui se sont constituées dans la formation géologique. De ce fait, l'aquifère est mis en pression par la charge hydraulique de l'eau qu'il contient. (Voir **l'article de Mr Sovignet**) La charge hydraulique est déterminée par la cote piézométrique dans les parties libres de l'aquifère captif. Lorsqu'un forage atteint une nappe captive, l'eau remonte brusquement dans le forage et se stabilise sur le niveau piézométrique. Si ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol, l'eau jaillit naturellement. 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. Avec la géothermie profonde, on a depuis longtemps réussi à récupérer la chaleur en faisant passer directement de l'eau froide à contre-courant, de l'eau chaude pompée dans un échangeur de chaleur. Selon les singularités du sous-sol, il arrive parfois, comme à Chaudes-Aigues, que la présence d'eau qui stagne à 2 000 m dans les couches profondes de notre sol, se rapproche de la surface. Ainsi, la région Île-de-France, du fait de sa grande densité de population et de l'existence d'une importante ressource d'eau chaude dans son sous-sol, semble la plus à même d'investir dans la géothermie. Selon les propos de Guy Simenot, de l'Ademe, « l'Île-de-France est la terre de la géothermie ». Le conseil régional devait y consacrer, avec l'Ademe, environ 22 millions d'euros sur la période 2008-2013. Ceci sous la forme de différents chantiers permettant de raccorder au minimum l'équivalent de 30 000 nouveaux logements. L'expérience des forages encore plus profonds, de 4 000 à 5 000 m, acquise dans le cadre de la recherche pétrolière par des précurseurs tels que les frères Schlumberger, permet d'aller chercher l'eau là où sa température, voisine de 200 °C, rend possible le fonctionnement de turbines à vapeur productrices d'électricité. Sur ce genre d'équipement, certaines zones sont plus chaudes que d'autres, particulièrement les zones volcaniques. L'Islande, par exemple, est particulièrement favorisée avec ses nombreux geysers et de nombreuses piscines à l'air libre y sont chauffées par ce procédé très bon marché. En France, des veines d'eau chaude stagnent dans des régions de terrains sédimentaires comme le Jura, le Bassin aquitain ou le Bassin parisien. Une infime partie de ce véritable « trésor énergétique » est aujourd'hui exploitée. Le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) attire depuis longtemps l'attention sur le fait que la région Île-de-France recèle de bassins sédimentaires aquifères ayant des ressources d'eau chaude. C'est certainement sur leurs conseils et recommandations qu'après les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979, l'État a incité les collectivités d'Île-de-France à se lancer dans des opérations de géothermie profonde au début des années quatre-vingt. Plusieurs dizaines de réseaux de chaleur ont ainsi été installés. Quelques municipalités, notamment en Île-de-France, ont été maîtresses d'ouvrage d'une cinquantaine d'opérations. La chute du cours du pétrole en 1986 a stoppé net le développement de la filière et n'a pas incité les pouvoirs publics à soutenir la maintenance des exploitations existantes. Il faut dire que les difficultés techniques rencontrées, en raison de la corrosion des tubes métalliques, ont affecté dans un premier temps le développement de ces procédés. Cependant, malgré ces difficultés et grâce aux régions qui ont soutenu l'exploitation des réseaux existants, près des 2/3 des puits géothermiques construits à cette époque sont encore en exploitation, le tiers restant étant tout simplement laissé à l'abandon. Le captage de l'eau de ces aquifères nécessite la mise en place de forages profonds et des investissements importants. Alors que l'aquathermie superficielle et la mise en place d'une pompe à chaleur sur nappe libre est à l'échelle d'un immeuble comprenant une

*centaine d'appartements voire d'une maison individuelle, l'aquathermie profonde ne peut se justifier que pour un minimum de 4 000 à 5 000 logements. Ceci en raison des forages profonds et des travaux coûteux qu'elle nécessite. Les temps sont en train de changer et il se pourrait bien que ces nouvelles réalisations ne soient plus tributaires du prix du pétrole mais dépendantes de la volonté de mises en œuvre par des municipalités dynamiques. Les installations encore en fonctionnement prouvent, en effet, qu'avec un prix de revient comparable au gaz, voire inférieur l'aquathermie profonde est autant intéressante pour l'exploitant que pour l'utilisateur. Les prix pourraient encore baisser mais le coût des forages reste élevé en raison d'une concurrence insuffisante entre les entreprises capables de maîtriser ces technologies.*

**3) Thermodynamique superficielle.** *On verra à la fin de cet ouvrage page 551 qu'il est important de ne pas confondre la géothermie profonde haute température qui utilise directement l'eau chaude comme véhicule thermique, et le chauffage thermodynamique basé sur l'aquathermie superficielle basse température qui nécessite une pompe à chaleur (colonne de droite). La géothermie profonde est comparable pour l'utilisateur au chauffage urbain généré par les centrales à combustion des ordures puisqu'elle consiste à faire circuler dans un échangeur de température de l'eau chaude à contre-courant de l'eau alimentant les radiateurs ou les planchers chauffants (voire dans certains cas à alimenter directement ces émetteurs thermiques par l'eau chaude provenant de la centrale). Ceci alors que dans le cas du chauffage thermodynamique la température du milieu dans lequel on prélève l'énergie thermique renouvelable est inférieure à celle du milieu à chauffer. La différence entre les deux dispositifs est aussi dans le fait que la copropriété dépend d'un exploitant dans le cas de la géothermie profonde ou du chauffage urbain basé sur la combustion alors qu'elle pourrait être dans une certaine mesure son propre producteur d'énergie dans le cas du chauffage thermodynamique (Cas de l'aquathermie superficielle type PAC sur nappe lorsque la copropriété dispose d'un terrain autorisant le forage sur ce dernier).*

*Pour la pompe à chaleur sur nappe superficielle comme pour la géothermie profonde se pose le problème de la pérennité du débit et le risque de ne pas obtenir, lors d'un forage, une ressource en eau présentant des caractéristiques de débit et de température suffisantes pour assurer la rentabilité de l'opération projetée. Dans le cas de la pompe à chaleur eau eau, la présence de la rivière à proximité de l'habitation est une garantie de pérennité du fait de la communication de la rivière avec la nappe libre (voir page 59). Reste les réseaux d'alimentation en eau non potable provenant de la rivière aux fins du chauffage thermodynamique. Ces réseaux, qui permettraient d'augmenter la température de l'eau avant l'évaporateur afin d'améliorer le COP de la pompe à chaleur, ne sont encore malheureusement jamais proposés aux copropriétés et à leur syndic par la région, le département ou la commune. La circulation de ces tuyauteries dans les égouts permettrait de récupérer la chaleur du sous-sol des villes en améliorant les performances plus efficacement que ne peut le faire une récupération des calories contenue uniquement dans le rejet de l'eau chaude sanitaire (voir page 270).*

Il n'en reste pas moins que la transition du gaz vers le « non gaz » a été laborieuse. Pour preuve la volonté de certains responsables qui se sont distingués du reste de la classe politique française unanime à condamner l'exploitation du gaz de schiste. L'un qui envisageait d'exploiter le gaz de schiste dans le plus prestigieux de nos parcs *naturels* nationaux, celui des Cévennes, l'autre plus récemment dans celui du parc naturel régional du Lubéron ! D'autres responsables lorgnent vers le sous-sol de la Lorraine qui contient un gaz, le fameux « grisou » source de bien des malheurs passés lors de l'exploitation de la houille. Faut-il rappeler que ce « grisou », aussi dénommé « gaz de houille », n'est autre que du méthane (CH<sub>4</sub>), un dangereux gaz à effet de serre, environ deux fois moins dense que l'air et ayant de ce fait plus tendance à se dissiper dans l'atmosphère que le gaz carbonique qui, lui, est plus dense que l'air. Le plus inquiétant dans l'exploitation de ces gisements, que l'on fracture la roche ou non, est le fait qu'avec ces nouveaux types d'exploitation, le méthane remonte naturellement vers la surface, remontée présentant un risque grave pour nos aquifères avec pour circonstance aggravante une durée de vie limitée des puits conduisant à moyen terme à multiplier ceux-ci, comme cela se passe actuellement aux États-Unis. La France, pour admirative qu'elle soit des progrès de la technique, peut heureusement pour son environnement se passer des coûteuses technologies de fracturation

américaine pour assurer son besoin énergétique. Elle sait que la limite est bien étroite entre l'exploration et l'exploitation et elle devine ce qu'il adviendrait du plus beau de ses parcs nationaux si d'aventure les réserves étaient celles escomptées. Ceci pour satisfaire les intérêts financiers de quelques exploitants. Si contre toute logique quelques centrales au gaz devaient encore subsister ici où là en France pour le chauffage urbain, on éviterait au moins le risque d'une catastrophe écologique majeure à l'abri des regards dans les régions les plus belles, les plus sauvages et aussi les moins peuplées de France. Il suffirait aussi que gaz et électricité cohabitent sous la forme de nouvelles chaufferies collectives, que l'on pourrait qualifier d'hybrides, pour que le chauffage thermodynamique se mette en place progressivement et que la demande en gaz baisse progressivement, évitant d'importer du gaz vu que les réserves de gaz naturel françaises sont pratiquement épuisées et que l'on vient de prendre la décision de ne pas renouveler les concessions. Dans le même esprit il suffirait de se mettre au même niveau technique que la Suisse pour que la combustion des ordures ne soit pas tributaire à 35 % du gaz naturel. Les orientations proposées pour la production de chaleur que l'on vient d'exposer pourraient valablement être mises en place prioritairement aux coûteuses isolations des bâtiments existants. La pompe à chaleur serait utilisée, dans un premier temps, en relève de chaudière à gaz, le temps que se mette en place une isolation à minima permettant de fonctionner ensuite en substitution de chaudière. Une telle orientation permettrait de diminuer nos importations de gaz. Les technologies de chauffage thermodynamique progressent en Europe : on peut maintenant assurer la fourniture de l'eau chaude à une température supérieure au besoin (90 °C) pour des puissances thermiques importantes allant jusqu'à 2 600 kW et ceci avec des COP modestes de 3 suffisants pour assurer leur rentabilité. Il progresse aussi pour la raison que l'énergie prélevée dans l'environnement par ces pompes à chaleur pour se chauffer peut provenir d'une eau qui est déjà assez froide. C'est ainsi que les 60 000 habitants de la ville de Drammen, située près d'Oslo en Norvège, une région pourtant froide en hiver, prélèvent dans leur fjord une eau à 6 °C afin de se chauffer en hiver avec ces techniques. Il n'est pas impossible que la température de la Seine en hiver soit supérieure à cette valeur avec le réchauffement climatique ! Le chauffage urbain thermodynamique urbain n'est pas en reste en Allemagne avec les pompes à chaleur haute température *eau eau* Thermea, fonctionnant au CO<sub>2</sub> et pouvant atteindre des puissances de 1 000 kW. Ces modes de chauffage commencent à être utilisés chez notre voisin pour le chauffage urbain en remplacement des chaudières collectives traditionnelles. Il est important de dire que les chaînes énergétiques décrites dans les deux colonnes de droite du tableau précédent sont assurément plus intelligentes pour le chauffage urbain que la combustion du pétrole ou du gaz. Ceci pour les raisons suivantes :

- Les forages nécessités par la géothermie profonde et a fortiori ceux de l'aquathermie superficielle sont moins complexes et moins coûteux que ceux nécessités par l'exploitation du gaz de schiste du fait des pressions très élevées et de la partie forée horizontalement.
- Alors que la technique d'exploitation du gaz de schiste par fracturation rocheuse nécessite l'injection d'énormes quantités d'eau chargées de sable et, semble-t-il, de produits chimiques qui risquent de polluer les nappes libres et captives qu'elle traverse, force est de constater que le chauffage thermodynamique aquathermique des nappes libres ou celui de la géothermie des nappes captives et profondes ne présente pratiquement aucun risque. Le chauffage thermodynamique aquathermique des nappes libres présentant même la possibilité de dépolluer les nappes d'eau superficielles avec les PAC *eau eau*.
- On ne voit pas comment la France pourrait respecter ses engagements européens de réduction des gaz à effet de serre (GES) en continuant à utiliser la combustion du gaz. Ceci même s'il est reconnu que la combustion du gaz naturel génère moins de GES que le charbon ou le fioul.

De tous les modes de chauffage, la géothermie profonde est incontestablement la championne pour notre environnement et la qualité de l'air puisqu'elle ne génère pas de gaz à effet de serre et ne consomme que très peu d'énergie finale. De même l'aquathermie superficielle ne nuit pas à la qualité de l'air dans les villes, comme cela est le cas avec les gaz brûlés de la combustion.

Reste la production éventuelle d'électricité avec la « géothermie très profonde ». L'Alsace, région pionnière dans le domaine de cette géothermie depuis la mise en place de la première installation expérimentale d'Europe à *Soutz-sous-Forêt*, dans le Bas-Rhin, se dote à Strasbourg d'une filière de formation universitaire dédiée à cette énergie. Une seule limitation pourrait être le fait que cette énergie profonde sous forme d'eau très chaude ne serait malheureusement pas renouvelable de l'avis de certains experts. Ceci par le fait qu'elle ne bénéficierait pas de l'apport solaire. Cette eau chaude est pompée, dans le cas de *Soutz-sous-Forêt*, par deux puits de production qui vont la chercher à 5 000 mètres de profondeur, où sa température est de 200 °C, la pression la maintenant à l'état liquide. Arrivée en surface à 180 °C, elle se détend et passe à l'état de vapeur, alimentant des turbines à gaz entraînant un générateur électrique raccordé au réseau. L'eau est ensuite réinjectée dans le sol par un puits central. Le débit de la boucle est de 120 m<sup>3</sup>/heure, ce qui permet de produire 1 500 kW de puissance électrique et ce sans CO<sub>2</sub>. La région Alsace disposerait aussi d'un potentiel important, avec des réservoirs d'eau à 100 °C voire plus, dès 1 000 mètres de profondeur. Cette température, qui ne permettrait probablement pas de produire de l'électricité, serait par contre suffisante pour assurer le chauffage urbain. Cette décision de la région du Bas-Rhin d'investir dans la géothermie profonde plutôt que dans le chauffage thermodynamique aquathermique de surface pour assurer le chauffage de l'habitat doit être dissocié de l'expérience malheureuse de *Lochwiller*. Le cas *Lochwiller* est heureusement un cas isolé, provoqué par des conditions très particulières. En effet, lorsque la foreuse a traversé une couche d'argile étanche, il y a eu une remontée d'eau jusqu'à une couche d'anhydrite située au-dessus de cette couche d'argile. Cette roche, l'anhydrite, a la particularité de se transformer en gypse en présence d'eau. Cette transformation s'effectuant avec accroissement de volume, elle a provoqué les soulèvements de terrain que l'on connaît. Il n'y aurait heureusement, selon la carte du BRGM, que deux gisements d'anhydrite en France, ce qui conférerait au cas *Lochwiller* un caractère exceptionnel.

### Le chauffage thermodynamique superficiel limite le réchauffement climatique

Alors que la combustion réchauffe notre environnement, le chauffage thermodynamique utilisant l'aquathermie superficielle le refroidit localement, particularité favorable à la préservation de *l'écosystème rivière*. Un rejet à une température trop élevée dans la nappe libre entraîne, en effet, inévitablement une teneur en oxygène dans l'eau rejetée trop faible et une accélération microbienne non négligeable.

Énergie	Combustion				Géothermie profonde	Thermodynamique
	Houille	FOD	GN	Ordures*	Eau chaude des nappes captives	Eau froide des nappes libres Pompe à chaleur
<b>Grammes de CO<sub>2</sub> par kWh produit</b>	1 075	466	242	170	Pas de GES	180/COP**

Ce tableau compare les capacités de nuisance pour le réchauffement climatique en termes de génération de gaz à effet de serre pour les trois modes de chauffage urbain envisagés précédemment.

\*Valeur valable en France où seulement 60 % à 70 % de l'énergie est obtenue par la combustion des ordures, le complément étant assuré par le gaz ou le fioul pour entretenir la combustion.

\*\*Voir la pompe à chaleur et son environnement.

Les deux centrales thermiques de 40 MW unitaires installées en bordure de la ville de Zurich sont basées sur la combustion du bois pour l'une et des ordures ménagères pour l'autre. Celle utilisant la *combustion* des ordures présente un avantage par rapport aux centrales de la Compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU), notamment celle de la centrale d'Issy-les-Moulineaux : Elle n'a pas besoin d'un apport de gaz pour assurer la combustion des ordures du fait de l'air pulsé à la partie inférieure du foyer.

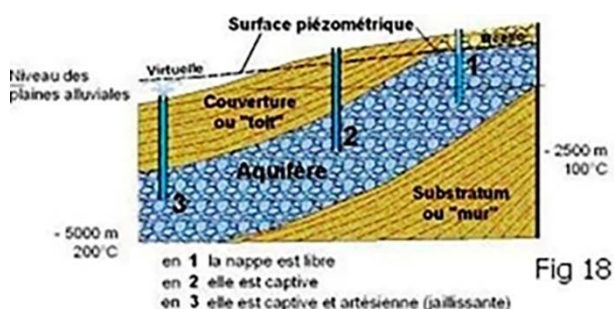


Centrale de 40 MW assurant le chauffage urbain par la combustion des ordures dans la proche banlieue de Zurich

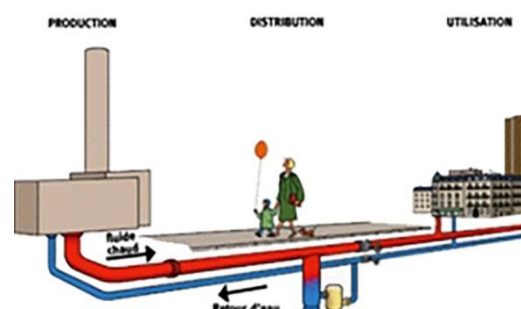
Ceci alors que 30% de l'énergie produite voire plus sont nécessaire à la **centrale Sycotm** d'Issy les Moulineaux pour entretenir la combustion probablement d'un tri amélioré dans la récolte des ordures.

Le chauffage central longtemps inexistant dans beaucoup de maisons anglaises pourrait bien naître sous la forme de ce chauffage urbain thermodynamique. C'est en effet à Glasgow, au Royaume-Uni, que sont montées, sous l'impulsion du groupe Emerson, les grosses pompes à chaleur *eau eau* « *Neatpump* » destinées au chauffage urbain. Les modes de chauffage urbain mentionnés dans les deux colonnes de droite du tableau précédent ont deux objectifs :

- préserver notre environnement ;
- réduire le prix du kWh rendu dans l'espace de vie de l'utilisateur final.



Les forages 1 au niveau des plaines alluviales sont du domaine de l'aquathermie superficielle. Ils mettent en jeu des pompes à chaleur destinées à une maison ou un immeuble. Dans les villes où la surface manque, ils pourraient être évités en prélevant l'eau directement dans le fleuve ou la rivière. Dans le cas de la géothermie profonde 2 (eau chaude) ou très profonde 3 (vapeur d'eau surchauffée), un seul forage suffit à alimenter un quartier entier comprenant de nombreux immeubles.



Avec le chauffage urbain utilisant la combustion des ordures ménagères, tel que cela se pratique par exemple en région parisienne (CPCU) et en Suisse, l'eau chaude alimentant les immeubles est générée par une centrale de production. Sa distribution est assurée par un réseau de tuyauteries particulièrement bien isolées thermiquement (similaire à celui prévu pour la géothermie profonde).

A noter qu'il n'est pas nécessaire d'isoler les **nouveaux réseaux** d'eau non potable proposés dans nos cités par l'auteur dans le cadre de la « *Solar Water Economy* ». Ceci par le fait que l'eau circulant dans ces réseaux est à une température proche de celle régnant dans le sous-sol.

« *Il vaut mieux faire partie de ceux qui établissent les règles plutôt que d'être de ceux qui font le choix de les adopter.* » Le secrétaire général de l'OCDE