

Questions réponses au sujet des pompes à chaleur

Lorsqu'une copropriété souhaite implanter une chaufferie collective moderne permettant de générer des EnR thermiques en prélevant l'énergie dans l'air ou l'eau lorsqu'elle est disponible en quantité suffisante à proximité de l'habitation, de nombreuses questions peuvent se poser. Ce chapitre tente d'y répondre

Comment tirer profit d'une pompe à chaleur dans un immeuble

L'eau n'est malheureusement pas toujours disponible à proximité du logement à chauffer mais il est reconnu que les pompes à chaleur sur nappe ont un meilleur rendement que les autres types de pompe. Des COP de 5 à 6 (un kWh électrique payant pour 5 à 6 kWh pratiquement gratuit) peuvent être obtenus avec ce type de pompes à chaleur. Toutefois, pour tirer avantage de l'implantation d'une pompe à chaleur dédiée au chauffage collectif d'un immeuble à usage d'habitation et réaliser des économies conséquentes, il est nécessaire de se plier à certaines règles collectives. Ces règles n'affectent heureusement pas le mode de vie et le confort des copropriétaires : D'une façon générale, et quel que soit le mode de chauffage, la demande de chauffage d'un bâtiment est déterminée principalement par son enveloppe. Cette remarque est particulièrement importante dans le cas du chauffage thermodynamique. Le fait de ne pas chauffer certains appartements n'amène aucun avantage. Cela réagit en effet négativement sur la consommation et le comportement de la régulation de la pompe à chaleur. Si par exemple 50% des copropriétaires sont absents et ferment les robinets à l'entrée de leurs radiateurs, cela ne conduit pas à diviser par deux les frais de chauffage. Au contraire, les dépenses d'énergie pour la pompe à chaleur vont augmenter pour la raison que les pertes thermiques du bâtiment devront être couvertes avec la moitié de la surface de chauffe donc avec une température d'eau dans les radiateurs plus élevée ce qui est préjudiciable au rendement de la pompe à chaleur. De plus, en cas d'humidité dans un immeuble, l'humidité du bâtiment passe des locaux chauffés vers ceux qui ne le sont pas. La conséquence est la formation de moisissures sur les murs extérieurs des pièces non chauffées près des fenêtres. Mais il est aussi prouvé par le calcul et l'expérience que l'on ne peut obtenir de bons rendements et des COP de 5 à 6 voire plus qu'avec des radiateurs basse température grande surface assurant les transferts thermiques utiles pour environ 45°C. Les radiateurs des immeubles anciens utilisant un combustible fossile fioul ou gaz fonctionnent actuellement avec des températures d'eau sensiblement plus élevées (parfois proches de 70°C en hiver, soit avec une différence de 50°C entre la température du radiateur et la température ambiante de 20°C dans la pièce). On s'accorde heureusement à dire que dans ces immeubles anciens, le réseau de chauffage est souvent surdimensionné et que, pour peu qu'il y ait une amélioration sensible de l'isolation avant implantation de la pompe à chaleur, les radiateurs d'origine sont compatibles (Voir revue particulier à particulier). Il convient toutefois d'être prudent et de réaliser une mesure de la température de l'eau dans les radiateurs en hiver après avoir effectué l'isolation préalable de l'immeuble. Cette mesure peut être confortée par un calcul préliminaire effectuée par un thermicien. A défaut de prévoir une coûteuse vêtue isolante assurant une isolation extérieure de l'immeuble des murs opaques, le calcul prouve qu'une isolation correcte des parties horizontales (terrasses et plafonds de caves) ainsi que des ouvertures (double vitrage sur l'ensemble des fenêtres et portes fenêtre) permettent de réduire notablement la consommation d'énergie en kWh dans le cas des immeubles anciens assez mal isolés. La logique voudrait que l'on privilégie le choix d'isolants ayant une résistance thermique R (m^2 et °C/Watt) aussi élevée que possible. Le coût des matériaux est en effet relativement faible par rapport à la main d'œuvre et surtout par rapport au prix du combustible.

Tribune libre

Questions	Réponses
<p>1 Au moment où l'homme s'inquiète du réchauffement climatique et espère limiter celui-ci à 2°C sur l'ensemble de notre planète en modifiant son mode de vie, l'arrivée du chauffage thermodynamique a-t-elle une influence positive ou négative ?</p>	<p>On s'accorde à dire que 80% de l'énergie consommée sur terre provient de la combustion des carburants d'origine fossile et que cette combustion est à l'origine de près de 60% des émissions de gaz à effet de serre responsable du réchauffement climatique. Les centrales nucléaires qui augmentent la température de la source chaude pour améliorer leur rendement bien modeste ne sont pas également à l'abri de tout reproche vu l'importante quantité d'énergie thermique importante qu'elles dissipent en pure perte dans l'environnement. Les performances d'une pompe à chaleur, à l'inverse d'une centrale nucléaire, s'améliorent lorsque la température de la source chaude diminue. D'autre part, le flux thermique qu'envoie le chauffage thermodynamique vers son environnement, l'air, le sol ou l'eau selon le mode de fonctionnement de la pompe à chaleur refroidit celui-ci au lieu de le réchauffer. Elles ont de ce fait un effet plutôt positif sur l'évolution de notre climat</p>
<p>2 On parle de pompe à chaleur (PAC) en relève de chaudière dans le cas des PAC aérothermique. Qu'est-ce que cela signifie ?</p>	<p>On dit qu'une PAC fonctionne en relève de chaudière lorsque la chaudière assure le chauffage pendant la période la plus rigoureuse de l'hiver la PAC assurant cette fonction le reste de l'année. Il y a deux notions dans les termes « relève de chaudière »,</p> <ul style="list-style-type: none"> - La première est une notion de <i>secours</i> en cas de panne sur la pompe à chaleur, le <i>secours</i> pouvant d'ailleurs se faire dans le sens contraire en cas d'incident sur la chaudière. - La deuxième est le fait que le dispositif limite la combustion et les émissions de la chaudière. Il réduit les frais de chauffage si l'on considère qu'il n'est pas de l'intérêt de l'utilisateur de faire travailler la pompe à chaleur par des températures extérieures trop basses.
<p>3 Lorsqu'il est question d'implanter une pompe à chaleur en substitution d'une chaudière conventionnelle à combustion on parle de retour sur amortissement allant de 4 à 20 ans et le maître d'œuvre a du mal à se faire une opinion valable à ce sujet. Qu'en est-il</p>	<p>Le retour économique (ROI) d'une pompe à chaleur est établi par rapport à une situation de départ. Il n'est pas uniquement fonction du montant de l'investissement initial et du rendement parfois médiocre de l'ancienne chaufferie. D'autres facteurs interviennent dans le calcul : Le retour économique est d'autant plus long que l'habitation considérée est bien isolée. Il faut aussi considérer que l'augmentation prévisible du coût de l'énergie primaire diminue le temps de retour économique ce qui va probablement favoriser l'émergence de EnR. La notion faisant intervenir le volume de l'habitation et la température moyenne extérieure régnant dans la zone climatique où elle est implantée est également importante pour évaluer les performances prévisibles de la PAC et sa rentabilité</p> <p>Toutes ces notions diffèrent selon chaque cas particuliers et</p>

L'avenir m'intéresse

exactement ?	expliquent pourquoi le retour économique peut être très différent d'un cas sur l'autre
<p>4 L'implantation des PAC à compression <i>aérothermique</i> ou <i>aquathermique</i> en remplacement du chauffage électrique conventionnel dans les immeubles anciens ne serait-elle pas une solution d'avenir pour diminuer la consommation électrique et résoudre les problèmes sociaux du chauffage ?</p>	<p>Cela dépend de leur conception. Les PAC <i>air air</i> et <i>air eau</i> à compresseur, assez bruyantes, fonctionnent rarement en dessous de 0°C. Leur implantation, particulièrement les PAC <i>air air</i> est inenvisageable dans les immeubles mal isolés en raison de l'inconfort qu'elles entraînent. De plus leurs performances sont modestes avec des COP allant de 2 à 3,5 pour les modèles <i>air eau</i> raccordable à une installation eau existante. Il n'en est pas de même des pompes à chaleur à compression <i>eau eau</i>. Leur conception avec un circuit d'eau chaude sur le circuit secondaire permet d'envisager de les faire fonctionner en remplaçant les convecteurs électriques individuels par des radiateurs hydrauliques basse température. Lorsque l'on sait que selon EDF près de la moitié de l'électricité produite en France est consommée pour le besoin domestique des ménages on mesure l'intérêt de cette solution. Ceci d'autant plus que le chauffage de l'habitation et la fourniture de l'eau chaude sanitaire sont les postes les plus énergivores du ménage avec l'alimentation en carburant du véhicule. Ces considérations nous aident à comprendre ce que pourrait être la transition énergétique tant attendue mais encore mal définie. En raison de la crise actuelle, le passage au chauffage collectif thermodynamique en remplacement du chauffage électrique individuel est une révolution qui pourrait commencer à occuper les esprits. Cette orientation nous auraient permis de respecter nos objectifs de 20% d'EnR à l'horizon 2020 en termes d'énergie renouvelable si nous avons commencé à agir il y a 5 ans. Les contraintes d'implantation d'une pompe à chaleur à compression <i>eau eau</i> restent raisonnables : Elles sont de deux types : S'assurer à l'occasion d'une étude de faisabilité de la présence d'une nappe d'eau courante dans le sous-sol ayant un débit suffisant pour assurer le bon fonctionnement de la PAC. S'assurer en plus que les deux forages aspiration et rejet sont distant d'au moins une bonne dizaine de mètres le rejet étant situé en aval. La possibilité de faire fonctionner ce type de PAC en substitution de chaudière devrait favoriser l'évolution progressive des mentalités vers les pompes à chaleur de ce type dans la rénovation de l'ancien. Elles pourraient être considérées dans un proche avenir comme un chauffage électrique moderne doté de performances 4 à 7 fois supérieures à celles d'un convecteur électrique, l'évolution vers ces techniques ne se limitant probablement pas longtemps à la génération d'eau chaude sanitaire.</p>
<p>5 Lorsque l'on parle du fluide caloporteur des pompes à chaleur (PAC) à</p>	<p>Il faut comprendre que le circuit hydraulique du fluide caloporteur d'une pompe à compresseur bien conçu est parfaitement étanche par rapport au milieu extérieur. Avant la mise en route, le constructeur s'assure de la bonne étanchéité du circuit avec une pompe à vide en éliminant toute trace d'eau dans le circuit. Il faut</p>

L'avenir m'intéresse

<p>compression on évoque souvent leur dangerosité en termes de gaz à effet de serre (GES)</p> <p>Qu'en est-il?</p>	<p>aussi considérer que les nouveaux fluides caloporteurs du type R134a ou R410a de la famille des HFC (hydrofluorocarbure) et le gaz carbonique (R744) pressenti pour la haute température portent moins atteinte à l'effet de serre que les anciens R12 de la famille de CFC (Chlorofluorocarbure) d'ailleurs maintenant interdit car destructeur de la couche d'ozone. Compte tenu de l'enjeu que représente ce mode de chauffage et des volumes de fluide caloporteur plus importants que sur les petites PAC individuelles une inspection périodique des grosses PAC est imposée aux constructeurs dans les contrats d'entretien.</p>
<p>6 Quel peut-être la durée de vie d'une PAC à compresseur ?</p>	<p>L'élément sujet à usure dans une pompe à chaleur à compresseur est précisément le compresseur. La qualité de la lubrification des pièces métalliques tournantes semble être le facteur essentiel conditionnant sa tenue dans le temps. Viennent ensuite des facteurs moins importants tels que sa vitesse d'entraînement, le mode de marche, l'entretien et la filtration des fluides. Le compresseur est garanti plusieurs années par les constructeurs (5 ans par certains constructeurs). Ceci dit, sur les PAC de forte puissance comprenant plusieurs compresseurs et particulièrement lorsqu'ils sont identiques, l'utilisateur peut utilement négocier lors de la signature du contrat initial l'achat d'un compresseur de rechange à bas prix qui pourrait être bien utile en cas d'incident survenant après la période de garantie. Une PAC correctement entretenue et respectant les normes <i>QualiPac a</i>, selon l'<i>AFPAC</i>, une durée de vie supérieure à 15 ans</p>
<p>7 L'efficacité d'une PAC à compresseur est-elle affectée par le fait que les radiateurs hydrauliques sont dimensionnés dans l'ancien pour la haute température? (Voir les émetteurs thermiques page 383)</p>	<p>OUI. Le coefficient de performance (COP) d'une pompe à chaleur est inévitablement affecté par une augmentation de la température de la source chaude. Le réseau de chauffage hydraulique des habitations anciennes est heureusement souvent surdimensionné le besoin en température dans les radiateurs n'excédant pas 70°C (50 °C au-dessus de la température requise dans les pièces de vie). Diminuer les déperditions thermiques en améliorant l'isolation présente deux avantages :</p> <p>Elle diminue la dépense lors de l'achat des combustibles.</p> <p>Elle améliore l'efficacité de la PAC à compresseur qui voit son efficacité (COP) augmenter</p> <p>En dernier ressort, l'adoption de radiateurs basse température ayant une surface de chauffe plus importante permet, en abaissant encore la température requise dans les radiateurs d'améliorer encore le COP et de diminuer à nouveau la dépense combustible.</p>
<p>8 Quelle est l'influence des échangeurs de température à contre-courant sur l'efficacité d'une PAC à compresseur ?</p>	<p>Même avec des échangeurs à plaque à contre-courant bien isolés aux performances excellentes, une différence de température entre l'entrée et la sortie au primaire ainsi qu'au secondaire de l'échangeur est inévitable pour assurer les transferts thermiques. Cette différence même modeste augmente sensiblement la température de la source chaude et affecte légèrement les performances de la pompe à chaleur</p>

L'avenir m'intéresse

<p>9 Le fait que l'eau gèle à 0°C n'est-il pas un inconvénient pour la PAC aquathermique ?</p> <p>De même le fait que de l'eau soit incluse dans l'air à l'état de vapeur du fait de l'humidité relative de l'air présente-t-il un inconvénient pour les PAC aérothermique ?</p>	<p>Oui, il faut rester vigilant avec la PAC aquathermique.</p> <p>La température sur l'exhaure d'une telle PAC sur nappe est heureusement toujours supérieure à 10°C alors qu'une température de 8°C est souvent admise comme encore acceptable par les constructeurs de pompe à chaleur. Quant aux réseaux d'alimentation en eau non potable venant des fleuves et aux infrastructures éventuelles à venir, la chaufferie hybride est capable de se sortir d'un mauvais pas même si le fleuve devait geler ce qui est d'ailleurs peu probable maintenant vu le réchauffement climatique !</p> <p>Quant aux constructeurs de PAC aérothermique <i>air eau</i>, ils ont, lorsque l'humidité relative de l'air est importante, solutionnés le PB du givrage sur les ailettes de l'évaporateur sans trop affecter le COP de la pompe à chaleur. La formation de glace en terrasse qui peut en résulter (Voir page 88) est un inconvénient qui peut être maîtrisé par la chaufferie hybride la combustion pouvant utilement prendre le relais du chauffage thermodynamique aux températures proches de 0°C (voir page 414).</p>
<p>10 Est-il possible de faire fonctionner les PAC à compresseur alimentant un réseau de radiateurs hydrauliques en mode climatisation pendant l'été?</p>	<p>NON, un tel système est conçu pour faire du chaud quand il fait froid mais pas du froid quand il fait chaud. En remplaçant les radiateurs hydrauliques habituels par des radiateurs hydrauliques type ventil-convecteur on peut toutefois obtenir un rafraîchissement des locaux moyennant une légère augmentation du niveau sonore. La tenue des tuyauteries dans le temps est aussi un obstacle au mode climatisation avec les radiateurs hydrauliques. A noter que la climatisation est par contre possible et même couramment utilisée en zone climatique H3 (Voir pages 73 et 281) avec les PAC <i>air air</i> dans le neuf en raison des gaines d'air et du climat méditerranéen.</p>
<p>11 Quelle est l'évolution prévisible des PAC à compression en rénovation dans l'habitat urbain ancien?</p>	<p>Lorsque le mode de chauffage existant est collectif et utilise des chaudières au fioul ou au gaz, les PAC à compression <i>air eau</i> et particulièrement <i>eau eau</i> ont une place à prendre à l'occasion de la rénovation thermique de l'habitat urbain pour plusieurs raisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isolation thermique souvent médiocre dans l'ancien améliorant le retour sur investissement (ROI) - Investissement de départ par foyer fiscal plus faible que pour une maison individuelle, cette remarque étant particulièrement valable pour les PAC sur nappe, les frais de forage ou l'alimentation communale en eau non potable étant répartis sur de nombreux copropriétaires - des frais d'exploitation réduits en proportion de leur COP par rapport au chauffage électrique individuel par convecteur à effet joule
<p>12 Les PAC à compression aérothermique (<i>air-eau</i>) et</p>	<p>Les PAC à compression <i>air-eau</i> et <i>eau-eau</i> ont peu d'influence sur la ventilation de l'immeuble. De plus le renouvellement naturel de</p>

L'avenir m'intéresse

<p><i>aquathermique (eau-eau)</i> sont-elles dépendantes de la solution retenue pour la ventilation de l'immeuble?</p>	<p>l'air intérieur d'un immeuble n'a que peu d'influence sur la puissance utile. Ce n'est par contre pas le cas des PAC aérothermique <i>air-air</i> avec leurs gaines d'air chaud (ou froid si la PAC est en mode climatisation) pour lesquelles la ventilation est beaucoup plus liée à la conception du système de chauffage.</p>
<p>13 Quand est-il des PAC à compresseur dans l'habitat neuf au moment où la réglementation thermique RT 2012 va rentrer en application avec des nouvelles normes de qualité environnementales très exigeantes ?</p>	<p>Selon le journal le Monde l'évolution actuelle dans les logements <u>neufs</u> à très basse consommation énergétique ayant un coefficient proches de 50 kWh/m² est vers le « tout gaz ». Après une période de « tout électrique » il est difficile d'expliquer cette nouvelle orientation si ce n'est par des raisons financières : investissement de départ réduit et coût du kWh thermique gaz raisonnable. Dans l'<u>ancien</u>, la solution combinant ces deux fluides au sein d'une chaufferie hydride semble toutefois être la bonne solution dans la mesure où l'adjonction d'un complément <i>EnR</i> est la première étape conduisant à l'abandon progressif des produits fossiles sans que cela n'affecte le retour sur investissement.</p>
<p>14 Les PAC à compresseur sont-elles bruyantes?</p>	<p>NON pour les PAC aquathermique. L'organe le plus bruyant d'une pompe à chaleur aquathermique est précisément le compresseur. S'il est bien insonorisé avec capotage, manchon au refoulement et plots élastiques sous le châssis moto pompe, il peut être moins bruyant que la soufflante du brûleur d'une ancienne chaudière fioul. Reste l'évaporateur des PAC aérothermiques plus bruyant, pour lequel le Maître d'œuvre doit être vigilant et demander valeur au constructeur de la PAC (Ceci pour respecter des normes sonores dans l'habitat)</p>
<p>15 L'efficacité d'une PAC à compresseur plus souvent nommée coefficient de performance (COP) est-elle affectée par la température extérieure au logement qui peut varier différemment en hiver selon sa situation géographique avec les zones climatiques et la notion de degrés jours unifiés (DJU)</p>	<p>Cela dépend du mode de prélèvement de l'énergie renouvelable dans l'environnement.</p> <p>La réponse est OUI avec les pompes à chaleur <i>aérothermique</i> dont le rendement est affecté par la diminution de la température de l'air extérieur. Ce type de PAC est à éviter dans les régions froides où la température trop souvent négative en hiver diminue les performances en raison des phénomènes de givrage sur l'évaporateur. Utilisées en région à hiver doux (Bretagne ou pourtour méditerranéen) elles sont véritablement efficaces lorsqu'elles sont couplées à une autre énergie qui prend le relais pendant les périodes les plus froides.</p> <p>La réponse est NON avec les pompes à chaleur <i>aquathermique</i> aux performances près de deux fois supérieures aux PAC aérothermiques par le fait qu'elles bénéficient d'une température de l'eau le plus souvent constante à la source froide et qu'elles ne sont plus de ce fait sujettes au givrage.</p> <p>(Voir performances des pompes à chaleur page 77)</p>
<p>16 On parle aussi de PAC <i>sol eau</i> avec champs de sondes géothermiques verticales ou horizontales.</p>	<p>Ces PAC assurent l'échange thermique avec le sol. Le problème des villes est le manque de place et de terrain et la forte densité urbaine. Pour cette raison ces deux types de PAC ont peu de chance de se développer en ville. Particulièrement les PAC à sondes géothermiques horizontales qui nécessitent une surface de terrain</p>

L'avenir m'intéresse

<p>Qu'en est-il exactement ?</p>	<p>égale à environ deux fois la surface à chauffer. Ce type de PAC est parfois envisageable pour une construction neuve en solution sondes verticales. A noter qu'avec ce type de PAC le fluide caloporteur de la pompe à chaleur à l'état gazeux et à très basse température circule dans les sondes en refroidissant le sous-sol avant de revenir au compresseur de la PAC. Du fait de l'amélioration des transferts thermiques, le nombre de sondes est plus réduit lorsque les forages sont réalisés dans un sous-sol comprenant un aquifère même si celui-ci est de mauvaise qualité. Avec un COP proche de 4 ses performances se situent entre les PAC aérothermiques <i>air eau</i> et aquathermique <i>eau eau</i>. L'inconvénient de cette solution est le surcoût des forages et la pose de nombreuses sondes à des profondeurs souvent importantes.</p>
<p>17 Le manque de terrain et la forte densité de population en ville n'est-il pas un obstacle au développement du chauffage thermodynamique aquathermique en ville ?</p>	<p>Oui effectivement. L'encombrement des foreuses et le manque de place en ville ne favorise pas le forage de l'exhaure puisant l'eau dans la nappe phréatique ainsi que celui du rejet évacuant l'eau en sortie de l'évaporateur. La solution qui permettra d'introduire le chauffage thermodynamique dans le cœur de nos cités est probablement municipale. Elle consistera à mettre en œuvre des pompes à chaleur de forte puissance sur un terrain communal situé au barycentre des bâtiments à chauffer et alimentées en eau froide non potable (EFNP) par un réseau de tuyauteries non calorifugées circulant dans les égouts. Les échangeurs à plaques modernes sont en effet capables de développer dans de bonnes conditions des puissances thermiques importantes compatibles avec le besoin (Voir tableau page 101). Un deuxième réseau de tuyauteries calorifugées mais cette fois d'eau chaude non potable (ECNP) comparable au réseau de la compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU) étant mis en place pour alimenter les immeubles en eau chaude. L'eau chaude sanitaire (ECS) étant élaborée localement.</p>
<p>18 Il est prouvé que certaines pompes à chaleur prélevant l'énergie thermique dans l'air restent encore efficaces lorsque la température chute à -20°C. Cela ne vous semble-t-il pas incompréhensible et contraire à toute logique ?</p>	<p>Cela peut effectivement sembler surprenant mais n'est aucunement en contraire aux lois de la physique élémentaire. Pour comprendre cela, il suffit de savoir que si l'air rentrant dans l'évaporateur à ailettes à -20°C sort à -30°C après avoir été refroidi par le fluide frigorigène de la PAC, l'énergie thermique renouvelable reçue par la pompe à chaleur est égale au signe près à la quantité de chaleur que le fluide caloporteur a émis pour refroidir l'air ambiant.</p> <p>Les PAC aquathermiques ont certes des performances améliorées par rapport aux PAC aérothermiques mais ces dernières n'ont pas dit leur dernier mot vu leur potentiel de performance énergétique important sur le plan théorique (Voir les courbes de la page 87).</p>

L'avis des Lutins thermiques

Les PAC *air air* prélèvent l'énergie thermique dans l'air et soufflent de l'air chaud dans le logement. Les PAC *air eau* prélèvent également l'énergie thermique naturelle dans l'air mais réchauffent l'habitation à la source chaude avec l'eau. Quant aux PAC *eau eau* elles utilisent l'eau sur les deux sources froide et chaude pour assurer les transferts thermique de l'environnement vers l'habitation. Balandard a bien appris tout cela des Lutins thermiques et l'a compris. Il a eu beaucoup plus de mal comprendre le fonctionnement des PAC *sol sol* ou *gaz gaz* dans le cadre du chauffage thermodynamique. Il faut dire qu'en mélangeant le contenant et le contenu dans le cas des PAC *sol sol* nos spécialistes ont introduit le mélange des genres et ont rendu nébuleux ce qui demande seulement explication et relève pour finir du bon sens. L'interprétation physique qui peut être donnée par les Lutins des PAC *sol sol* pour ce chauffage de l'habitat pourrait être celui-ci :

- Le premier mot *sol* signifie que l'évaporateur de la pompe à chaleur prélève directement l'énergie renouvelable dans le sol avec selon la solution retenue à la source froide des capteurs horizontaux ou verticaux appelés champs de sonde (Voir 1^{ère} figure pages 86. Ils comprennent en effet que le fluide frigorigène puisse être utilisé pour refroidir le sol même s'ils sont convaincus que les échanges thermiques sont améliorés si le sol est imprégné d'eau. Ils sont en effet convaincus que l'eau restera le véhicule thermique par excellence à la fois sur les sources chaude et froide privilégiant la PAC aquathermique *eau eau*. Ceci particulièrement pour le collectif dans l'ancien et en ville en raison de son excellent rendement et de son faible niveau sonore.

- Le deuxième mot *sol* correspond semble-t-il selon les Lutins au fait que le fluide caloporteur circulant le plancher chauffant, ce dernier est à la fois le sol du logement et le condenseur même de la pompe à chaleur

Quant aux PAC *gaz gaz* on comprend aisément qu'il s'agit du "tout gaz" en quelque sorte ce qu'il ne faut pas faire*. L'interprétation physique du contenu de ce raccourci faite par les Lutins conduit tout droit aux PAC à absorption (Voir page 159) aux performances modestes dans lesquelles l'énergie extérieure pour engendrer le cycle fermé de la pompe à chaleur est une énergie thermique obtenu par la combustion du gaz. Rien de bien différent pour finir des PAC à compresseur dans lesquelles l'énergie électrique d'entraînement des compresseurs est en fin de compte transformée en énergie thermique et récupérée. Quant à l'interprétation qui peut être faite du deuxième mot *gaz* ou bien le fluide caloporteur circule à l'état gazeux dans l'évaporateur ou bien plus probable il s'agit d'une centrale hybride associant la combustion à la thermodynamique. Les performances seront différentes mais quoiqu'il en soit, *air air*, *air eau*, *eau eau*, *sol sol*, ou *gaz gaz*, la chaîne énergétique sera toujours la même :

Planète terre > Source froide > Source chaude > Planète terre

**Rien n'empêche cependant une association gazière telle que Cogénove de verdir un peu son gaz en injectant dans le réseau existant du « biogaz » provenant des nouveaux centre de méthanisation (Voir page 204 l'avance de l'Allemagne à ce niveau). Le méthane c'est après tout du gaz naturel. Ce qui est important est l'idée que ces associations se font des avantages que la société peut retirer d'unir la combustion et le chauffage thermodynamique au sein d'une même chaufferie hybride. Ceci pour la collectivité et au sens le plus large avec les gaz à effet de serre, et aussi pour le particulier au sens plus restrictif de ses frais d'exploitation revus à la baisse. Ceci à condition toutefois que cela ne conduise pas à la PAC à absorption et ses performances plus que modestes au prétexte que le biogaz est un produit naturel. Et aussi par le fait que l'injection de ce « biogaz » reste marginale quantitativement par rapport au besoin.*