

## Vu par les Lutins



### Positif ou négatif ?

Le "Grenelle de l'environnement" s'est fixé pour objectif de favoriser la construction et la rénovation thermique des bâtiments pour les rendre à énergie dite « *positive* ». Il s'agit d'un objectif ambitieux puisque selon WIKIPÉDIA un bâtiment à énergie *positive* (BePOS pour reprendre une abréviation des « pros ») est un bâtiment produisant plus d'énergie qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Pour parvenir à cet objectif le Grenelle a mis en place une réglementation thermique *RT 2012* extrêmement exigeante pour les bâtiments neufs en précisant qu'ils devront tous être à énergie positive pour le chauffage en 2020. On peut légitimement se demander comment un bâtiment dit à « *énergie positive* » peut, en assurant le confort de ses occupants, produire plus d'énergie qu'il n'en reçoit. En pratique c'est en prélevant localement dans son environnement naturel immédiat une quantité d'énergie plus importante que la quantité d'énergie finale qu'il consomme que le bâtiment obtiendra ce résultat. Cela revient à dire qu'un bâtiment utilisant un chauffage thermodynamique ayant un COP modeste sur l'année de 2 peut déjà être pratiquement considéré comme un bâtiment à "*énergie positive*" puisque que l'énergie thermique qu'il prélève dans l'environnement pour compenser les déperditions dans le bâti est égale à la quantité d'électricité qu'il a consommée sur le réseau. Cela revient aussi à dire qu'un bâtiment équipé de panneaux solaire voltaïque qui produirait une quantité d'énergie électrique suffisante pour assurer le chauffage avec des radiateurs électriques serait pratiquement lui aussi un bâtiment à énergie *positive* !. Avec le peu d'espace disponible en ville, nous en sommes évidemment très loin. Cela revient aussi à dire qu'un bâtiment correctement isolé et équipé d'un chauffage thermodynamique moderne au COP optimisé de 6 ayant des panneaux solaires voltaïque fournissant annuellement 1/6 de l'énergie consommée est lui aussi pratiquement un bâtiment BePOS. Nous n'en sommes plus très loin. Pour parvenir à ce résultat on comprend qu'il est nécessaire que la classe d'isolation de ce bâtiment soit notablement améliorée et des artifices trouvés pour améliorer les performances du chauffage thermodynamique. Les Lutins ne sont toutefois pas convaincus qu'il soit indispensable que le bâtiment respecte les exigences de la *RT 2012* et a fortiori les dépassent pour pouvoir être à énergie dite « *positive* ». Ils estiment aussi, compte tenu du coût et de ses contraintes de mise en œuvre, que les exigences de la *RT 2012* ne pourront jamais être satisfaites après coup en zone urbaine dans les immeubles existants. Par contre, ils pressentent que des progrès importants sont à notre portée en ce qui concerne la génération vu le grand gâchis énergétique dans lequel nous nous sommes petit à petit enfoncés. Ces progrès sont tels à ce niveau qu'il n'est pas inenvisageable selon eux de commencer à voir apparaître dans la prochaine décennie l'apparition de bâtiments à énergie « *positive* » dans l'ancien sans qu'il soit nécessaire de prévoir 50 cm d'isolant sur les murs et des triples vitrages pour tenter de compenser les pertes. Ceci en passant sous-silence les ponts thermiques des balcons éventuels. S'ils veulent baisser leur charge à long termes les immeubles qui ont la chance de disposer de terrasses plates exposées au soleil ont probablement intérêt à faire le bilan des quantités d'énergie électrique solaire annuelle que le voltaïque peut produire compte tenu des surfaces disponibles en toiture, de la localisation du bâtiment et des orientations. La maison individuelle semble favorisée à ce niveau dans la mesure où la surface de la toiture

ramenée à la surface habitable est plus importante que dans le collectif. Un facteur important est toutefois au bénéfice des immeubles : La surface de déperdition ramenée au m<sup>2</sup> habitable est nettement plus faible que dans l'individuel. L'apparition d'habitations dite « passives » dans lesquelles la consommation énergétique est compensée par les apports solaires va-t-elle se produire dans l'individuel en banlieue des métropoles et en province préalablement au collectif dans les immeubles en zone urbaine ? Difficile à dire. L'exemple de la *maison ZEN* illustre ce qu'il est possible de faire dans l'individuel. Il prouve chiffre à l'appui que s'il n'est pas possible d'être continuellement indépendant du réseau électrique conventionnel par le fait qu'en hiver la production peine à assurer le besoin, il est toutefois possible que l'habitation produise plus d'énergie annuellement qu'elle n'en consomme puisqu'il a été constaté que sur 3 ans la production moyenne annuelle voltaïque de la maison ZEN a été légèrement supérieure à la consommation (9800 kWh contre 8900 kWh/an au compteur EDF). Cette réalisation a été rendue possible en améliorant d'une part, les performances de la génération thermique à l'aide de la pompe à chaleur à compresseur *air-eau* délivrant de l'eau chaude à des radiateurs type ventilo-convecteurs, et d'autre part au prix d'une isolation poussée deux fois supérieures aux exigences de la RT 2012 (25 kWh/m<sup>2</sup>). Dans cette réalisation, le faible niveau en besoin électrique de la PAC aérothermique *air-eau* utilisée aurait encore pu être amélioré en utilisant une PAC *aquathermique eau-eau* au COP amélioré. Cette remarque laisse à penser qu'avec la même implantation de panneaux solaires photovoltaïques on aurait obtenu un résultat comparable avec une isolation moins poussée. Comme on le voit, en raison des nouvelles classes d'isolation et de l'amélioration des performances du chauffage thermodynamique, l'idée selon laquelle il faudra toujours un minimum d'énergie « payante » pour assurer le chauffage et la fourniture de l'eau chaude sanitaire risque de devenir fautive avec les bâtiments dits "zéro énergie" (Passivhaus). Mais plutôt que de considérer le vaste système constitué par l'habitation et sa chaufferie dans son environnement, considérons maintenant chaque forme d'énergie prise isolément d'une façon plus restrictive. Les notions de « positif » ou de « négatif » moins scientifiques deviennent alors parfois plus subjectives.

### *Le négatif*

L'énergie thermique que le bâtiment *reçoit* en France est le plus souvent d'origine électrique ou d'origine fossile avec la combustion. Lorsque cette énergie thermique est d'origine électrique, elle provient en France du nucléaire, pays assurant environ 80 % de sa production par le nucléaire. Ceci en utilisant actuellement l'uranium, un « combustible » non renouvelable. Lorsque cette énergie thermique provient de la combustion des produits fossiles tels que le charbon, le pétrole, ou le gaz, chacun sait maintenant que ces combustibles sont dits "non renouvelables". Chacun d'eux a une équivalence thermique qui permet de quantifier la part d'énergie « dite négative ». L'équivalent thermique d'un litre de fioul ou de 1 m<sup>3</sup> de gaz naturel est de l'ordre de 10 kWh. Avec l'effet Joule, l'équivalent thermique de 1 kWh électrique est de 1 kWh thermique, pas plus. Contrairement à une idée encore répandue, les combustibles fossiles ne devraient plus maintenant être considérés comme indispensables pour produire l'énergie thermique nécessaire à notre confort quotidien. Heureusement d'ailleurs puisque la combustion de ces produits génère des gaz nocifs nuisibles à notre environnement, qu'ils sont sales (le transport du pétrole en mer pollue trop souvent celle-ci) parfois dangereux (le gaz peut exploser lorsque les règles

relatives à la distribution ne sont pas respectées). Difficiles à transporter sur de grandes distances en raison des conflits internationaux, plus rares et par voie de conséquence plus difficile à exploiter, sujet à des baisses et des hausses de prix successives ils deviennent petit à petit de plus en plus chers ce qui diminue de ce fait notre pouvoir d'achat. Seul le bois considéré en tant que combustible bénéficie encore d'une connotation écologique. Il n'est pourtant pas à l'abri de tout reproche. En tant que combustible, sa combustion génère aussi des gaz nocifs peu compatibles avec l'air un peu trop vicié de nos villes. Son utilisation à grande échelle pourrait conduire à moyen terme à une certaine déforestation incompatible avec l'élimination du CO<sub>2</sub> souhaitée pour limiter l'effet de serre. De plus sa livraison dans les rues déjà trop encombrées de nos quartiers poserait problème. Sont considérés aussi comme *négatives* les dérives du nucléaire civil vers le militaire. Est également considéré comme *négative* l'énergie électrique produite avec « l'uranium » que l'on devrait classer dans la catégorie des combustibles. Ceux qui considèrent l'énergie nucléaire comme "nuisible" ou ce qui revient un peu au même, comme négative sont la plupart du temps guidés dans leur jugement par la dangerosité d'un réacteur nucléaire et l'existence des déchets radioactifs. Ces déchets devraient heureusement aller en décroissant avec les nouvelles générations de réacteurs au fur et à mesure que les technologies évoluent.

### *Le positif*

L'énergie renouvelable prélevée par un bâtiment dans son proche environnement est dite *positive*. Ceci que cette énergie soit sous forme électrique avec le solaire voltaïque, ou sous forme thermique avec la thermodynamique échangeant les calories avec l'air (aérothermie) l'eau (aquathermie), ou le sol (géothermie). L'énergie solaire thermique avec le thermo solaire - est aussi une « *énergie positive* ». Sur le plan quantitatif c'est incontestablement l'énergie thermique prélevée par une pompe à chaleur dans son environnement qui présente le plus gros potentiel. Ceci que cette énergie *positive* provienne de l'air environnant, du proche sous-sol ou de l'eau contenue dans celui-ci. L'énergie thermique procurée par l'aquathermie profonde des nappes captives à haute température parfois produite par la commune est également *positive*, mais n'étant pas alimentée en calorie par le rayonnement solaire inopérant au-delà d'une vingtaine de mètres de profondeur, elle ne pourra probablement pas être associée au terme *renouvelable*.

L'énergie électrique produite par les éoliennes, les hydroliennes ou par les turbines à eau de nos barrages hydroélectriques est aussi considérée comme une énergie « propre et renouvelable ». Le problème est qu'elle est intégrée au même réseau que celui de l'électricité produite par le nucléaire ou par les turbines à gaz. De ce fait, elle n'est probablement pas pour cette raison suffisamment perçue comme "*positive*". Cette notion de signe donnée à l'énergie est, on le voit, à nouveau plutôt subjective, ce qui complique le chiffrage permettant de savoir si le bâtiment est globalement *positif* ou *négatif*. Prenons par exemple le cas d'une pompe à chaleur et de son bâtiment. L'énergie générée par la pompe à chaleur est exclusivement thermique. Pour produire cette énergie thermique nécessaire au chauffage de nos maisons et de nos immeubles, les pompes à chaleur ont besoin d'un complément d'énergie primaire qui peut être du gaz avec la PAC à absorption ou électrique avec les PAC conventionnelles modernes à compresseur. Ce complément d'énergie primaire payante est heureusement assez faible en valeur relative puisque que 1 kW (électrique ou gaz) payant peut - dans l'état actuel de la technique - produire à moindre frais 3 kWh

thermique avec les pompes aérothermique et jusqu'à 6 kWh avec les pompes aquathermiques.

Certains pays européens commencent à assimiler l'énergie électrique provenant du nucléaire comme la future énergie « verte » en Europe en lui donnant une connotation *positive* au motif que cette forme d'énergie ne pollue pas l'air ambiant et ne rejette dans l'atmosphère que de la vapeur d'eau. D'autres pays comme l'Allemagne, considérant la dangerosité potentiel des centrales nucléaires, ont une vision différente. Certains pays comme la Grande Bretagne, la Pologne et la France se refusent de classer le nucléaire dans le "*néгатif*" et la considère au pire comme un mal nécessaire. Après Fukushima beaucoup d'entre nous estiment que le kWh électrique provenant du nucléaire est "*néгатif*" de même qu'ils estiment "*néгатif*" le gaz consommé dans le cas de la PAC à absorption.

Quant à la pile à combustible, elle n'a pour tort que son nom et peut-être sa complexité. C'est en effet plutôt une réaction chimique qu'une combustion mettant en jeu l'hydrogène et des catalyseurs qui permettent à la pile à combustible de produire à la fois du courant électrique et de la chaleur. Lorsque la production d'hydrogène nécessaire à son fonctionnement ne consommera pas de combustible fossile et sera d'origine solaire et qu'elle produira à la demande de l'électricité directement réutilisée localement sur le site de production, alors, elle pourrait être considérée comme un moyen d'avenir et être classée globalement "*positive*" en raison de son excellent rendement énergétique et son caractère non polluant. Un tel dispositif est d'ailleurs en Fonctionnement en France sur l'île de Beauté. Bien que le bilan « *positif-négatif* » de la pompe à chaleur soit intéressant, le complément en énergie primaire même faible en valeur relative par rapport à l'effet joule, est encore loin d'être négligeable en valeur absolue et l'idée selon laquelle les PAC à compresseur pourraient augmenter notre dépendance au nucléaire si elles devaient être les seules à se développer sans un effort simultanée d'isolation du logement n'est pas totalement inexacte. Cette idée est en tout cas fautive si l'on ne considère que les bâtiments anciens mal isolés et équipés de chauffage électrique individuel à effet Joule. Les avantages que l'on peut retirer de la conversion de ces bâtiments anciens vers le chauffage thermodynamique collectif en remplacement de ces tristement célèbres radiateurs électriques individuels style « grille-pain » si coûteux à l'usage fussent-ils à inertie ou à accumulation ne peut être ignoré plus longtemps. Le fait que la pompe à chaleur à compresseur divise le besoin en électricité au prorata de son COP doit maintenant rentrer dans les esprits de chacun d'entre nous.

Pour résumer, on peut dire que l'énergie thermique naturelle (*EnR*) que le bâtiment produit en la prélevant dans son proche environnement peut être considérée comme "*positive*", alors que l'énergie qu'il perd par conduction au travers du bâti ainsi que l'énergie primaire qu'il consomme est à considérer comme "*néгатive*".

### *Le + ou le – scientifique*

La notion de « *positif* » ou de « *néгатif* » parfois subjective que l'on vient d'évoquer si l'on considère chaque forme d'énergie séparément est associée à la rigueur scientifique si l'on considère les interactions entre les différentes formes d'énergies au sein d'un même système. Ceci par exemple au sein du système composé par le bâtiment et sa chaufferie dans le contexte du principe de la conservation de l'énergie lorsque l'on considère les interactions des différentes formes d'énergies entre elles. Ou encore plus objectivement lorsque l'on considère le système formé par le fluide caloporteur de la pompe à chaleur et

## Vu par les Lutins

les différents flux thermiques reçus ou émis par celui-ci au cours d'un cycle. Dans ce cas, la notion de « positif » ou de « négatif » peut irréfutablement devenir uniquement scientifique. Le principe de la conservation de l'énergie, qui ne saurait être remis en cause, permet en effet de dire que lors d'un cycle, les flux thermiques « rentrant » et « sortant » du fluide caloporteur s'équilibrent. Ils s'équilibrent en ce sens que l'énergie thermique émise vers l'extérieur par ce fluide à la source chaude lors de la réaction exothermique dans le condenseur est vue négativement par le fluide caloporteur, alors que les deux formes d'énergie qu'il reçoit de l'extérieur, à savoir l'apport l'énergie électrique payante entretenant le fonctionnement de la pompe à chaleur et l'apport thermique provenant de la source froide lors de la réaction endothermique dans l'évaporateur sont vue positivement par ce même fluide caloporteur. Ce qui est vue négativement par le fluide caloporteur équilibrant ce qui est vu négativement au titre de la loi sur la conservation de l'énergie. On peut en conséquence dire en toute rigueur qu'un chauffage thermodynamique ayant un COP de 4 émet 4 kWh d'énergie thermique alors qu'il ne reçoit que 1 kWh d'énergie électrique payante du fait de l'apport thermique gratuit de 3 kWh d'énergie « positive » provenant de la source froide ayant pour effet de diviser par quatre les frais d'approvisionnement en énergie primaire. En prélevant proportionnellement au COP une énergie naturelle et « positive » à la source froide, la pompe à chaleur est donc un excellent moyen de limiter la consommation d'énergie électrique pour le chauffage. Il n'est pas déraisonnable d'espérer pour cette raison que les logements anciens qui représentent – et de loin – le plus gros potentiel d'économie d'énergie – ne seront pas laissés pour compte à l'occasion des réglementations thermiques à venir, la RT 2012 étant, il faut bien le dire, un peu trop dédiée au neuf et au gaz.

### *L'habitat à énergie positive ?*

La ministre de l'Ecologie envisage dans le projet de loi sur la transition énergétique d'inclure un texte qui stipule que « tous les nouveaux bâtiments publics ainsi que les logement sociaux » recevant des subventions publiques devront être à énergie positive ». A l'occasion de la visite d'un logement social type HLM à énergie positive dans Paris intramuros ayant privilégiée l'isolation, la ministre de l'Ecologie s'est rendu compte que cela était possible en ne majorant que modérément le cout de la construction par rapport aux règles habituelles de la construction neuve. "Si certains y arrivent dans le neuf pourquoi pas tout le monde ?" a-t-elle déclarée audacieusement. Les bâtiments à énergie positive, qui produisent comme on vient de le voir davantage d'énergie qu'ils n'en consomment, sont malheureusement encore très rares dans l'Hexagone et pour l'instant limitées à la construction neuve. Les Lutins thermiques estiment pour leur part qu'il ne semble toutefois pas inenvisageable d'espérer produire des bâtiments générant plus d'énergie qu'ils n'en consomment également en rénovation. Mais ceci en privilégiant dans un premier temps non plus l'isolation mais la génération. Puis en tenant compte tenu du moindre apport en énergie primaire qui résulte d'une isolation à minima associé à une performance améliorée augmentant la quantité d'EnR produite par l'adoption de radiateurs basse température. La synthèse faite à la fin de ce livre semble prouver que cela est envisageable. Il n'en reste pas moins qu'un immeuble qui alimenterait le réseau électrique en été et en mi saison du fait d'une production voltaïque en terrasse ne peut espérer être énergétiquement autonome pendant la période la plus froide de l'hiver. Il faut à ce sujet raison garder et il est

## Vu par les Lutins

assurément irréaliste d'espérer entraîner en permanence les compresseurs de la pompe à chaleur sans bénéficier de l'apport externe du réseau. Le plus intéressant pour le portefeuille de l'utilisateur et pour la pérennité du fonctionnement est de profiter du mode de fonctionnement de la chaufferie hybride basé sur la combustion au plus fort de l'hiver pendant cette période heureusement assez courte comme cela est expliqué ultérieurement dans ce livre. Ceci aussi afin de préserver notre réseau en limitant la pointe de courant électrique. Cette comparaison entre la production et la consommation d'énergie est, dans la maison Zen, uniquement basée sur le comptage de flux électriques\*. Il y a d'un côté la production des panneaux photovoltaïques sur une période de 3 ans qui représentent 9800 kWh et de l'autre une consommation cumulée sur la même période de 8900 kWh comprenant l'alimentation de l'électroménager, l'éclairage, l'alimentation du compresseur de la pompe à chaleur et des petits auxiliaires électriques. La différence de 900 kWh entre la production et la consommation étant positive on peut donc dire que globalement la maison Zen est une maison qui est indiscutablement à énergie positive. Il y a toutefois deux points qu'il est important de comprendre

- La maison Zen n'est à énergie positive qu'en valeur moyenne de l'énergie électrique étant prélevée sur le réseau pendant l'hiver
- La comparaison entre la production et la consommation est basée uniquement sur les mesures faites à partir de compteurs électriques dont l'étalonnage a une grande importance.
- La production telle qu'elle est calculée n'est pas le reflet du besoin thermique puisque ce dernier est en pratique la somme de l'énergie utile pour entraîner le compresseur de la pompe à chaleur et de la chaleur renouvelable prélevée dans l'air par la PAC *air eau*. Ce dernier flux étant supérieur à celui consommé par le compresseur au prorata du COP de la pompe à chaleur. Cette quantité de chaleur renouvelable est d'autant plus élevée dans le cas de la maison Zen que le COP a été amélioré par l'utilisation de ventilo convecteurs permettant de réduire la température à la source chaude. En choisissant l'air au lieu de l'eau comme fluide pour prélever la chaleur dans son proche environnement les occupants de la maison Zen ont été contraints de prévoir une isolation particulièrement poussée pour parvenir à ce résultat. La présence d'une nappe libre à l'aplomb de cette maison et un prélèvement de la chaleur renouvelable dans l'eau de cette dernière aurait permis d'obtenir sensiblement le même résultat en termes d'énergie positive avec une maison deux fois moins bien isolée avec des performances de la pompe à chaleur deux fois supérieures (COP de 6 au lieu de 3). Cette dernière orientation mérite d'autant plus examen qu'aucun bruit n'est généré par l'évaporateur d'une pompe à chaleur aquathermique.

*\* L'importance de l'étalonnage des prises d'information sur un dispositif de chauffage est indiscutable. Particulièrement dans un cas comme celui de la Maison Zen où la différence entre consommation et production ne représente que moins de 1% du besoin. La France après avoir introduit le mètre étalon au bâtiment de Breteuil à Sèvres dans le cadre du système métrique et de l'unité de longueur pourrait utilement proposer à ses voisins européens que le leader mondial incontesté de la production d'électricité décarbonée l'EDF se charge de la mise en place d'un compteur électrique étalon universellement reconnu*