**Solaire et batteries de stockage**

**Le cas de la maison écologique de B. Comby**

**Note de Bruno COMBY relative aux expériences réalisées sur sa maison écologique.**

*(Texte rédigé à la suite son intervention à la réunion du GR 21 le 27 novembre 2018)*

Fonctionnement de l’échangeur eau-eau, récupérant la chaleur de l'eau des douches, bains, lavabos, etc. :

* La première version de l’échangeur eau-eau à contre-courant « bricolé » (il n'existait rien de tel dans le commerce) a couté 50 euros et permet d'économiser environ la moitié de l'énergie pour chauffer l'eau.
* La deuxième version, plus compliquée à souder (gros tuyaux de cuivre) nécessite environ 300 euros de matériaux (essentiellement des tuyaux de cuivre de 50 et 60 mm de diamètre) et permet un débit d'eau plus rapide, un nettoyage plus simple tout en augmentant le rendement du système de 50% à 80% de récupération de la chaleur.

Par ailleurs, une deuxième tranche de photovoltaïque a été installée sur une autre construction près de la maison. Il a été étudié l'opportunité (voir ci-dessous) d'installer ou pas une batterie de stockage domestique de 12 kWh qui serait achetée au meilleur prix (voir ci-dessous). Les progrès techniques et les fortes réductions de prix observés ces dernières années d'une part dans le domaine des panneaux photovoltaïques, ainsi que dans le domaine des batteries de voitures électriques comme des batteries de stockage stationnaire pour particuliers, sont spectaculaires et rapides.

Pour ce qui concerne les panneaux photovoltaïques pour les particuliers, voici le cas concret de l’ancienne et de la nouvelle construction.

L’ancienne construction : En 2010 avait été installé sur la maison écologique, à Houilles, une première tranche de 12 panneaux, de 250 W chacun, soit 3 kW-crête.

Ces panneaux ont coûté alors 15 000 euros, et ont bénéficié d'aides publiques à hauteur de 5000 euros (4000 euros de crédit d'impôts et 1000 euros d'aide régionale) soit un coût d'investissement, déduction faite des 5000 euros de subventions, de 10 000 euros.

Ces panneaux produisent depuis, en moyenne, environ 3000 kWh par an. La production est intégralement revendue au prix de 60 cts le kWh (soit environ 1800 euros/an). Le tarif de rachat est garanti (et indexé à l'augmentation) pendant 20 ans (à compter de 2010, donc jusqu'en 2030).

Les panneaux sont donc remboursés par les ventes d'électricités depuis 2016 (en 6 ans) avec un tarif de rachat qui court encore jusqu'en 2030. Il en résulte un coût, bien sûr, très important pour la collectivité : les 5000 euros d'aide initiale auxquels s'ajoute le tarif de rachat très avantageux (énergie fatale rachetée pour 4 fois plus cher à 60 cts/kWh que le prix de l'électricité au détail à 15cts/kWh !) pendant 20 ans. Le prix total (perte pour la collectivité) sur cette opération est donc de l'ordre de 30 000 euros (5000 de subventions initiales et 25 000 de tarif de rachat anormalement élevé) ce qui est supérieur au gain (environ 20 000 euros non imposables) engrangé par le propriétaire sur la durée de vie des panneaux et du tarif de rachat (20 ans). Il est bien évident qu'un tel système ne peut pas être généralisé. Ce serait ruineux.

La nouvelle construction : La situation (le prix des panneaux) a beaucoup changé depuis 2010. Voici donc les conditions, maintenant très différentes, de la deuxième tranche de photovoltaïque dont l’installation vient d’être terminée.

Le rendement des panneaux a légèrement progressé entre 2010 et 2018, passant de 250 W chacun à 275 W (soit un gain de 10% à surface égale, s'agissant toujours de panneaux de 1,00 m x 1,60m). Cette fois les panneaux + l'onduleur + la pose (faite par l’auteur, considérée comme gratuite) ont couté au total 2 500 euros environ (soit 6 fois moins qu'en 2010), pour une puissance installée presque 50% supérieure (4,4 kW crête installés en 2018 pour 3kW en 2010). Par ailleurs, y a maintenant 16 (et non 12) panneaux de 275 W (et non 250W), soit 16 x275 = 4,4 kW crête (6 fois moins cher, pour 50% de plus de puissance de production, sans aucune subvention cette fois). Ces panneaux produiront environ 4000 kWh par an (avec une décroissance de la production liée à l'usure des panneaux de l'ordre de 1% par an, soit environ -10% en moyenne sur 20 ans). La production se fera pendant, en principe, au moins 25 ans (durée de vie estimée des panneaux), soit 90 MWh produits en 25 ans pour 2500 euros investis, soit 28 euros le MWh ou encore 2,8 cts le kWh. C'est moins élevé que l'ARENH et 5 fois moins que le tarif payé au détail par le consommateur (15 cts le kWh actuellement).

Cependant, depuis 2010, le tarif de rachat aujourd'hui fin 2018 a diminué beaucoup et n'est plus que de 10 cts le kWh. C'est moins que les 15cts payés en achetant le courant chez son fournisseur d'électricité. Il y a donc intérêt non plus à revendre la totalité de la production (comme c'était le cas avant), mais désormais plutôt à auto consommer au maximum pour ne revendre que le surplus qu'on n'utilise pas. Comme il y aura une ventilation double-flux dans le bâtiment en question qui consommera environ 500 W 24h sur 24 et 365 jours sur 365, le système solaire servira à alimenter cette ventilation.

Sans système de batterie de stockage, on peut estimer à environ 25% la part de la production qui sera autoconsommée, soit 0,25 x 90 MWh = 22 000 kWh, évitant sur 25 ans une dépense électrique de 22 000 x 0,20 = 4400 euros (anticipant une augmentation du kWh à 20 cts en moyenne sur les 25 prochaines années). Le reste sera alors vendu à Enedis à 10 cts le kWh, soit 100 Euros/MWh x 68 MWh = 6800 euros. Au total sur la durée de vie des panneaux, ils rapporteront ou économiseront 4 400 + 6800 = 11 200 euros, pour un investissement initial de 2500 Euros. Soit un gain financier d'un facteur >5. Et, rappelons-le, cela sans subvention cette fois.

On voit que l'équation économique a totalement basculé du fait principalement de la baisse du prix des panneaux PV et la situation ne se présente plus du tout de la même manière en 2018 qu'en 2010. Le solaire est maintenant assez intéressant économiquement, au moins dans certains cas, et cela même sans subvention. Il s'agit bien sûr d'un cas favorable : pose des panneaux par soi-même, après les avoir achetés à bon prix. Précisons que les panneaux sont de fabrication allemande cette fois, et l'onduleur de fabrication française, donc tout le matériel est "Made in Europe", tandis qu'en 2010, pour la première tranche, les panneaux PV étaient chinois et l'onduleur allemand.

Moins bien négocier l'achat des panneaux et les faire poser par un professionnel mangera sans doute une bonne partie de la marge (11 200 de gains - 2 500 d'investissement = marge sur l'opération de 8700 euros). Les panneaux sont cette fois posés presque à plat sur un toit-terrasse, ce qui en facilite considérablement la pose, l'entretien et le nettoyage (pas de risque de chute en tombant du toit).

Deuxième hypothèse (en cours d'étude pour la prochaine étape de tests) : installer une batterie de stockage d'environ 12 kWh capable d'engranger les 4,4 kW crête produits par le soleil au zénith et de fournir l'électricité au moins pour les 500W 24h sur 24 de la ventilation ainsi que l'éclairage du bâtiment. Une batterie de qualité correcte achetée au meilleur sur alibaba.com (made in China) coute actuellement environ 4000 $ US, soit 3200 euros auxquels s'ajoutent 300 euros de transport pour la livraison depuis la chine et 800 euros de TVA et de taxe d'importation/frais de dédouanement ; soit 4500 euros (arrondis au dessus). Cette batterie permettra d'auto consommer (gain de 15 cts/kWh produit) non plus 1/4 mais les 3/4 de la production annuelle, seulement 1/4 de la production étant revendue au réseau à 0,10cts. Le gain sur 25 ans est donc maintenant légèrement augmenté, grâce à la batterie, puisqu'il est de 90 MWh x (0,75 x 150 Euros/MWh + 0,25 x 100Euros/MWh) = 12 300 euros gagnés ou économisés sur la future facture d'électricité, pour un investissement de 2500 euros (panneaux solaires) + 4500 euros (batterie de stockage 12 kWh). Soit 7000 euros investis pour en gagner 12 300. C'est toujours positif financièrement.

On voit que c'est beaucoup plus intéressant financièrement de ne pas installer de batterie (l'investissement 3 fois moindre sans batterie rapporte alors presque autant !) qu'il n'y a en France aucun intérêt financier à faire du stockage en batterie lithium phosphate de fer sans subvention, surtout lorsqu'il subsiste un tarif de rachat, qui incite à revendre (même si c'est à perte) plutôt qu'à investir pour stocker.

Les panneaux photovoltaïques peuvent rapporter, grâce à l'auto consommation et surtout au tarif de rachat (même à seulement 10 cts/kWh, 6 fois moins élevé que le tarif de rachat en 2010). La batterie de stockage ne sera pas rentable (le système de calcul des tarifs actuellement en vigueur ne permet pas de la rentabiliser, même si elle permet ainsi d'auto consommer les 3/4 de l'électricité produite (il n'est pas très raisonnable de vouloir aller au delà et ce serait encore moins intéressant financièrement). En additionnant le coût des panneaux (2500 euros) et de la batterie (4500 euros) on est encore très en dessous (environ d'un facteur 2) avec 7000 euros investis pour 12 300 euros de gains (sans subvention). L'opération reste "rentable" (mais beaucoup moins avec la batterie que sans).

Si on installe une batterie, ce qui n'est pas encore certain, car cela revient au vu de ces chiffres à jeter environ 3000 euros par la fenêtre. Et là encore il s'agit de conditions ultra-favorables, pas accessibles à tout le monde : installation par soi-même (gratuitement) de la batterie (coût de pose nul) et achat au meilleur tarif disponible en ce moment sur Alibaba en Chine. Les batteries équivalentes vendues en Europe ou aux USA (batteries Tesla) sont environ 2 fois plus chères à produit équivalent. Ceci dit, les prix des batteries lithium au phosphate de fer (ad hoc pour ce type d'usage) sont en train de diminuer rapidement.

Les conclusions que nous pouvons en tirer aujourd'hui ne sont pas définitives : le POWERWALL 1 de 7kWh était vendu 8000 euros il y a 2 ans, mais un an après sa vente est suspendue et il était remplacé par le POWERWALL 2 au même prix mais d'une capacité de 14 kWh (c'est-à-dire le double, dans le même volume et au même prix !). La fabrication du POWERWALL 2 vient aussi d'être suspendue,  TESLA préparant maintenant le POWERWALL 3 (qui sera encore plus performant pour pas plus cher) et préfère pour l'instant réserver sa capacité de fabrication de batteries lithium entièrement au lancement de la MODEL 3 (dont plusieurs centaines de milliers d'exemplaires précommandés sont en attente de fabrication et engloutissent pour l'instant toutes les batteries disponibles que fabrique TESLA). Dans environ un an quand la capacité de production de la gigafactory dans le Nevada augmentera, la vente de batteries reprendra avec une capacité en hausse et un prix en baisse. On observe le même phénomène sur le prix des batteries de voitures électriques dont la performance augmente tandis que leur prix par kWh baisse fortement. La Zoé 2013 avait une batterie de 22 kWh qui valait environ 9000 euros (et que les clients louent en moyenne pour 70 euros par mois). Au premier janvier 2017, apparaissait la ZOE 2017, équipée d'une nouvelle batterie, cette fois de 41 kWh (là aussi, presque le double). Cela dans le même volume, pesant le même poids et pour le même prix (environ 9000 euros).

Cette courbe de progression des performances des batteries et de baisse de leur prix n'est pas terminée. Il faut donc surveiller attentivement cette question du prix des batteries. Aujourd'hui nous voyons arriver de nouvelles voitures électriques, comme la Hyundai KONA ou la KIA NIRO à un prix beaucoup moins cher qu'une TESLA MODEL 3, tout en ayant les mêmes performances que celle-ci (480 km d'autonomie WLTP, soit 350 km sur autoroute, et recharge rapide possible sur autoroute approchant les 100 kW). Les constructeurs allemands annoncent pour 2020 des batteries de voiture qui se rechargeront à 350 kW, soit 700 km d'autonomie rechargée en une demi-heure. Si la vitesse de charge augmente ainsi, la voiture électrique devient nettement plus performante, y compris sur les longs trajets, que la voiture à essence : avec un prix de revient kilométrique inférieur de moitié, un temps de trajet presque équivalent, une durée de vie du véhicule doublée (600 000 km au lieu de 300 000) et une quasi-absence de frais d'entretien.

Le marché de la voiture risque donc bel et bien de basculer d'ici quelques années vers l'électrique, ce qui nécessitera non pas moins, mais davantage de réacteurs nucléaires (il faudra environ 5 EPR de plus pour la France si on électrifie 20 millions de véhicules légers). La consommation du secteur des transports pourrait donc basculer largement vers l'électricité. On n'en est encore qu'au début de la courbe de décroissance des prix sur les batteries lithium... Il y a de la marge pour que les prix baissent encore d'un facteur 2 à 5, ce qui (comme la baisse du prix de fabrication des panneaux solaires) changera complètement la donne  économique, rendant alors ces batteries rentables même sans subvention (dans environ 2-3 ans, le temps de fabriquer les gigafactory qui feront des batteries pas chères en grand nombre). Cela d'autant plus si le prix du courant électrique aura augmenté entre temps comme on nous l'annonce, ce qui est très probable. Le prix des onduleurs 3 kW ou d'une grosse borne de recharge, il y a quelques années, tournait autour de 1000-1500 euros. Il a déjà décru de moitié et devrait être divisé encore par 2 (environ). Il convient de garder en mémoire que la situation, comme on le voit, est très changeante. Lorsque les antinucléaires disent que le prix du solaire diminue fortement, ils ont raison. La conjugaison de la baisse des prix des panneaux solaires (due à l'automatisation des usines) et de la baisse des prix des batteries lithium (qui résulte aussi de la fabrication en très grande série entièrement automatique dans des giga-factory qui produisent des batteries à bas-prix et à grande vitesse) est à surveiller.

L’expérience de la maison écologique ci-dessus, permet de voir ce qu'il en est sur un cas concret dans des conditions les plus favorables (une maison qui consomme peu et les meilleurs panneaux ou la meilleure batterie achetée pas trop cher et posée gratuitement par soi-même).

B. Comby

*Document annexé au compte rendu de la réunion SFEN du GR21 le 27 novembre 2018*