

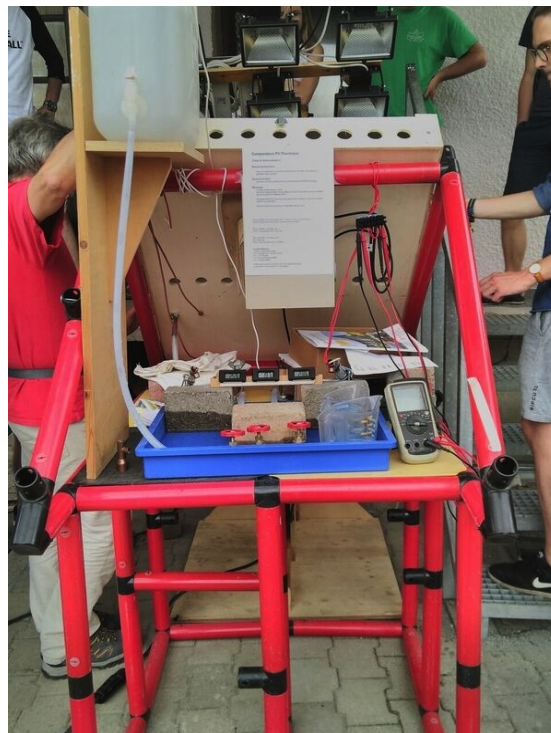
# COMPARAISON ENTRE DEUX SYSTÈMES DE PRODUCTION DE CHALEUR POUR L'HABITAT

Cet article a paru dans l'Aderosce n° 78 de juillet 2018, ici la mise en page a été revue et le texte un peu retouché.

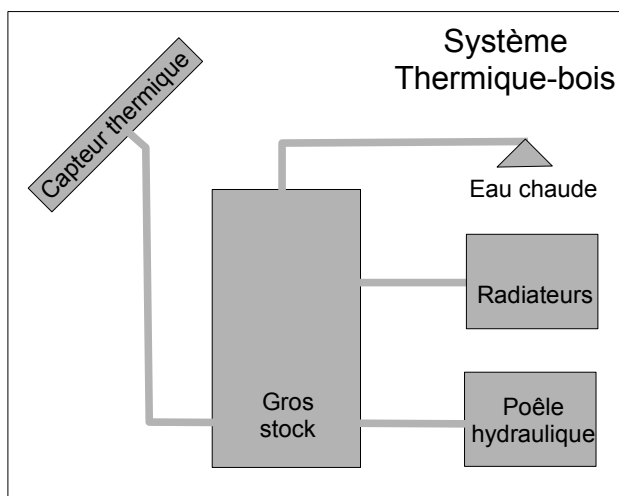
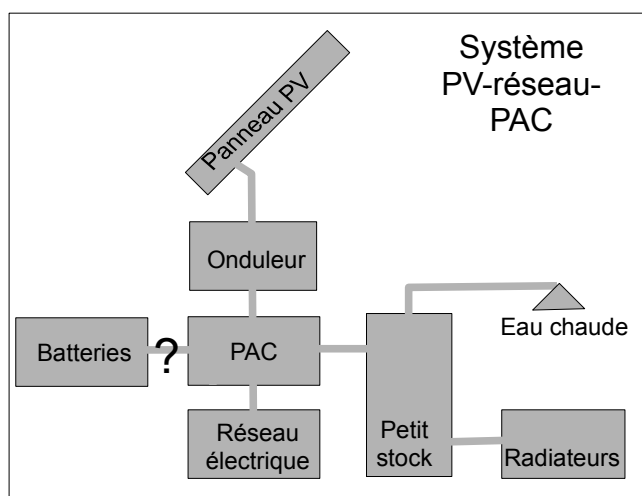
**Le Salon Energissima** du printemps 2018 a été l'occasion de construire un module de démonstration permettant de comparer par la vue et le toucher deux techniques de production d'énergie d'origine solaire: le solaire thermique et le solaire photovoltaïque. Les visiteurs voyaient qu'au bout de quelques minutes le volume d'eau chauffé par le capteur thermique était de l'ordre du double de celui qui était chauffé par le panneau photovoltaïque (PV), bien sûr, via un corps de chauffe. En trempant le doigt dans les deux volumes d'eau chauffés, ils sentaient que le plus grand volume d'eau était de surcroît nettement plus chaud. On entendait volontiers: « mais c'est brûlant! » ou encore: « C'est seulement tiède ». L'expérience en a surpris plus d'un !

## Un tremplin pour une autre comparaison

Après avoir expérimenté la différence de rendement des deux techniques, la voie était ouverte pour comparer deux systèmes complets de production de chaleur pour l'habitat: le système PV+réseau+PAC et le système solaire thermique+bois. Avant de décrire de plus près, en page 3, le module de démonstration lui-même, place à la comparaison des ces deux systèmes. Cette dernière ne s'avère pas simple à faire, car de multiples facteurs doivent être pris en compte. Il y a les variations de rendement selon l'environnement (hiver, été), il y a la question du stockage, celle de l'origine de l'énergie complémentaire nécessaire pour que le système assure à l'année l'entièreté de la production de chaleur nécessaire; autant de paramètres trop complexes pour être simulés. Il faut des mesures d'installations réelles. Les chiffres utilisés ci-dessous en émanent. Le mot « réseau » contenu dans la trilogie PV+réseau+PAC résume bien la problématique.



*Le module lors d'une démonstration avec des étudiants de l'Unil*



## Pourquoi parler du réseau électrique ?

En hiver alors que les besoins de chaleur sont les plus élevés, l'ensoleillement est le plus faible et le COP d'une PAC air-eau<sup>1</sup> est au plus bas<sup>2</sup>. L'électricité PV produite sur place ne couvre alors dans l'ensemble qu'une toute petite partie des besoins. Le recours massif au réseau électrique s'avère incontournable<sup>3</sup>. Or, malgré l'importante part d'hydro-électricité dont profite la Suisse<sup>4</sup>, chaque kWh tiré du réseau électrique nécessite 2.64 kWh<sup>5</sup> d'énergie primaire non-renouvelable pour sa production et sa distribution. Tirer 1 kWh à la prise c'est utiliser 2.64 kWh d'énergie primaire non renouvelable. Qu'on se le dise ! Du coup, comme en hiver le COP d'une PAC air-eau est en-dessous de 2.64, elle ne saurait produire de la chaleur avec un bilan renouvelable positif. Le nécessaire recours au réseau nous oblige à faire descendre l'usage de la PAC de son piédestal. Désillusion !

## PV en autoconsommation et PAC

Il y a toutefois une bonne nouvelle qui atténue un peu le choc de la désillusion. Lorsqu'une partie de la production PV privée est consommée sur place au fur et à mesure (autoconsommation), entre autre par une PAC pour produire l'eau chaude en été et entre-saison, le système PV+réseau+PAC produit sur l'ensemble de son cycle de vie une part intéressante d'énergie de source renouvelable. Avec une part d'autoconsommation électrique de l'ordre de 33% (sans recours à des batteries, c'est un maximum), la proportion de renouvelable compté sur la durée de vie de l'installation sera de 33%<sup>6</sup>. C'est intéressant !

## Il y a plus intéressant encore

Avec un système solaire thermique-bois (50% bois-bûche, 50% solaire thermique), la part de renouvelable s'élève à 83%. La part de fossile passe donc de 67% à 17%. C'est 4 fois mieux<sup>7</sup> ! Cela tient pour l'essentiel à l'utilisation du bois comme complément au solaire thermique et à la possibilité de stocker l'énergie thermique de manière simple, à savoir: dans un réservoir d'eau. La ressource bois est renouvelable et ne nécessite que très peu de non-renouvelable pour disposer de sa chaleur. Ceci n'est justement pas le cas du système PV+réseau+PAC. Dans la perspective de la transition énergétique, cette différence est d'autant plus significative que selon les statistiques de l'OFEN la part énergétique affectée au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire se monte à plus de 40%. Plus il est possible d'utiliser moins de fossile pour produire du renouvelable, mieux ce sera ! La réalité économico-politico-électricienne noie cela dans l'océan de l'irresponsabilité et de la sous-information.



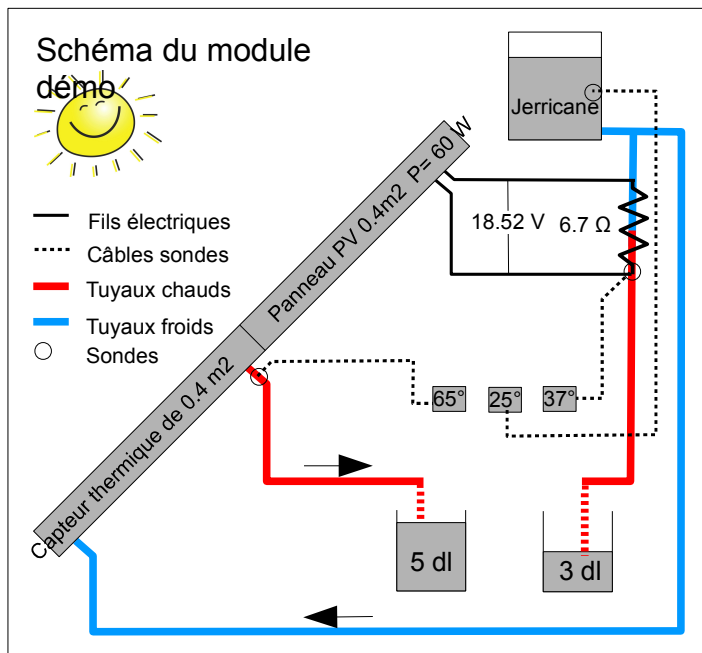
*Le module éclairé au soleil artificiel, on voit quelques uns des 12 spots et leurs reflets*

- 1 Selon l'OFEN (Office fédéral de l'énergie) le 80% des PAC actuellement installées à neuf sont de type air-eau.
- 2 Le COP bas est dû à la température basse d'où la PAC doit puiser de la chaleur.
- 3 Pour que l'énergie PV puisse être suffisante, il faudrait: d'une part augmenter énormément la surface de PV installés afin de disposer de la quantité d'énergie nécessaire pour en disposer la nuit et les jours sans soleil. C'est irréaliste. En plus il faudrait disposer d'un moyen pour stocker énormément d'énergie électrique. C'est tout aussi irréaliste !
- 4 Si l'énergie hydro-électrique est de source renouvelable, il ne faut pas oublier que pour elle comme pour toute énergie renouvelable, il faut beaucoup du fossile pour la rendre utilisable: barrages, turbinage, réseau de distribution...
- 5 Ce chiffre en surprend plus d'un ! C'est le mix électrique suisse. Il faut savoir que le réseau contient en hiver d'autant plus de fossile (nucléaire et charbon) que l'électricité est utilisée pour chauffer via des PAC. Ce n'est pas parce que c'est nettement moins pire qu'avec le chauffage direct que ça tient pour autant la route. Par ailleurs les installations de production d'électricité quelles qu'elles soient nécessitent pour leur construction et leur exploitation beaucoup d'énergie non-renouvelable. Il en va de même du réseau de distribution; si quasi la moitié de nos factures d'électricité paie la distribution c'est qu'elle est énergivore. <http://www.sebasol.info/archives/2014/frischknecht-2014-Energiesysteme.pdf> <http://www.sebasol.info/public/Quoi%20est%20renouvelable%20dans%20le%20renouvelable%203.0%2015.04..18%20pour%20web.pdf>
- 6 Ce chiffre, donné par l'ESU, est repris par l'OFEN. Il inclut l'énergie non-renouvelable nécessaire à la construction, à l'exploitation et au recyclage du système. Ne pas inclure tout cela revient à l'échelle de la planète, à truquer les choses.
- 7 Avec les installations pilotes de Sebasol on fait encore mieux. La raison est à trouver dans le fait que les 17% sont une moyenne de ce qui existe en Suisse alors qu'une installation pilote Sebasol se situe dans le meilleur de ce qui se fait en intégrant de surcroît un comportement responsable dans la gestion du système.

## Le module de démonstration en détails

Le panneau PV fait 0.4 m<sup>2</sup> pour une puissance crête de 60 Watts. Le capteur thermique est de type Sebasol construit aux dimensions du panneau PV. Tous les deux sont montés sur une structure à l'aspect d'une maison avec un toit incliné à 45°. La structure s'oriente en direction de la source lumineuse, soit le soleil, soit un soleil artificiel permettant une utilisation sans soleil, ce qui fut nécessaire dans la halle d'Energissima. Le soleil artificiel est constitué de 12 spots halogènes de 400W chacun, alimentés par une prise 3 x 400 V. La répartition des spots vise, sans y parvenir totalement, à créer une intensité lumineuse la plus régulière possible.

L'énergie électrique produite par le panneau PV est convertie en chaleur par plusieurs résistances ohmiques d'une valeur totale de 6.7 Ohms<sup>8</sup>. Cette valeur, établie expérimentalement, permet un fonctionnement optimal du panneau PV. Lors de mesures effectuées par un radieux soleil et non sous le soleil artificiel<sup>9</sup> utilisé à Energissima, la tension arrivait à 18.52 V. La puissance du panneau calculée avec la formule  $P = U^2/R$  s'élevait donc en l'occurrence à 51 W ( $18.52^2/6.7$ ). Compte tenu d'une intensité lumineuse de 900 W mesurée au solarimètre, d'un angle d'incidence de la lumière proche de 90° et des pertes dues à la température du capteur PV, ces 51 W sont corrects. Cette puissance a permis d'élever la température de 3 dl d'eau de 25° à 37° en quelque 5 minutes. Cela confirme les 51 W. Il est à noter que pour éviter de devoir tenir compte de pertes thermiques, la température de l'eau chauffée était mesurée juste après la dernière résistance et non dans le bécber de récolte.



Le capteur thermique quant à lui chauffait évidemment directement l'eau dont la température était mesurée à la sortie du capteur, donc aussi à l'endroit ne nécessitant pas de prendre en compte des pertes thermiques du tube d'amenée vers le bécber. Durant les mêmes 5 minutes qu'a duré la mesure pour le panneau PV, le capteur thermique a élevé 5 dl d'eau de 25° à 65°. Ce qui signifie que dans les mêmes conditions le capteur thermique a produit 5.5 fois<sup>10</sup> plus d'énergie que le panneau PV ( $5/3 * (65-25/37-25)$ ).

## Il est encore à noter

- que l'eau circule dans le module de démonstration par gravitation grâce à un jerricane surélevé
- que le réglage des débits se fait par pincement des tubes d'alimentation
- si les 3 thermomètres permettent de faire des calculs, le volume d'eau qui coule dans les bécbers conjugué à la température au doigt permet de saisir intuitivement de la différence de performance.

## Conclusion

Ce module de démonstration a permis non d'établir des chiffres d'une précision certaine, ce qui n'en était pas le but, mais d'appréhender par la vue et le toucher une «différence» significative de rendement entre deux techniques de transformation de l'énergie solaire en chaleur utilisable. A l'aide de l'interpellation suscitée il est assez facile d'expliquer pourquoi le solaire thermique + bois permet d'utiliser nettement plus d'énergie renouvelable dans le domaine du chauffage que ne le permet le système PV+réseau+PAC. Ce module démonstration existe encore et peut être prêté à qui aura une bonne idée pour l'utiliser.

**Jean Marschall**

8 Il eut été intéressant d'avoir à la place du corps de chauffe ohmique une PAC. Mais la réalisation d'une telle démonstration n'est pas possible du simple fait que les PAC miniatures n'existent pas et que leur performances n'auraient sans doute pas grand-chose à voir avec une PAC réelle. Et de surcroît pour étayer ce qui a été dit ci-dessus, il faudrait aller jusqu'à simuler l'hiver...

9 Le soleil artificiel avantage nettement le solaire thermique au dépend du PV.

10 Selon les mesures d'un autoconstructeur Sebasol qui a installé du thermique et du PV sur le même pan de toit, ce rapport dépasse légèrement 4. Le rapport 5.5 tient aux circonstances de l'expérience, trop longues à expliquer ici.