



Les panneaux solaires thermiques

Les points principaux

- Différents types de technologies existent pour exploiter l'énergie solaire et produire de la chaleur (eau chaude sanitaire).
- Le solaire thermique présente des avantages intéressants mais une série d'inconvénients et d'interrogations qui imposent une réflexion, au cas par cas, afin de déterminer la technologie et l'échelle d'intervention les plus opportunes.
- La question du stockage est particulièrement importante.
- La question des pertes thermiques dans les conduites n'est pas favorable à une mutualisation à l'échelle du quartier.

Résumé

Cette fiche pratique aborde la question de la production de chaleur (eau chaude sanitaire) grâce aux panneaux solaires thermiques. Les différentes technologies existantes sont d'abord passées en revue. Les avantages, inconvénients et limites de ce type d'énergie sont présentés. Une méthode de calcul et quelques principes de dimensionnement sont proposés. La fiche se conclut par quelques réflexions plus spécifiques aux questions traitées dans le cadre du projet SOLEN : l'échelle à adopter dans le cadre d'un projet d'installation de panneaux solaires thermiques et l'impact du type de milieu (urbain, périurbain, rural) dans lequel il se développe.



© Photo : stock.xchng - sxc.hu



Introduction

L'énergie solaire est une énergie rayonnante représentée par la densité de flux énergétique, hors atmosphère, qui atteint la surface de la Terre. Celle-ci est donnée par la constante solaire $C = 1\,367\text{ W/m}^2$. La quantité d'énergie finalement reçue par la surface de la Terre varie alors selon la situation géographique (latitude et longitude), les conditions climatiques, la période dans le temps et l'environnement physique. En Belgique, l'énergie solaire annuelle moyenne reçue est d'environ 1000 kWh/m^2 (APERe, 2013).

Il existe deux technologies qui permettent d'exploiter directement l'énergie solaire: le solaire thermique (pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire) et le solaire photovoltaïque (pour la production d'électricité). La présente fiche pratique est dédiée au solaire thermique. La fiche SOLEN.ER02 est dédiée au solaire photovoltaïque.

Le solaire thermique utilise des capteurs solaires permettant la transformation de l'énergie solaire en chaleur. Le capteur est constitué, entre autres, d'un fluide caloporteur et d'un absorbeur chargé de lui transférer le maximum d'énergie solaire possible. Ce type de capteurs, communément utilisé pour la production de chaleur, se distingue d'un autre type de capteurs, constitué de lentilles spéciales et associé à des installations de miroirs. Dans ce cas, l'absorbeur peut atteindre des températures supérieures à 3000°C , et est utilisé pour la production d'électricité solaire (Hegger et al., 2011). On les retrouve dans des grandes centrales, situées dans des endroits stratégiques, qui, grâce à ces capteurs à très haute température, produisent de la vapeur capable d'alimenter une turbine, générant ensuite de l'électricité. Ce type de centrale est appelé "centrale solaire thermodynamique", ou CSP (Concentrating Solar power Plant). Ce système n'est pas exploité en Belgique (la plus grande d'Europe se situe dans le sud de l'Espagne), mais est, selon l'IEA (International Energy Agency), très prometteur et devrait représenter d'ici quelques années une part importante de la production d'électricité à l'échelle planétaire.

Technologies

Un capteur solaire est constitué principalement d'un absorbeur et d'un fluide caloporteur chargés de capter l'énergie solaire, et d'un système de transport et de stockage (ballon de stockage), permettant le déphasage entre le rayonnement solaire et l'utilisation de la chaleur transformée. On distingue plusieurs types de capteurs principaux :





Types de capteurs	T° de fonctionnement	Application
Absorbeurs nus Pas de coffre isolant, pas de vitrage	30-40 °C Bon rendement uniquement à faible température en raison des fortes déperditions	Chauffage des piscines
Capteurs plans L'absorbeur est isolé dans un coffre et protégé par un vitrage spécial	60-90 °C Les déperditions sont limitées par le coffre et le vitrage	Production d'eau chaude sanitaire et de chauffage
Collecteurs d'air Idem que capteurs plans, mais le fluide caloporteur est remplacé par de l'air	40-50 °C	Chauffage à air des locaux
Capteurs à tubes sous vide L'absorbeur est placé dans un tube en verre, sous vide	70-130 °C Les déperditions par convection dans le capteur sont quasiment totalement évitées	Production d'eau chaude sanitaire et de chauffage (résidentiel ou industriel)

Tableau 1 : Les types de capteurs solaires thermiques (source: Hegger et al., 2011)

La performance des capteurs à tubes sous vide ne fait cependant pas l'unanimité, et dans des conditions optimales d'exposition solaire, le surcoût engendré n'est pas nécessairement justifié. Nous nous consacrerons donc ici plutôt aux capteurs plans, qui sont couramment utilisés.

La transformation de l'énergie solaire en énergie de chauffage est un processus mettant en scène plusieurs échanges de chaleur, responsables notamment d'un certain pourcentage de pertes thermiques. Le rayonnement solaire incident entre en contact avec le vitrage, pour lequel un coefficient de transmission élevé est souhaité. La part du rayonnement qui n'est pas réfléchi est donc directement transmise à l'absorbeur, tandis que le vitrage rayonne également vers celui-ci. Un effet de serre est alors créé entre le vitrage et l'absorbeur, qui tend à échauffer ce dernier. Il transmettra ainsi sa chaleur au fluide caloporteur (mélange d'eau et de glycol). Des pertes par convection surviennent au contact du capteur avec l'extérieur, et également au sein du capteur lui-même, puisque de l'air est présent entre le vitrage et l'absorbeur. Enfin, bien qu'un coffret isolant englobe généralement le système, des pertes par conduction peuvent persister avec l'extérieur.

Plusieurs capteurs sont ainsi reliés entre eux, en fonction de la production de chaleur nécessaire. Ils sont couplés à un ballon de stockage, où le fluide caloporteur circulant dans les capteurs cède sa chaleur à l'eau destinée au chauffage ou à l'eau chaude sanitaire. L'installation nécessitera généralement une pompe assurant la circulation des fluides, sauf si un mouvement naturel de ceux-ci est possible par le positionnement du ballon de stockage en hauteur par rapport aux capteurs (installation en thermosiphon).





Avantages et inconvénients

Le solaire thermique est une filière mature et fiable qui permet de produire de la chaleur sans émissions directes de CO₂ (il existe toutefois des émissions indirectes (productions des matériaux, transport, etc.) à comptabiliser, notamment dans un bilan en cycle de vie) liées à l'usage de combustibles fossiles. L'énergie solaire est disponible partout. Cependant, de nombreuses contraintes peuvent rendre difficile l'exploitation de ce grand potentiel. Outre les conditions climatiques que nous ne pouvons contrôler, responsables de la variabilité de la source énergétique, d'autres éléments interviennent dans la limitation et les difficultés d'utiliser l'énergie solaire. Ces difficultés liées à la pleine exploitation du potentiel solaire thermique sont identiques au cas des panneaux photovoltaïques en ce qui concerne l'accessibilité à la ressource (voir fiche pratique SOLEN.ER02). Nous ajouterons donc ici uniquement les éléments complémentaires suivants :

La variabilité de la ressource

L'énergie solaire varie selon les saisons, et les apports seront très différents en hiver ou en été. La demande en eau chaude sanitaire est constante tout au long de l'année et trouve donc un intérêt dans le solaire thermique, avec l'utilisation d'un système de stockage. Le cas du chauffage (plus rare) est différent: il est peu sollicité lors des mois plus chauds, alors que la production d'eau chaude est la plus forte. On comprend difficilement l'intérêt des capteurs solaires thermique pour le chauffage, sans la possibilité de stocker la chaleur d'une saison à l'autre. Dans le cadre de ce travail, les capteurs ne seront donc envisagés que pour la production d'eau chaude sanitaire.

L'impact sur l'environnement

L'exploitation du potentiel solaire thermique n'est pas polluante, mais il convient cependant de considérer également la consommation électrique d'une part des auxiliaires nécessaires à l'installation (à réduire autant que possible), et d'autre part du système d'appoint nécessaire. Les capteurs seront toujours utilisés en combinaison avec un autre système, puisqu'ils ne couvriront pas l'entièreté des besoins (fraction solaire maximum pour une question de rendement) ou parce qu'ils ne serviront qu'au préchauffage de l'eau.

L'impact sur la santé

Les systèmes nécessitant le stockage d'eau chaude favorisent le développement de la légionelle, bactérie dangereuse pour la santé. Celle-ci prolifère lorsque la température de l'eau stagnante varie entre 25 et 45 °C. Les solutions sont d'augmenter périodiquement la température de l'eau de stockage afin de tuer les bactéries, d'avoir recours à un système évitant à l'eau de stagner, ou de stocker l'eau à une température suffisamment élevée (De Herde & Massart, 2010). Dans ce dernier cas cependant, le rendement des capteurs s'en trouvent diminués.



Principes de dimensionnement – Méthode de calcul

Le rendement d'un capteur, compte tenu des déperditions thermiques énoncées plus haut, s'exprime comme suit (Hegger et al., 2011):

$$\text{Rendement} = \text{Flux thermique transféré par le fluide} / \text{rayonnement solaire reçu}$$

Puisque le rendement du capteur dépend directement des déperditions thermiques de celui-ci, notamment avec l'extérieur, la différence de température entre l'air extérieur et l'absorbeur influence directement le rendement. Plus celle-ci sera faible, plus le rendement du capteur sera élevé (Hegger et al., 2011). Il vaut donc mieux privilégier une température souhaitée la plus faible possible, pour autant que le risque de légionellose soit évité.

Aux pertes thermiques des capteurs s'additionnent également les pertes thermiques du circuit de transport et du stockage. Le rendement de l'installation sera fonction également d'un autre facteur : le taux de couverture solaire (%), ou fraction solaire. Il exprime le rapport entre l'apport énergétique des capteurs solaires thermiques, et la demande globale en chaleur du (des) bâtiment(s). Plus ce taux croît, plus le coût de l'installation augmente également, mais, à l'inverse, plus l'efficacité du système diminue. En effet, plus la surface de capteurs augmente, plus le ballon d'eau chaude verra sa température augmenter rapidement. L'énergie solaire, toujours disponible, ne pourra donc plus être exploitée. Le flux thermique transféré sera alors inférieur à ce qu'il aurait pu être, vu le rayonnement solaire incident reçu par le capteur. Avec une augmentation de surface trop importante, on observe donc un faible taux d'utilisation, ce qui tend à diminuer le rendement de l'installation. Cependant, une surface de capteurs minimale doit être installée afin d'assurer une production suffisante et éviter au maximum l'utilisation d'un appoint supplémentaire. Il en résulte donc qu'en termes de surface de capteurs, un équilibre doit être trouvé entre une surface suffisante pour la production (surtout en hiver) et une surface maximale pour garantir un bon rendement (surtout en été) (De Herde & Massart, 2010). En ce qui concerne l'eau chaude sanitaire, on estime que la fraction solaire optimale se situe entre 50 et 60 % de la demande annuelle (Soltherm, 2007).

Le flux thermique finalement transféré pour l'usage revient à la différence entre l'énergie thermique du fluide sortant du capteur, et celle du fluide entrant à nouveau dans celui-ci afin d'être chauffé. La chaleur utilisable, ainsi produite, n'est en général pas destinée à être utilisée directement, c'est pourquoi le système doit permettre le stockage. Le dimensionnement de ce volume de stockage est extrêmement important pour le rendement global, et doit être réalisé en adéquation avec le profil de consommation des occupants et le taux de couverture solaire. En effet, un trop faible volume d'eau entrainera la montée de température trop rapide dans le ballon de stockage et par conséquent une réduction du rendement, et un volume trop important ne permet pas à l'énergie solaire seule de chauffer l'eau. (De Herde & Massart, 2010).

On retiendra donc que le rendement d'un capteur solaire est principalement fonction de:





- la fraction solaire (ou taux de couverture solaire)
- la quantité d'énergie solaire reçue, fonction elle-même de l'implantation des capteurs (orientation et inclinaison) et du moment de la journée, de l'année.
- l'efficacité des nombreux échanges de chaleur
- la température de l'eau souhaitée (la plus faible possible)
- le stockage (dimensionnement et pertes)

UN exemple de calcul de la production de panneaux solaires thermiques est proposé, pour deux îlots, dans la fiche SOLEN. QUA05 « Un cadre pour la définition du quartier « zéro énergie ».

L'échelle d'intervention : individuelle ou collective ?

Comme dans le cas du solaire photovoltaïque, on pourrait trouver un avantage à centraliser la production de chaleur sur les toitures les mieux exposées d'un îlot de façon à ce que les capteurs soient exploités d'une manière plus efficace et plus rentable. Cependant, ce système requiert la plus petite distance possible entre les capteurs et les points de puisage, de façon à garder les pertes thermiques dans les conduites les plus faibles possible. À première vue, la centralisation à l'échelle de l'îlot ne semble donc pas très judicieuse. Si cette échelle est choisie, il faudra s'assurer que les pertes thermiques induites par le réseau n'effacent pas le bénéfice apporté par la centralisation des capteurs, et que la rentabilité financière du réseau de chaleur ainsi créée est assurée.

Pour la production d'eau chaude sanitaire, le quartier de Freiburg (Allemagne) a opté pour une production centralisée, avec un petit réseau de chaleur local, à partir d'énergie solaire. Cependant, ce ne sont pas les capteurs plans utilisés habituellement qui sont mis en place. Le quartier a opté pour des capteurs à tubes sous vide, qui permettent d'atteindre des performances plus élevées (IEA, 2013). Puisque la centralisation implique le partage des frais, l'obstacle du surcoût engendré par ce type de capteurs est surmontable.

Le type de quartier : en milieu urbain, périurbain ou rural ?

Tout comme dans le cas des panneaux photovoltaïques, le potentiel solaire thermique dépend du milieu bâti considéré. Alors que le potentiel maximum est recherché dans le cas du photovoltaïque, le potentiel solaire thermique quant à lui sera limité au taux de couverture (ou fraction solaire, c'est-à-dire le pourcentage de la demande annuelle qui sera couvert par les capteurs) destiné aux capteurs. Ainsi, un milieu bâti plus favorable au potentiel solaire permettra d'utiliser moins de capteurs, à taux de couverture égale. De nouveau, il sera nécessaire d'évaluer précisément le potentiel solaire du bâtiment ou quartier, au cas par cas, afin de connaître la surface de capteurs nécessaire.



Références

- APERe, 2013. Association pour la Promotion des Energies Renouvelables : <http://www.apere.org>, consulté en février 2013.
- De Herde A., Massart C., 2010. Elaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie. Conception de maisons neuves durables. Service public de Wallonie, Jambes, 169p.
- Hegger M., Stark T., Fuchs M., Zeumer M., 2011. Construction et énergie, Architecture et développement durable. Presses polytechniques et universitaires romandes. DETAIL, Lausanne, 280p.
- IEA (International Energy Agency), 2013. Net Zero Energy Buildings Database: <http://iea40.buildinggreen.com>, consulté en mai 2013.
- Soltherm, 2007. Un chauffe-eau solaire chez vous ! Ministère de la Région wallonne, Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie, Jambes, 16p.

Pour aller plus loin

Autres fiches

Découvrez nos autres fiches pratiques sur www.solen-energie.be.

Liens utiles

- Notre site : www.solen-energie.be
- Département de l'énergie et du bâtiment durable : mrw.wallonie.be/dgatp
- LEMA : www.lemma.ulg.ac.be
- Architecture et Climat : www-climat.arch.ucl.ac.be

Auteurs de la fiche

LEMA

M Penders, AF Marique et Prof. S Reiter

Chemin des Chevreuils, 1 B52/3

4000 Liège

Afmarique [at] ulg.ac.be