



Solaire thermique : des installations encore mieux encadrées

La marque « Ô Solaire », créée en 2007 par Enerplan, illustre les efforts entrepris par l'ensemble de la filière pour maîtriser l'essor du marché des chauffe-eau et systèmes de chauffage solaire. La qualité des installations passe par le respect des normes et l'optimisation progressive du dispositif Qualisol.

On se souvient que l'année 2006 avait été marquée par un spectaculaire développement du solaire thermique. Avec 300 000 m² de capteurs installés sur le territoire de la France métropolitaine et de l'outremer, le marché avait connu une hausse supérieure à 100 %. Il aurait été surprenant que cet essor exceptionnel se reproduise en 2007. Ce n'est donc pas le cas, dans un contexte européen qui semble d'ailleurs plutôt marquer le pas. On connaît d'ores et déjà la tendance de l'année : elle devrait se traduire par une progression plus mesurée d'environ +10 %, selon les

premières estimations diffusées par l'association Enerplan (1) et le SER (Syndicat des énergies renouvelables) (2). De quoi satisfaire bien des filières professionnelles !

En 2007, le niveau global du marché français devrait ainsi se situer aux alentours de 330 000 m², dont 260 000 m² en métropole. Ainsi, dans l'hexagone, il se serait installé près de 39 000 chauffe-eau solaires individuels (CESI), 5 000 systèmes solaires combinés (SSC) et 30 000 m² de capteurs exploités pour produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) collective. L'ECS et le chauffage constituent les deux applications essentielles

(1) Enerplan : association professionnelle de l'énergie solaire qui regroupe des représentants de l'ensemble de la filière : industriels, distributeurs, bureaux d'études, installateurs, et fournisseurs d'énergie (www.enerplan.asso.fr).

(2) Le SER rassemble des industriels ou fournisseurs représentatifs des différents secteurs des énergies renouvelables : solaire thermique, photovoltaïque, éolien, biomasse, biocombustibles, hydroélectricité, énergie de la mer... (www.enr.fr).



du solaire thermique. Une troisième voie est explorée: la climatisation solaire, au travers de la technologie des machines frigorifiques à absorption capables de fabriquer du froid avec de l'eau chaude. Mais elle reste encore très marginale.



À noter: ces chiffres ne recouvrent pas le marché du chauffage de l'eau des piscines. Ces installations font très souvent appel à des capteurs souples non vitrés.

Comment mesurer la performance ?

Pour pouvoir bénéficier du régime des aides financières, les installations solaires doivent obligatoirement faire appel à des capteurs qui bénéficient d'une certification: marque européenne Solar Keymark ou marque CSTBât délivrée par le CSTB dans le cadre d'une procédure d'Avis Technique. Dans un cas, comme dans l'autre, il est fait référence à la norme NF EN 12975 partie 1 (exigences générales) et partie 2 (méthode d'es-

sai). Celle-ci s'applique aux capteurs solaires à circulation de liquide, plans avec ou sans vitrage, et couvre les capteurs à tubes sous vide.

Dans le cadre de cette certification, les caractéristiques dimensionnelles des capteurs sont précisées: surface totale et épaisseur, ainsi que surface d'entrée du rayonnement solaire. On mesure le poids à vide et la contenance en eau (liquide caloporteur). Les concepteurs y trouvent en outre des informations sur les pertes de charge induites en fonction du débit, ainsi que sur la température de stagnation Tstg (arrêt de la circulation d'eau dans les capteurs lorsque les déperditions annulent les apports de chaleur).

L'efficacité des capteurs est décrite au travers de trois caractéristiques: le rendement optique η_0 (valeur sans dimension), les coefficients de perte thermique a_1 et a_2 exprimés en $(W/m^2)K$. Elle est représentée sous la forme d'une courbe liée à l'écart entre la température extérieure et la température moyenne du fluide caloporteur à l'intérieur du capteur. Il est également possible de calculer la puissance crête des capteurs pour un

Photo n° 2 (Solarcentury):

L'avenir... Des toits solaires qui mélangent panneaux PV et capteurs thermiques. Initialement présente dans le photovoltaïque, la société anglaise Solarcentury commercialise une « tuile thermique » de 122 x 42 cm dont la face arrière est protégée par un matériau isolant mince de type aérogel.

repères



Naissance d'une véritable industrie

Le développement du marché européen des capteurs solaires a suscité l'émergence de process de fabrication industriel à grande échelle. Certaines sociétés se sont même spécialisées dans la production de capteurs pour le compte des grandes marques traditionnellement présentes sur le marché du chauffage. C'est notamment le cas de deux entreprises, GreenOneTec (Autriche) et KBB (Allemagne), dont les noms ne sont pas forcément connus des professionnels même si un grand nombre de capteurs plans vitrés sortent de leurs usines.

Créée en 1993 à Berlin, KBB Solar Collectors s'est lancée dans la fabrication de capteurs « OEM » en 1998. Dès 2001, son niveau de production dépasse le seuil des 100 000 m². En 2006, elle a commercialisé environ 350 000 m² de capteurs dont la surface unitaire peut aller jusqu'à 3 m².

L'année 2004 constitue une charnière. Elle marque la véritable percée du soudage au laser entièrement automatisé qui autorise la fabrication en série des premiers absorbeurs à surface pleine: réseaux de tubes en cuivre, sous la forme d'un serpentín ou d'une harpe, assemblés sur une tôle en cuivre ou (depuis 2005) en aluminium.

Principe: un laser pulsé fait fondre d'infimes parties du tube et de la tôle, ce qui entraîne une fusion ciblée des matières échauffées. Dosé avec une grande exactitude, le rayon laser opère uniquement sur le point de soudure en limitant les contraintes et déformations. Un nombre approximatif de 1000 points de soudure sur un mètre de tube assure une fixation solide et durable, tout en optimisant la transmission de chaleur. Chaque absorbeur est doté d'un revêtement hautement sélectif, puis soumis à un contrôle automatique de la résistance à la pression et de l'étanchéité.



Photo n° 3 (Terreal):
Capteur plan vitré prochainement commercialisé par le fabricant de tuiles Terreal.

Photo n° 4 (Viessmann):
Segment d'un capteur à tube sous vide qui incorpore un absorbeur en forme de lame avec circulation d'eau à l'intérieur de deux tubes cuivre concentriques raccordés sur des collecteurs aller et retour.

rayonnement solaire incident conventionnel de $1\,000\text{ W/m}^2$. Aucune méthode normalisée ne permet de déterminer la performance thermique annuelle d'un capteur solaire, exprimée en $\text{kWh/m}^2\cdot\text{an}$. À défaut, il est possible de recourir à des modèles de simulation dynamique. Plusieurs logiciels sont utilisés : *Polysun* en Suisse, *Trnsys* en Allemagne et *Simsol* en France. Pour cela, il faut définir les conditions dans lesquelles la performance est appréciée, à la fois en terme de climat (apports solaires liés à une situation géographique), d'exposition des capteurs (orientation et inclinaison), mais aussi d'insertion dans une installation.

Le site Internet suisse www.solarenergy.ch (3) fournit les performances d'un grand nombre de capteurs commercialisés en Europe. La production thermique est estimée pour un climat local avec trois contextes techniques possibles : préchauffage d'eau chaude, CESI et SSC.

À noter : un espace vide d'une épaisseur d'environ 2 à 3 cm est aménagé entre le verre et l'absorbeur. La couverture transparente joue ainsi un rôle de protection mécanique mais aussi thermique : elle limite les pertes par rayonnement et surtout par convection sur la face avant. Comme dans le cas des doubles vitrages, les déperditions peuvent être encore réduites par injection dans le vide d'un gaz rare plus isolant (argon). L'absorbeur associe deux éléments. Le fluide caloporteur exposé au soleil circule dans un réseau de tubes en cuivre, de 8 à 12 mm de diamètre, qui se présente sous la forme d'un serpentín ou d'une grille. Ils sont soudés sur une plaque, en cuivre ou aluminium, qui collecte le rayonnement solaire. Cette feuille métallique est recouverte d'un revêtement noir dit « sélectif » afin de mieux concentrer la chaleur.

Une technologie différente, originale, est proposée par la société CEL qui distribue en France le capteur *XX-Sel* de l'entreprise suisse Énergie-Solaire. L'absorbeur est constitué par la soudure de deux plaques en acier inoxydable. Il s'agit de deux tôles embouties suivant des motifs carrés répétitifs. L'eau circule ainsi dans un réseau de multiples canaux répartis sur toute la surface de l'absorbeur qui offre un relief « gaufré ».

Des capteurs souvent plans et vitrés

Un capteur solaire plan vitré se compose des éléments suivants : une couverture transparente, qui est placée au-dessus d'un absorbeur métallique dont la face arrière est protégée par un doublage isolant. Ce dernier, caractérisé par sa densité et son épaisseur (de 2 à 5 cm), participe pleinement à la performance thermique. Il peut s'agir d'une laine minérale ou d'une mousse de polyuréthane. Tous ces éléments sont assemblés dans un coffre le plus souvent métallique, étanche mais ventilé, à la fois rigide et autoporteur.

Pincée dans des joints en EPDM, la couverture est assurée par un verre généralement trempé, d'une épaisseur de 3,2 ou 4 mm, et parfois structuré. Dans ce dernier cas, la face arrière du vitrage n'est plus lisse mais structurée : elle comporte des micro-prismes qui limitent les pertes par réflexion. Il est ainsi possible d'atteindre un coefficient de transmission élevé, supérieur à 90 %.

Une variante : les capteurs à tubes sous vide

Les capteurs plan vitrés constituent aujourd'hui la technologie la plus courante en France. Mais elle est concurrencée par les capteurs à tubes sous vide. Ces derniers fonctionnent selon le principe de base suivant : l'eau circule dans une canalisation métallique (*a priori* en cuivre) qui est emprisonnée dans un tube de verre individuel dont le diamètre peut varier entre 4 et 15 cm. Le vide est créé dans cette enveloppe transparente afin de réduire les déperditions thermiques.

Il s'agit en fait d'une famille de produits qui recouvre différentes variantes. Les collecteurs aller et retour sont le plus souvent situés sur le même côté. Les canalisations se pré-

(3) Institut für Solartechnik SPF



Une offre sans cesse élargie



Imerys s'apprête à mettre sur le marché **une tuile thermique** (photo Imerys) conçue pour s'intégrer dans une couverture en tuiles terre cuite.

Dans le cadre de la marque « Ô Solaire », Enerplan référence une liste de 28 SSC et de 49 CESI (à fin octobre 2007). L'offre se partage entre deux catégories principales d'opérateurs.

En premier, les spécialistes du solaire : Calpak, Clipsol, Conergy, ESE, Giordano, Helioakmi, Phoenix, PIAC, Sodeer, Solahart, Solaire Connexion, Sonnenkraft, SunGeoGet, Sunmaster, SunTechnics et Wagner. **En second, les fabricants de chaudières :** ACV, groupe Atlantic (Pacific et Thermor), groupe Baxi (Brötje, Chappée et Idéal Standard), groupe BBT (Buderus, Geminox & ELM Leblanc), Chaffoteaux, Chauffage Français & Riello, De Dietrich, DeVille, Frisquet, Vaillant & Saunier Duval, Viessmann, Weishaupt et Wolf (1).

Par ailleurs, on remarque deux catégories annexes de fournisseurs : les fabricants de tubes (Multibéton, Rehau, Rotex et Roth) et les industriels de la menuiserie (Roto Frank, Schuco et Velux). Une cinquième classe d'acteurs est actuellement en train d'émerger : les producteurs d'éléments de couverture.

Lors du dernier salon Batimat 2007, le fabricant de tuiles terre cuite Imerys a annoncé qu'il allait compléter son offre déjà existante de tuile photovoltaïque par une tuile thermique. Particularité : la surface des panneaux solaires est identique (format horizontal de 190 cm par 47,5 cm), de manière à facilit-

La société Rheinzink fabrique **des profilés en zinc à fonction de capteur thermique non vitré** identifiable uniquement par thermographie (photo Rheinzink) : leur sous-face recouvre un réseau de tubes en matériau de synthèse qui collecte la chaleur du rayonnement solaire sur l'élément de couverture.

ter les mixages et intégrations en toiture. La procédure de certification du capteur thermique a été initiée : l'offre devrait être disponible d'ici la fin du second semestre 2008. Autre fabricant de tuiles qui a profité du salon pour afficher son entrée sur le marché du solaire thermique : la société Terreal. Elle annonce la commercialisation d'un capteur plan vitré pour le printemps 2008. La certification est en cours. De son côté, l'industriel allemand Rheinzink a présenté sur son stand un produit d'ores et déjà disponible et couvert par une certification Solar Keymark : le module **Quick Step Thermo solaire**. D'une surface identique aux profilés standards, c'est-à-dire d'une longueur de 3 m pour une largeur de 36 cm (avec une épaisseur réduite de 25 mm), il est utilisé pour réaliser des toitures en zinc en forme de gradins. Non vitré, il offre une apparence extérieure rigoureusement identique : l'eau circule dans un réseau de petits tubes en matériau de synthèse collés sur la face arrière des éléments de couverture en zinc. Ce module solaire thermique est commercialisé en Allemagne depuis plusieurs années. Il est notamment exploité dans le cadre d'installations de chauffage de l'eau des piscines, ou de préparation de l'eau chaude sanitaire, en liaison avec des pompes à chaleur.

(1) Listes non exhaustives

sentent alors sous la forme soit d'une épingle, soit de deux tubes concentriques. Pour concentrer la chaleur, elles sont recouvertes d'un revêtement noir et peuvent être soudées sur une feuille métallique étroite formant absorbeur. Il arrive que le circuit soit fermé et fonctionne donc sur le principe du Caloduc (avec changement de phase du fluide caloporteur). Parfois, le rayonnement solaire est optimisé par la présence de réflecteurs internes, qui recouvrent la partie basse des enveloppes en verre, ou bien carrément externes. Dans ce dernier cas, les tubes transparents sont disposés au-dessus d'une vaste surface réfléchive qui occupe toute l'emprise du capteur. Son relief en forme de vagues permet de mieux concentrer la chaleur. On parle de capteurs CPC, pour «Compound parabolic concentrator», c'est-à-dire concentrateur à segment parabolique.

Autre variante : les canalisations métalliques peuvent être enfermées dans une double enveloppe en verre avec mise sous vide de l'espace annulaire. Cette technologie occupe une place majoritaire en Chine. Elle fait l'objet de nombreuses importations en France.

Les capteurs à tubes sous vide sont réputés être plus performants que les produits plans vitrés. Un gain de 30 % peut être espéré. Il est ainsi possible de diminuer l'emprise des

installations solaires, ce qui est bien sûr particulièrement intéressant lorsque l'on manque de place. Par contre, il faut rester prudent et bien vérifier les caractéristiques individuelles certifiées des produits : l'efficacité thermique n'est pas toujours supérieure...

Optimiser l'intégration en toiture

Dans le cadre de la certification CSTBât, les Avis Techniques délivrés sous l'égide du CSTB prévoient les modalités de mise en œuvre des capteurs solaires. Deux possibilités de pose sont prévues : l'implantation dite « indépendante sur supports » et celle qui est acceptée comme « intégrée en toiture ».

Dans le cas d'une installation indépendante en toiture inclinée, le capteur est positionné au-dessus de la couverture. Pour des raisons esthétiques et de respect du cadre bâti, il est recommandé de lui donner la même pente que la toiture, même si l'inclinaison est faible et qu'il serait préférable de l'augmenter sur le strict plan de la récupération d'énergie. Un jeu de fixations, cornières et profilés, permet l'accrochage sur la charpente sans porter atteinte à l'étanchéité des éléments



Photo n° 5 (De Dietrich):
Les CESI sont commercialisés sous la forme de kits préfabriqués qui intègrent capteurs, ballon et circulateur avec régulation.

de couverture. En toiture-terrasse, les capteurs peuvent être disposés plus librement. Il est alors possible de mieux les orienter en direction du sud, avec des châssis supports inclinés à 45° : angle correspondant approximativement à un ensoleillement optimum. On pourra même aller jusqu'à 60° dans le cas d'une installation destinée au chauffage.

Dans le cas d'une installation intégrée en toiture inclinée, le capteur va jouer un rôle d'élément de couverture. Cette fonction doit être explicitement prévue dans l'Avis Technique déposé par le fournisseur. Ce n'est pas innocent... En effet, cette technologie engage les constructeurs dans une responsabilité décennale. Par précaution, les industriels encadrent cette possibilité de mise en œuvre. Ils fixent notamment une pente minimale (entre 15 et 25°) en dessous de laquelle la pose est interdite car trop risquée sur le plan de l'étanchéité. Le DTU 65.12 (NF P50-601) vise la « réalisation des installations de capteurs solaires plans à circulation de liquide pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire ». Il est complété par le Cahier du CSTB n° 1612 qui détaille les « recommandations générales de mise en œuvre des capteurs semi-incorporés, incorporés ou intégrés sur une couverture par éléments discontinus » : ouvrages qui nécessitent l'intervention d'un couvreur qualifié selon les préconisations des DTU de la série 40.

Référencement des CESI et SSC

Bien entendu, la normalisation ne se limite pas aux simples capteurs. Elle couvre l'ensemble des composants qui constituent les systèmes solaires. C'est ainsi que les CESI relèvent de la norme NF EN 12976 visant les « kits » préfabriqués en usine. Tandis que les SSC, et les dispositifs de préchauffage de l'eau, sont de leur côté rattachés à la norme expérimentale XP ENV 12977 applicable aux installations assemblées à façon. Cette normalisation constitue le fondement du référentiel technique de sélection pour l'accession à la marque « Ô Solaire » qui a été créée en 2007 par Enerplan. Rappels

que cette association a pris la relève de l'Ademe en 2006 pour établir la liste des matériels éligibles aux subventions délivrées par les collectivités locales.

Destinée à être valorisée par des campagnes de communication, la nouvelle marque ne révolutionne pas le système de référencement. Elle en constitue une suite logique et a été simplement accompagnée par la mise en place de critères de sélection complémentaires, tels que des ratios de dimensionnement. En l'occurrence, dans le cas des CESI, il est demandé une surface minimale de capteur de 1,50 m². De plus, il faut prévoir des ballons d'une capacité de 45 à 110 litres par m² de capteurs plans vitrés, ou de 60 à 140 litres par m² de capteurs à tubes sous vide. Dans le cas des SSC, le référentiel fixe à 6 m² la surface minimale de capteurs à tubes sous vide. La limite passe à 8 m² pour les capteurs plans vitrés. Toutefois, des dérogations sont accordées aux fournisseurs de systèmes innovants qui apportent la preuve de la performance de leur technologie.

Par ailleurs, des critères techniques additionnels ont été rajoutés. En sortie de ballon d'ECS, la présence d'un mitigeur thermostatique ou d'un dispositif équivalent est exigée. Le fluide caloporteur doit disposer d'un Avis favorable de l'AFSSA et/ou d'une homologation du ministère de la Santé. Pour les CESI, dans le cas d'un appoint électrique, il faut que la puissance de la résistance soit inférieure à 12 W par litre de contenance du ballon. Pour les SSC, on demande à l'industriel de fournir toutes les notices de montages utiles, complétées par une note éventuelle sur le dimensionnement du vase d'expansion.

Qualification des installateurs

Autre constante sur laquelle il faut insister : l'obtention des aides est subordonnée à la sollicitation d'un professionnel titulaire de l'appellation Qualisol (4). Initialement mise en place par l'Ademe, cette marque de qualification est gérée depuis

(4) Voir le site Internet www.qualisol.com.



2006 par l'association Qualit'EnR à laquelle adhèrent les principales organisations professionnelles d'installateurs : Capeb, UCF-FFB (Union climatique de France), UNCP-FFB (Union nationale des chambres syndicales de couverture et de plomberie), FFIE (Fédération française des installateurs électriciens) et Technosolar. Près de 12 000 entreprises se sont d'ores et déjà engagées dans cette démarche de plus en plus exigeante. Les demandeurs doivent signer une charte de qualité décomposée en 10 points. Au-delà des critères habituels de qualification et d'expérience, il leur faut apporter la preuve de leur compétence en solaire : justification d'une liste de trois références réalisées au cours des trois dernières années.

Lorsque les professionnels ne disposent pas d'un acquis et d'une pratique suffisante, il leur est imposé de suivre un stage validé par la réussite à un QCM (questionnaire à choix multiple). En 2007, Qualit'EnR a élaboré deux nouveaux référentiels de formation : un pour les CESI et un autre pour les SSC. La session consacrée au CESI est passée de deux à trois jours. Elle comprend deux journées de cours « théoriques » pendant lesquels on aborde notamment les points suivants : estimation des besoins et dimensionnement, les règles de

pose, la réception des installations, le suivi du fonctionnement et le service après-vente, le diagnostic des pannes... Le stage est complété par une journée entière consacrée aux « travaux pratiques » : sécurité et accès au toit pour implanter les capteurs, régulation, mise en service et maintenance d'une installation. Les organismes de formation doivent être dotés d'une plate-forme pédagogique. Pour permettre à chacun d'intervenir réellement, les groupes sont composés de quatre personnes maximum.

Enfin, la procédure d'audit a été affinée. Chaque entreprise Qualisol sait qu'elle fera l'objet d'au moins une vérification tous les trois ans. Le contrôle s'effectue en amont sur dossier, puis en aval par des visites sur site avec étude visuelle des équipements et prise de photos. La durée de l'inspection ne peut excéder une demi-journée. L'auditeur prépare un rapport et note la prestation. Quatre niveaux de qualité sont définis : excellent, moyen, insuffisant et défaillant. Dans l'avant dernier cas, le professionnel doit remettre en conformité l'installation avec contre-visite de contrôle. Dans le dernier cas, il est suspendu de l'appellation.

Photo Viessmann

Alain Sartre

LES PRATIQUES PROFESSIONNELLES PEUVENT ÉVOLUER

Pierre Mas est artisan plombier chauffagiste installé à son compte depuis 18 ans. Il bénéficie de l'appellation Qualisol depuis 2001, ce qui lui a d'ailleurs valu d'être audité par trois fois. Membre de la Capeb, il y assure une fonction de conseiller professionnel dans le domaine du solaire.

Implantée à Ramonville, en Haute-Garonne, son entreprise emploie six salariés. Le solaire thermique représente aujourd'hui près du tiers de son chiffre d'affaires. « Nous réalisons essentiellement des CESI », précise-t-il, même s'il compte à son

actif plusieurs SSC. Les installations équipent le plus souvent des maisons existantes. En règle générale, les capteurs ne sont pas intégrés dans la toiture : ils sont superposés à la couverture.

La nécessité de monter sur le toit pour implanter les capteurs pose-t-elle un problème ? « Pas vraiment... juge Pierre Mas. Nous avons la chance de vivre dans une région où les toitures sont peu inclinées, ce qui facilite nos interventions », explique-t-il. Par ailleurs, les entreprises locales possèdent souvent une activité de zinguerie, ce qui les familiarise avec les travaux en hauteur.

Pour l'instant, la pose des capteurs est exclusivement assurée par les chauffagistes. La venue prochaine sur le marché des industriels de la couverture risque de changer quelque peu les méthodes de travail. La mise en œuvre des capteurs conçus comme des « tuiles thermiques » sera à l'avenir réservée aux couvreurs. Sur ce type d'installation, l'intervention des plombiers s'arrêtera alors au raccordement hydraulique. « Il va falloir adapter nos pratiques professionnelles, mais je pense que cette évolution se fera en douceur dans la mesure où le marché continue à progresser », estime Pierre Mas.