



**HAL**  
open science

## Les systèmes solaires combinés : méthode et analyse des résultats obtenus par 20 suivis sur site

Jean-Jacques Bézian

► **To cite this version:**

Jean-Jacques Bézian. Les systèmes solaires combinés : méthode et analyse des résultats obtenus par 20 suivis sur site. JITH 2007, Aug 2007, Albi, France. 5p. hal-00157507

**HAL Id: hal-00157507**

**<https://hal.science/hal-00157507>**

Submitted on 29 Aug 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# LES SYSTEMES SOLAIRES COMBINES : METHODE ET ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS PAR 20 SUIVIS SUR SITE

Jean Jacques BEZIAN

Centre RAPSODEE – UMR CNRS 2392 Ecole des Mines d'Albi 81000 ALBI

bebian@enstimac.fr

**Résumé :** Les systèmes solaires combinés (SSC) sont des procédés solaires qui sont conçus pour participer aux besoins de chauffage des locaux et de l'eau chaude sanitaire des maisons individuelles. Devant la croissance continue du marché de ces installations, un programme d'évaluation des performances des SSC a été mis en place. Notre laboratoire a pris en charge le suivi sur site de 20 maisons individuelles, neuves ou anciennes, pendant plus de 18 mois. Après avoir défini précisément la métrologie, nous avons analysé les mesures acquises et justifié les meilleures performances d'un type de SSC par rapport aux autres.

**Mots clés :** Chauffage solaire, performances énergétiques, énergétique et bâtiment

## 1. INTRODUCTION

Les systèmes solaires combinés (SSC) sont des procédés solaires qui produisent une partie des besoins de chauffage des locaux et de l'eau chaude sanitaire (ECS) des maisons individuelles. Devant l'augmentation très importante du marché de ces installations, un programme d'évaluation des SSC a été mis en place en France par l'ADEME afin d'évaluer les performances énergétiques des systèmes faisant l'objet d'une politique de diffusion.

Une méthode originale d'évaluation par mesures sur site a été mise au point, basée sur des travaux de l'Agence Internationale de l'Energie. Elle permet de comparer les performances réelles obtenues sur le terrain à celles de la même maison construite selon la réglementation thermique 2000 sans SSC. 5 opérateurs industriels ont accepté que certaines gammes de leurs produits soient évaluées *in situ* durant au moins 18 mois. Notre laboratoire a ainsi eu en charge le suivi de 20 maisons individuelles, neuves ou anciennes, de 3 constructeurs, réparties sur 5 régions. Ces mesures ont permis de faire des bilans des besoins en chauffage et eau chaude sanitaire, et des apports par le SSC et l'appoint, tout en les corrélant aux données météorologiques réelles. On a pu ainsi comparer les résultats des planchers solaires, à ceux obtenus par des systèmes à hydro accumulation.

Après une présentation de la méthode employée et un descriptif synthétique des maisons suivies et de la métrologie installée, nous proposons une analyse comparative des résultats obtenus.

## 2. LES SUIVIS SUR SITE

### 2.1. La méthodologie

Pouvoir comparer les performances de divers types de SSC n'est pas aussi évident que cela peut le paraître. Une forte production du champ de capteurs solaires peut masquer une

inefficacité du système telle que certaines installations consomment plus d'énergie avec l'installation solaire que sans. Ainsi, il n'est pas suffisant de connaître la productivité (quantité d'énergie délivrée annuellement par  $m^2$  de capteur), ou la fraction solaire (part des besoins de chauffage et d'eau chaude couverts par l'énergie solaire), pour caractériser correctement un SSC. Ces deux indicateurs ne s'appliquent qu'à la partie solaire du système, et ne donnent aucune indication sur son fonctionnement global. La vraie question est de connaître l'économie d'énergie d'appoint apportée par le SSC en comparaison avec une installation conventionnelle sans partie solaire, appelée installation de "référence", qui aurait fourni le même service : il s'agit du taux d'économie d'énergie (FSAV), rapport entre cette économie et la consommation de l'installation de "référence", calculée selon les exigences de la réglementation thermique. Pour pouvoir confronter utilement les taux d'économie pour différents SSC, il faut comparer la valeur de FSAV pour le système réel avec la valeur théorique maximale qu'aurait un SSC idéal sans pertes. Cette grandeur est appelée Fraction Solarisable des Consommations (FSC).

Une méthode « universelle » basée sur l'utilisation de ces 2 variables a été développée au cours de l'année 2001 à partir des réflexions d'un groupe de travail de l'Agence Internationale de l'Energie [1].

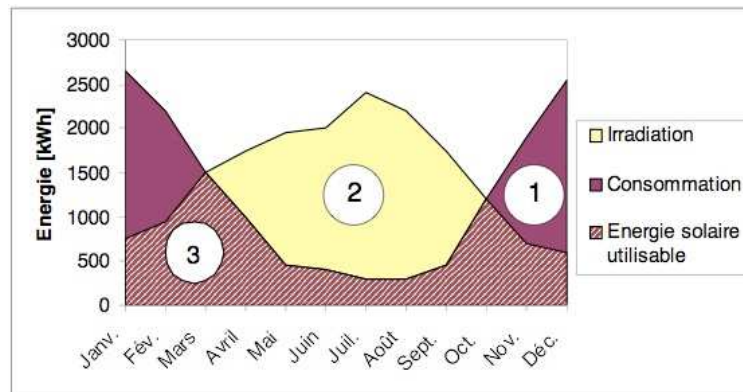


Figure 1 : définition de la fraction solarisable des consommations

Sur la figure 1, la zone 1 représente les besoins énergétiques d'une maison individuelle. Ces besoins sont très importants en période hivernale, et sont limités aux besoins en eau chaude sanitaire l'été. La zone 2 correspond au produit du flux solaire global dans le plan des capteurs par la surface de captation. C'est l'énergie qu'on pourrait récupérer si tous les rendements étaient égaux à 1. La partie claire de la zone 2 correspond à l'énergie solaire inutile, et montre la mauvaise adéquation entre les besoins énergétiques et la ressource solaire. La zone 3 correspond donc à la partie des besoins qui pourrait effectivement être couverte par l'énergie solaire si le système installé avait un rendement de 1.

Des calculs théoriques sur divers types de SSC ont ensuite été effectués pour divers climats, dont certains ont été confrontés à des mesures sur site. On en a déduit un diagramme FSAV/FSC, tel que visualisé ci dessous pour un type de SSC donné.

Sur la figure 2, on peut constater que pour le même type de SSC, quelle que soit la qualité de la maison (illustrée par ces consommations annuelles au  $m^2$ ), le climat ou la taille du champ de capteurs solaires, tous les points représentatifs s'alignent sur une courbe très proche d'une droite. C'est cette courbe qui représente l'efficacité intrinsèque du SSC.

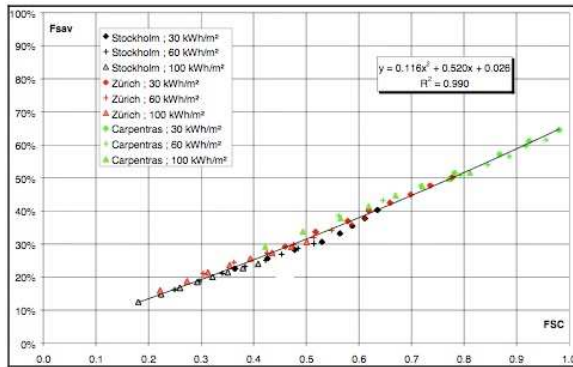


Figure 2 : caractéristique FSAV/FSC d'un SSC

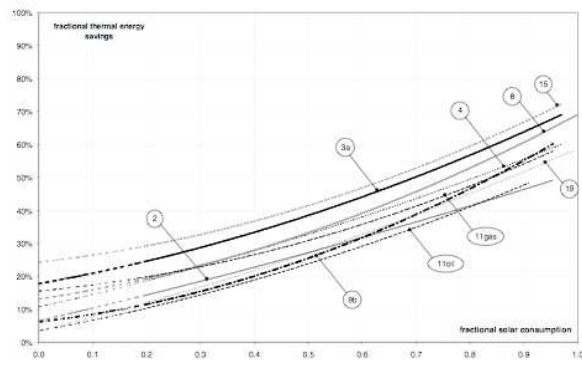


Figure 3 : caractéristiques d'une dizaine de SSC

Des courbes caractéristiques de divers SSC ont été regroupées sur la figure 3. L'enveloppe des courbes correspond donc à l'ensemble des résultats obtenus pour un certain nombre de SSC testés.

## 2.2. Les sites choisis

Ces courbes étant issues de calculs théoriques, il était intéressant d'essayer de situer les performances réelles de SSC sur site, dans des maisons individuelles habitées. Dans le cadre d'un programme national, nous avons pris en charge le suivi de 20 installations de SSC de 3 fabricants réparties sur 5 régions. Elles sont situées à des altitudes comprises entre 0 (en Bretagne) et 1800 m (dans les Alpes), avec une médiane à 500 m.

Les surfaces chauffées par le SSC vont de 45 à 250 m<sup>2</sup>, avec des surfaces de capteurs de 8,8 à 26 m<sup>2</sup>, et des ratios « surface capteurs / surface chauffée » allant de 5 à 22 %. L'énergie d'appoint est du fioul (6 installations), du gaz (naturel ou propane : 8), de l'électricité (5) et du bois (1). Dans la plupart des installations, un poêle à bois ou une cheminée (avec ou sans insert) complète l'offre énergétique. Nous avons testé 10 maisons neuves (ou très récentes) et 10 maisons anciennes (plus ou moins rénovées).

## 2.3. Les 2 types de SSC

8 installations sont équipées d'un SSC de type « plancher solaire direct », avec un stockage de 330 litres réservé uniquement à l'ECS, dont certaines associent une émission par un ou plusieurs radiateurs.

Les 12 autres possèdent un stockage d'eau chaude de 500 à 2000 litres, certaines n'émettant que par un plancher, d'autres par des radiateurs, ou encore par des circuits mixtes (planchers – radiateurs).

## 2.4. La métrologie installée

Nous avons tout d'abord essayé de définir la métrologie la plus adaptée, d'après le cahier des charges de la campagne de mesures, et en fonction des spécificités de chacun des systèmes installés.

Elle est basée sur l'utilisation de sondes PT1000 pour toutes les mesures de température, de débitmètres à tête lectrice d'impulsion pour tous les débits, sauf pour le circuit d'ECS, sur

lequel nous avons installé un compteur d'énergie à ultrasons. Nous avons développé notre propre système d'acquisition – transfert de données par modem GSM, ainsi que la base d'analyse installée sur le serveur chargé de collecter les informations. La cadence d'acquisition était de 8 mn, avec transfert des données tous les jours. Les traitements sont effectués sur une base mensuelle.

### 3. LES RESULTATS OBTENUS

#### 3.1. Les principaux bilans énergétiques

Nous avons collecté plus de 360 mois de mesures sur ces diverses installations, et un certain nombre de conclusions intéressantes ont pu être synthétisées.

##### 3.1.1. L'eau chaude sanitaire

Tous les usagers consomment notablement moins d'ECS que ce qui avait été prévu. Suivant les installations, les besoins mesurés sur site sont de – 20 à – 80 % inférieurs à ceux prédits par les bureaux d'études. En fait, ceux ci ont repris les valeurs standards, de 50 litres d'eau à 50 °C par personne et par jour, alors que la réalité du terrain est plutôt comprise entre 20 et 30 litres.

##### 3.1.2. La température de consigne

La température intérieure mesurée, en période de chauffe, dans toutes les habitations suivies, est toujours supérieure aux 19 (18) °C pris en compte dans les calculs de dimensionnement, et très souvent supérieure à 21 °C. Cela diminue donc, de fait la [FSC] pour chacune des installations, et diminue aussi la « fraction solaire ».

##### 3.1.3. Les besoins en chauffage des bâtiments

Pour la plupart des maisons suivies, qu'elles soient neuves ou très anciennes, on constate que le dimensionnement des bureaux d'études sous estime de façon non négligeable le coefficient B des habitations à chauffer, d'environ 30 %. Il est difficile de faire la part des choses entre le comportement des occupants et l'efficacité de la pose des différents procédés permettant la diminution des besoins.

##### 3.1.4. La production utile des capteurs

La production utile des capteurs solaires est très variable, entre 200 et 800 kWh/m<sup>2</sup>/an (meilleurs résultats en haute montagne, avec d'importants besoins de chauffage presque toute l'année et un fort ensoleillement). La priorité au chauffage « basse température » en plancher solaire direct s'est avérée très efficace. Par contre, sur certaines installations à hydro accumulation, des mauvais réglages ont souvent pénalisé l'efficacité des capteurs solaires.

#### 3.2. Les résultats globaux sur les 2 types de SSC

Les résultats obtenus par ce travail ne sont pas très optimistes : les performances mesurées sur les différents sites pour les différents types de systèmes solaires combinés sont, sauf pour les planchers solaires directs, très en dessous des performances attendues.

Seul le plancher solaire direct (4 points sur 7 sur la figure 4), système pour lequel, en période de chauffage, les calories solaires passent directement des capteurs au plancher chauffant, a des performances intéressantes. Le même système associé aussi à des radiateurs a déjà de moins bonnes performances.

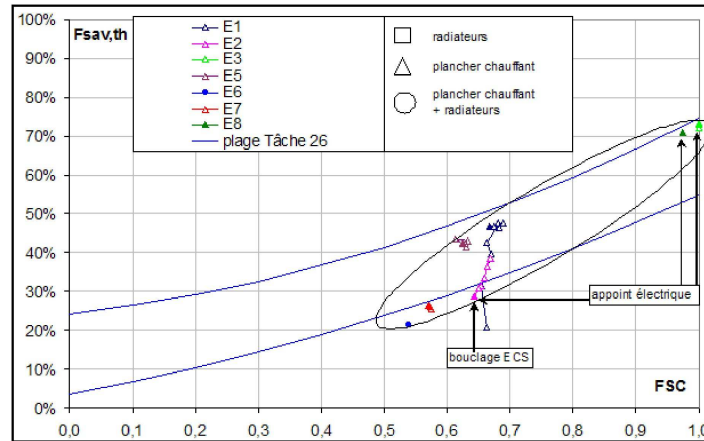


Figure 4 : résultats obtenus pour les planchers solaires directs

Par contre, tous les systèmes à hydro accumulation, sauf ceux utilisant des ballons très sophistiqués et surisolés, ont des pertes thermiques qui nuisent grandement à leur efficacité, et seraient représentés par des courbes au niveau inférieur ou en dessous de la zone définie par l'étude déjà citée.

#### 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons suivi de façon très précise le comportement de 20 SSC installés dans des maisons individuelles habitées. Ces SSC étaient conçus selon 2 principes différents avec ou sans hydro accumulation.

Les résultats obtenus peuvent être classés en 3 catégories :

- les « planchers solaires directs purs », pour lesquels, en hiver, l'eau passe directement des capteurs au plancher chauffant, ont les meilleures performances, avec un positionnement selon les critères RSAV/FSC proche de l'optimum ;
- les planchers solaires directs associés à des circuits de radiateurs ont de moins bonnes performances, et sont rejoints par les meilleurs systèmes à hydro accumulation (ceux qui utilisent des ballons de stockage à stratification et sur isolés : leur performances sont juste acceptables, et légèrement inférieures aux prévisions ;
- tous les autres SSC à hydro accumulation, même quand ils ne pâtissent pas de mauvais réglages, ont des performances médiocres, largement inférieures aux prévisions : ils risquent de nuire à l'image très positive dont bénéficie actuellement l'énergie solaire.

Il faut donc continuer à améliorer la conception des SSC, notamment pour diminuer les pertes thermiques des systèmes avec hydro accumulation, et éliminer le plus possible les sources de dysfonctionnement.

De plus, même les meilleurs systèmes ne peuvent couvrir qu'une partie seulement des besoins de chauffage en hiver : une bonne solution solaire globale serait d'associer des éléments passifs (de type Mur Trombe) aux meilleurs SSC.

#### Référence

- [1] Thomas LETZ : Les systèmes solaires combinés : quel bilan et quel avenir ?  
Présentation aux journées thématiques SFT – IBPSA, Le Bourget du Lac, 21 mars 2006