

**CONVENTION D'ASSISTANCE TECHNIQUE
DANS LE CADRE DU PLAN SOLEIL**

**Note portant sur la fixation
d'exigence minimum en matière de
performance thermique des
capteurs solaires et des chauffe-eau
solaires**

**CONVENTION D'ASSISTANCE TECHNIQUE DANS LE CADRE DU
PLAN SOLEIL**

**Note portant sur la fixation d'exigence minimum en
matière de performance thermique des capteurs solaires et
des chauffe-eau solaires**

*Carol BUSCARLET - Dominique CACCAVELLI – Bouzid
KHEBCHACHE*

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa
forme intégrale, sauf clauses spécifiques explicitées dans
la convention liant le CSTB et le donneur d'ordre.
Toute reproduction, même partielle, devra mentionner le
CSTB et le ou les auteurs".
Il comporte 13 pages

Client : ADEME
Responsable : Y. BOILEAU
Marché n° : 05.05.C0123
JANVIER 2006
DD/ENR N° 06-002RS

DIFFUSION RESTREINTE

RESUME

OBJET :

Cette note a comme objectif de contribuer à la fixation de seuils minimaux de performance thermique pour les capteurs solaires et les chauffe-eau solaires.

Ces seuils sont destinés à être intégrés, après concertation et accord des différents acteurs de la filière solaire thermique, dans la loi de finance 2007 en tant que critères d'éligibilité au crédit d'impôt.

Afin de déterminer ces seuils, des simulations ou des essais ont été réalisés sur tous les capteurs solaires et les chauffe-eau solaires bénéficiant d'un Avis Technique.

Il ressort de cette étude, les propositions suivantes :

- Capteurs solaire : valeur seuil de **730 kWh/m²** pour un climat moyen français
- CESI : valeur seuil de **330 kWh/m²** pour un climat moyen français

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	5
2. PERFORMANCE THERMIQUE DES CAPTEURS SOLAIRES.....	6
3. PERFORMANCE THERMIQUE DES CHAUFFE-EAU SOLAIRES.....	8
ANNEXE 1.....	11

1. INTRODUCTION

Cette note a comme objectif de contribuer à la fixation de seuils minimaux de performance thermique pour les capteurs solaires et les chauffe-eau solaires.

Ces seuils sont destinés à être intégrés, après concertation et accord des différents acteurs de la filière solaire thermique, dans la loi de finance 2007 en tant que critères d'éligibilité au crédit d'impôt.

Afin de déterminer ces seuils, des simulations ou des essais ont été réalisés sur tous les capteurs solaires et les chauffe-eau solaires bénéficiant d'un Avis Technique.

2. PERFORMANCE THERMIQUE DES CAPTEURS SOLAIRES

Il n'existe ni en Europe ni en France de méthode normalisée permettant de déterminer la performance thermique annuelle d'un capteur solaire (en kWh/m².an).

Jusqu'à présent la performance d'un capteur solaire était représentée par une courbe exprimant son efficacité en fonction d'un paramètre proportionnel à l'écart entre la température moyenne du fluide à l'intérieur du capteur et la température extérieure :

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$$

Un capteur est donc être caractérisé par 3 paramètres : η_0 , a_1 et a_2 .

Tout récemment, afin de permettre la comparaison entre filières ENR, il a été décidé d'exprimer la performance d'un capteur solaire sous la forme d'une courbe reliant la puissance (en W) délivrée par ce capteur à l'écart entre la température moyenne du fluide à l'intérieur du capteur et la température extérieure, pour un rayonnement incident conventionnel (G) de 1000 W/m² :

$$\dot{Q} = A \cdot G \cdot \left(\eta_0 - a_1 \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_a)}{G} \right)$$

Il devient alors possible de caractériser chaque capteur par sa puissance crête (en W) égale à :

$$P_c = A \cdot G \cdot \eta_0$$

où A représente la surface du capteur (surface d'entrée ou surface d'absorbeur) en m².

A défaut d'avoir une méthode normalisée pour calculer la performance thermique annuelle d'un capteur solaire, plusieurs pays ont recour à des modèles de calcul dynamique (Polysun en Suisse, Trnsys en Allemagne).

La performance thermique annuelle d'un capteur solaire n'a de sens que si l'on définit précisément les conditions dans lesquelles cette performance a été calculée. Deux possibilités existent :

- le capteur solaire est intégré dans un système solaire (un chauffe-eau par exemple). Sa performance dépend alors fortement des autres caractéristiques du système (ballon, régulateur) et bien sûr des besoins en eau chaude et du climat. La performance thermique est alors plus faible.
- Le capteur solaire est partiellement dissocié du système solaire (préchauffage d'eau chaude par exemple). Sa performance dépend essentiellement du climat. On atteint alors des niveaux de performance supérieurs à ceux calculés dans le premier cas de figure.

En Suisse, le site internet du SPF (<http://www.solarenergy.ch/spf/>) permet de calculer les performances thermiques d'un grand nombre de capteurs solaires dans les deux cas de figure. En Allemagne, l'attribution du certificat « ange bleu » est donné aux capteurs solaires ayant une performance thermique annuelle supérieure à 525 kWh/m².an calculée dans les conditions du cas de figure 1 (pour un besoin en ECS de 200 litres par jour) à 50°C.

Dans les calculs qui vont être présentés ci-dessous, **c'est le cas de figure n° 2** (préchauffage eau chaude sanitaire) qui a été retenu et ce pour deux raisons essentielles :

- Le seuil minimal de performance du capteur solaire est fixé indépendamment de l'usage qui est fait du capteur (CESI, SSC, ECS collective). Il est donc naturel de chercher à caractériser le capteur solaire et non pas le système qui lui est associé.
- Il y aura deux seuils de performance minimale, l'un pour le capteur et l'autre pour le CESI. Il n'est donc pas nécessaire d'être redondant.

Nous avons déterminé par simulation la performance thermique annuelle de tous les capteurs solaires sous Avis Technique (62 modèles de capteurs) et ce pour 3 climats :

- Zone H1 (Strasbourg)
- Zone H2 (Bordeaux)
- Zone H3 (Nice)

Nous avons également calculé cette performance pour un climat « moyen » français correspondant à une moyenne pondérée des trois climats (en fonction de l'importance de chacune des zones soit 60% pour la zone H1, 30% pour la zone H2 et 10% pour la zone H3).

Les capteurs sont orientés au Sud et inclinés à 45 °C.

L'outil de simulation utilisé est SIMSOL. Les résultats sont exprimés en kWh par an et par m² (de surface d'entrée) de capteurs solaires. Cette représentation engendre deux types d'inconvénient :

- Plus la surface d'entrée du capteur solaire est grande et plus la productivité (par m²) du capteur est faible. Ceci pénalise les capteurs Ritter par exemple qui sont équipés de réflecteurs, d'où une surface d'entrée plus grande. Si ces mêmes capteurs n'avaient pas de réflecteurs, ils produiraient moins d'énergie ... mais auraient une productivité plus grande ! Il faudrait pouvoir tantôt utiliser la surface d'entrée, tantôt la surface hors tout mais ceci compliquerait beaucoup la démarche.
- La productivité solaire est une représentation purement énergétique. Imaginons un capteur moins performant mais également bien moins cher, il peut être intéressant d'installer une surface plus grande de ce capteur pour une même performance globale mais pour un coût moindre.

Les résultats des simulations sont donnés en annexe 1. On constate que les capteurs sous vide présentent une très bonne productivité à l'exception des capteurs de chez Ritter Solar (voir explication ci-dessus). Ceci est dû au fait qu'ils ont une surface d'entrée faible. L'écart entre le capteur plan le plus performant et le moins performant est de l'ordre de 30% ce qui est supérieur à l'incertitude de mesure sur la détermination des caractéristiques des capteurs solaires (10%).

Nous avons tracé pour le climat moyen français la monotone des productivités solaires obtenus par calcul.

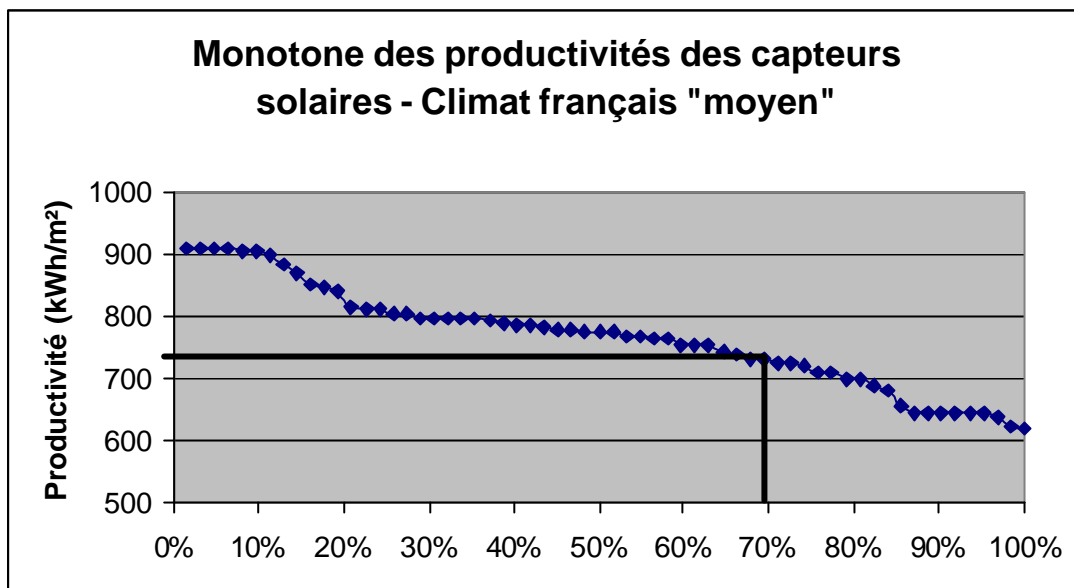


Figure 1 – Monotone des productivités des capteurs solaires obtenus par calcul pour le climat français moyen

Cette figure permet de constater que 100% des capteurs ont une productivité supérieure à 600 kWh/m² et par an. Cette figure est un précieux moyens pour déterminer les seuils minimaux. Par exemple, si l'on estime que 30% des produits présents sur le marché français devraient être éliminés, le **seuil pourrait alors être fixé à 730 kWh/m²**. Si l'on ne veut éliminer que 20% des produits, alors **ce seuil serait de 700 kWh/m²**. Il convient toutefois d'être assez exigeant sur le niveau de performance des capteurs sans quoi l'on risquerait de brider tout effort de développement sur les systèmes solaires.

Nous avons cherché à situer les valeurs calculées par SIMSOL sur le climat moyen Français par rapport à celles obtenues avec POLYSUN sur le climat moyen Suisse pour quelques capteurs solaires (tableau 1).

Fabricant	Chromagen	Buderus	Viessmann
Modèle	CR-120	Logasol SKS	Vitosol 200 D20
POLYSUN (kWh/m ²)	726	770	791
SIMSOL (kWh/m ²)	699	774	909

Tableau 1 – Comparaison des résultats

En dehors du capteur Viessmann (tube sous vide), les résultats sont assez proches entre la Suisse et la France.

3. PERFORMANCE THERMIQUE DES CHAUFFE-EAU SOLAIRES

Contrairement aux capteurs solaires, il existe une méthode, basée sur des essais en laboratoire, permettant de calculer la performance énergétique annuelle d'un chauffe-eau solaire fabriqué en usine.

Actuellement 9 chauffe-eau solaires ont été testés au CSTB suivant la EN 12976-2 (5 à appoint électrique, 3 à appoint hydraulique et 1 sans appoint).

Les calculs ont été réalisés dans les conditions suivantes :

- Climats :
 - 2 climats ont été retenus :
 - Zone H1 (Strasbourg)
 - Zone H3 (Nice)
- Profil de puisage : suivant le mandat M324 (profil de puisage européen)
- Besoins en ECS¹ :
 - Pour un volume de ballon inférieur à 350 litres, besoin = 200 litres par jour à 45°C
 - Pour un volume de ballon supérieur à 400 litres, besoin = 300 litres par jour à 45°C

Les résultats sont donnés dans les tableaux 2 et 3.

	Productivité énergétique du CESI (kWh/m ² .an)					
	Cesi 1	Cesi 2	Cesi 3	Cesi 5	Cesi 6	Cesi 8
Surface capteur (m ²)	4.24	4.24	5.03	5.03	4.07	3.23
Volume ballon (litre)	300	300	300	350	252	300
Strasbourg	205	331	313	305	245	426
Nice	355	492	435	447	362	648

Tableau 2 – Productivité solaire annuelle des CESI testés au CSTB

	Productivité énergétique du CESI (kWh/m ² .an)		
	Cesi 4	Cesi 7	Cesi 9
Surface capteur (m ²)	5.03	4.05	3.23
Volume ballon (litre)	400	400	500
Strasbourg	377	582	657
Nice	562	694	894

Tableau 3 – Productivité solaire annuelle des CESI testés au CSTB

On constate la encore que la représentation de la performance d'un CESI sous forme d'une productivité solaire peut conduire à des comportements étranges. Ainsi le CESI 9 est favorisé du

¹ Ces valeurs restent conventionnelles. Sur le terrain on relève des consommations beaucoup plus faibles de l'ordre de 120 litres par jour.

fait d'une surface moindre de capteur bien que son volume de ballon (et donc ses pertes) soit très important.

Il est difficile de faire un traitement statistique sur un nombre aussi limité de données.

La moyenne est de 380 kWh/m² pour Strasbourg et de 540 kWh/m² pour Nice². L'idée qui pourrait être retenue serait d'avoir un seuil minimal plus favorable pour les CESI de manière à inciter les fabricants à venir faire tester la performance de leur CESI en laboratoire.

Une valeur seuil de 330 kWh/m² voire de 350 kWh/m² pourrait être proposée.

² La moyenne des productivités solaires des CESI mesurées durant la campagne de mesure des 120 CESI était de 210 kWh/m² par an.

ANNEXE 1

Productivité des capteurs solaires

Fabricants	Marques	Performance annuelle des capteurs solaires (kWh/m ²)			Capteurs plan ou à tubes sous vide
		Nice	Bordeaux	Strasbourg	
Viessmann S.A.	Vitosol 200 D20	1165	990	825	tubes sous vide
Viessmann S.A.	Vitosol 200 D30	1164	989	825	tubes sous vide
Viessmann S.A.	Vitosol 200 D10	1160	986	823	tubes sous vide
Schott	ETC16	1152	979	817	tubes sous vide
Thermomax Ltd	SOLAMAX 20	1136	964	804	tubes sous vide
Thermomax Ltd	SOLAMAX 30	1118	948	791	tubes sous vide
Okipoo	Sunpro	1091	924	774	
ESE S.A.	Ecosol 2.00	1077	919	773	
ESE S.A.	Ecosol 2.32	1069	912	767	
Roth	Roth F2	1040	886	745	
Wagner & Co.	EURO C32	1029	879	740	
Max Weishaupt	WTS-F	1026	878	740	
GREENNone TEC	FK 6000	1023	871	733	
Zenit	Thermic	1024	872	733	
Rotex	Solaris V 26	1012	865	728	
Grasokol	Enersol GKAN GKAQ	1017	866	728	
Schüco	Schücosol K-S	1013	864	728	
Schüco	Schücosol K-S.1	1013	864	728	
Schüco	Schücosol K-S.2	1013	864	728	
Schüco	Schücosol S	1007	862	726	
GREENNone TEC	FK 7300	1007	858	720	
Solahart Industries	Ko Oyster	999	855	719	
Sonnenkraft Vertriebs GmbH	SK 500	1002	854	718	
New point products	Sunmaster SK20 LM	997	850	716	
Viessmann S.A.	Vitosol 100 1.7	990	844	710	
Buderus chauffage S.A.	Logasol SKS	979	839	708	
Viessmann S.A.	VitoSol 100 2.5	983	839	706	
Velux	CLI 2000 S 06	977	834	702	
Velux	CLI 2000 S 10	977	833	701	
Schüco	Schücosol S.1	971	831	699	
Schüco	Schücosol S.2	971	831	699	
GREENNone TEC	FK 7200	960	817	688	
De Dietrich thermique	Dietrisol PRO 2.5	959	817	687	
Schüco	Schücosol	959	817	687	
Clipsol	Clipsol TGD	942	805	678	

Fabricants	Marques	Performance annuelle des capteurs solaires (kWh/m ²)			Capteurs plan ou à tubes sous vide
		Nice	Bordeaux	Strasbourg	
Buderus chauffage S.A.	Logasol SKN	932	800	674	
Pacific Industries	SR2	916	795	670	
J. Giordano industries	C8/8 C8/12 SHI HSHI	930	794	669	
Phönix Sonnenwärme	Infinity 21	920	788	663	
Schüco	Col 2	920	788	663	
Schüco	Schücosol COL2	911	780	657	
De Dietrich thermique	Dietrisol PRO 2.3	899	770	649	
Solahart Industries	Mo Oyster	898	769	648	
Chromagen	Solarsonic CR 120	884	758	638	
De Dietrich thermique	DD-SOL 1	888	757	637	
Chromagen	Solarsonic CR 110	873	748	630	
J. Giordano industries	C8/8 C8/12 SU HSU	863	741	623	
Cofer Solar	HRS2	828	713	600	
Ritter Solar	21 Star azzuro	837	702	587	tubes sous vide
Ritter Solar	30 Star azzuro	837	702	587	tubes sous vide
Ritter Solar	14 Star azzuro	837	702	587	tubes sous vide
Ritter Solar	32 AllStar	839	701	586	tubes sous vide
Ritter Solar	40 AllStar	839	701	586	tubes sous vide
Ritter Solar	45 Star azzuro	839	700	584	tubes sous vide
Solahart Industries	modèle L	798	694	584	
Helioakmi	ST 2500	788	679	571	
Helioakmi	ST 2000	778	672	565	