

**Comparer le rendement
des capteurs solaires,
capteur plan
et capteur tubes,
Prix au Watt effectivement
récupéré**

Dans nos plages d'utilisation, les capteurs plans sont meilleurs que les capteurs tubes, pourquoi ?

Réponse générale:

Par rapport à leur surface hors tout (la surface totale occupée par le capteur),

les capteurs tubes ont leurs surfaces d'entrées (les absorbeurs à l'intérieur des tubes) très petites mais très protégées, très isolées par les tubes sous vide,

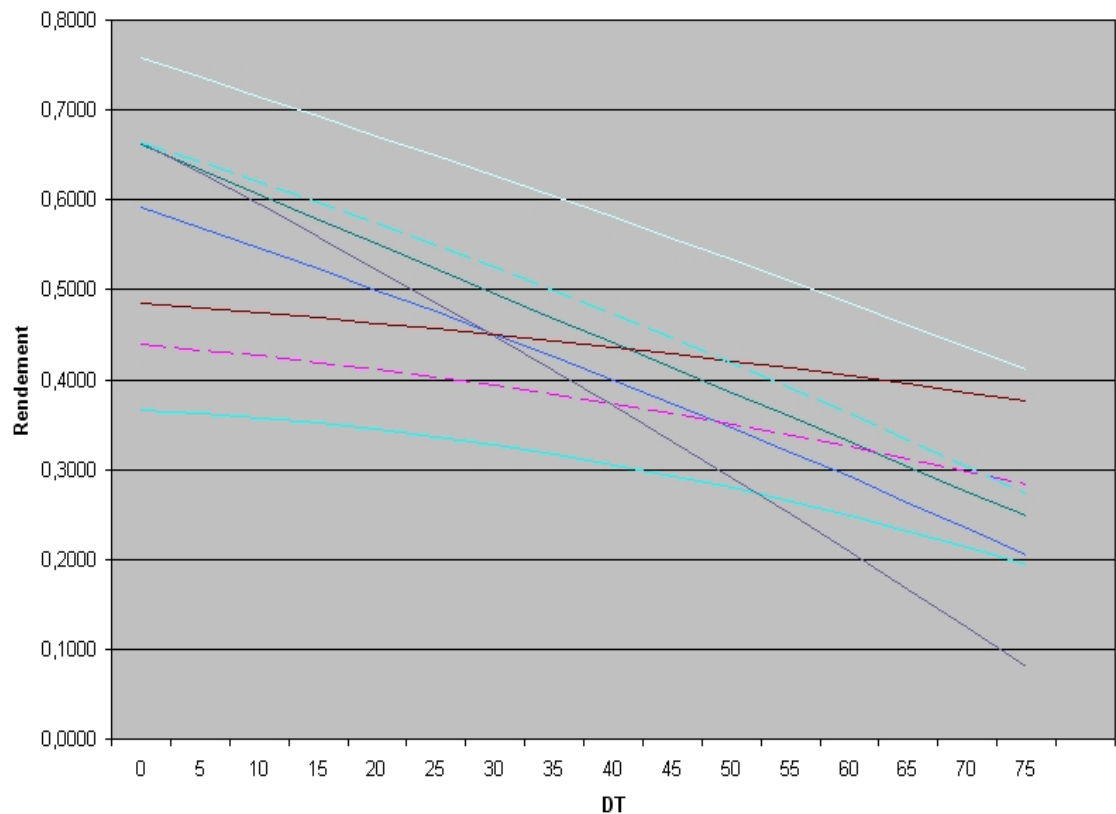
les capteurs plans ont une grande surface d'entrée d'absorbeurs mais isolée seulement par le fond et les cotés.

les coef de rendement donnés par les solar keymark ne le sont que pour les surfaces d'entrées, ce qui ne permet pas au néophyte de se faire une idée précise des différences de performances réelles. Dans la réalité , une surface hors tout occupée par un capteur de 1 m² recoit du soleil par temps clair une puissance que l'on peut évaluer en moyenne à 1 000 W. Quelle Puissance en sort-il au final ? La réponse est très simple, il suffit de ramener les coefficients de rendement à la surface hors tout, ainsi tous les capteurs seront traités de la même manière.

Ceci fait, les conclusions sont simples: le capteur tubes le plus performant du marché à bien du mal à rattraper un capteur plan moyen, il lui faut pour cela attendre des delta Temp de 50° (coube brune avec courbe bleue pointillée), mais aussi dans une plage de 75° de Delta Temp, le plus mauvais des capteurs tubes du marché ne rattrape pas le plus mauvais des capteurs plans (courbe bleue clair du bas et droite bleue foncé). Explications plus approfondies ci-dessous.

Note : le delta Temp ou delta T représente la différence entre la température moyenne dans le capteur et la température extérieure.

Courbe de rendement en fonction du DT



Ramener les coef de rendement publiés à la surface hors tout qui nous interesse pour voir le rendement final

Selon que l'on parle de surface hors tout, de surface d'entrée, les rendements ne sont évidemment pas les mêmes. Pour comparer deux capteurs, il est donc très important de vérifier que les caractéristiques fournies sont bien relatives à la même surface: c'est à dire à la surface occupée du capteur sur son lieu d'implantation !

Suivant la norme qui teste les capteurs par rapport à la surface d'entrée et non par rapport à la surface hors tout, les capteurs à tubes sont anormalement avantagés.

Pour passer d'un coefficient exprimé pour une surface à un autre coefficient, il suffit de le multiplier par le rapport des surfaces :
 $n_{horstout} = n_{abs} \times S_{horstout} / S_{abs}$, $a_{1horstout} = a_{1abs} \times S_{horstout} / S_{abs}$ et $a_{2horstout} = a_{2abs} \times S_{horstout} / S_{abs}$. Sur le graphique ci-dessus sont regroupés des bons et des mauvais capteurs tubes, des bons et des mauvais capteurs plans, **rendements ramenés aux surfaces hors tout exposées**: Les capteurs tubes sont donnés sur les 3 courbes les plus horizontales. Les capteurs plans sont donnés

par les 4 courbes avec + de pente, la courbe la plus pentue représente un capteur plan revêtement peint en noir, les 3 autres: du moins bon au meilleur capteur plan du marché dans la gamme des revêtements Tinox (aspect bleuté)

Comparaison des capteurs tubes avec les capteurs plans:

Si l'on compare le meilleur capteur tube du marché au meilleur capteur plan, on s'aperçoit que quelque soit le Delta T étudié le plan a toujours un rendement supérieur.

Si l'on se place dans les delta T utilisé en chauffage basse température (exemple: delta T 30°):

on va comparer par exemple le meilleur capteur plan avec le capteur revêtement peint en noir et aussi la courbe verte qui commence au même endroit à Delta T 0° que le plan peint (la courbe verte et celle pentue représentent la même technologie de capteurs chez un fabricant qui décline son matériel en peint et en revêtement tinox),

Nous avons donc à delta T 30°:

le capteur noir est à 45 %

le même en tinox est 50 %

le meilleur capteur du marché est à 63 %

Si on pousse l'analyse aux capteurs tubes:

le meilleur tube est à 45 % (comme le plan peint étudié)

le moins bon est à 33 %

Il s'agit maintenant de regarder les fonctionnements dans leur ensemble:

étude du capteur plan peint: sa courbe étant très pentue on pourrait penser à l'éviter car son rendement chute énormément dans les hauts delta T. Ce serait une grave erreur car c'est justement ce défaut qui va éviter la surchauffe estivale due à une très faible demande (ECS seule), C'est la raison principale pour laquelle les installations solaires anciennes ne posent guère de problèmes de maintenance.

Si l'on se place en production d'ECS seule avec une surface de captage faible:

étude à delta T 55 par exemple (en imaginant qu'il fasse 10° dehors, 65° dans le capteur pour produire de l'ECS à 55°):

le capteur plan peint est à 25 %

le meilleur plan du marché (tinox) est encore à 50 %

Dans ce cas évidemment c'est vers le tinox qu'il faut se tourner.

On pourrait en discuter sans fin, les choix doivent se faire en toute connaissance de cause et en fonction du besoin de chacun.

Interpréter les données techniques:

La courbe de rendement d'un capteur est définie par l'équation suivante :

$$n = n_0 - a_1 \times ((T_m - T_{ext}) / G) - a_2 \times G \times ((T_m - T_{ext}) / G)^2,$$

où :

n est le rendement du capteur ;

n_0 le coefficient de conversion optique du capteur (en %) ;

a_1 le coefficient de déperditions thermiques par conduction du capteur (en $W/m^2.K$) ;

a_2 le coefficient de déperditions thermiques par convection du capteur (en $W/m^2.K^2$) ;

T_m la température moyenne du capteur (en $^{\circ}C$) ;

T_{ext} la température extérieure (en $^{\circ}C$) ;

G l'irradiation solaire (en W/m^2).

Si $DT = T_m - T_{ext}$, l'équation peut être réduite ainsi :

$$n = n_0 - a_1 \times (DT / G) - a_2 \times G \times (DT / G)^2$$

Échelles de valeurs

Le facteur optique n_0

Le facteur optique (n_0) varie suivant la nature du capteur :

Concrètement, il s'agit généralement de la surface réellement utile du capteur, celle susceptible d'absorber l'énergie solaire. Pour un capteur plan, cette surface utile correspond à la surface totale moins les surfaces liées aux isolants des bords et les cornières. Pour un capteur à tubes sous vide, c'est la surface réellement exposée des tubes (les espaces entre les tubes sont considérés comme fonctionnels). Ce facteur optique varie entre 0,5 et 0,8. Il correspond au rendement maximal du capteur (quand $DT = 0$).

Le coefficient a_1

Exprimé en $W/m^2.K$, le coefficient a_1 est représentatif des pertes thermiques par conduction du capteur. Il dépend essentiellement du niveau d'isolation du capteur et de la nature de l'absorbeur.

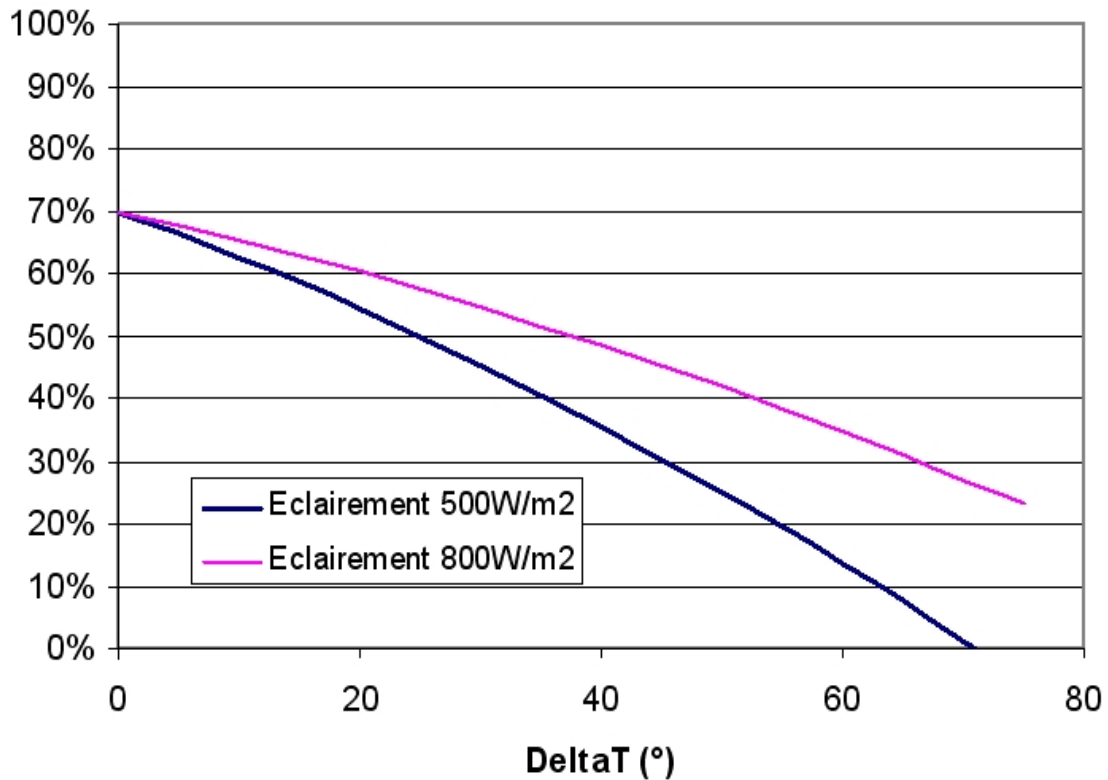
Le coefficient a_2

Exprimé en $W/m^2.K^2$, le coefficient a_2 est représentatif des pertes thermiques par convection du capteur. Il dépend essentiellement de la qualité de l'absorbeur du capteur et de sa nature, et varie fortement en fonction du type de capteur.

Représentatif graphique:

Supposons un capteur avec $K = 0,70$, $a_1 = 3,5$ et $a_2 = 0,02$:
 $n = 0,7 - 3,5 \times (DT / G) - 0,02 \times G \times (DT / G)^2$.

Evolution du rendement



Prix au watt récupéré

Un des critères très important est le prix du panneau ramené au watt effectivement produit.

C'est malgré tout loin d'être le seul , il faudra aussi tenir compte, de sa conception, pertes de charges, durabilité, réparabilité, démontabilité, aspect, intégrabilité dans le bâti, capacité à évacuer la neige, etc ...

Calcul du Rendement effectif:

Calcul du prix watt produit au regard de ce que nous donne le soleil pour un éclairage de 500W/m². (le soleil donne entre 0 et 1000W du m²)

Calcul du Rendement effectif :

Formule de départ

$$r = n_0 - a_1 \times (DT / G) - a_2 \times G \times (DT / G)^2$$

Il faut ensuite recalculer n₀, a₁, a₂ pour les ramener la surface hors tout du capteur.

n_{0HT}, a_{1HT}, a_{2HT} (multiplier par le rapport des 2 surfaces: ouverture et hors tout)

L'indicateur de DT est de 30° (chauffage)

$$R \text{ effectif} = n_{0HT} - a_{1HT} \times 0.06 - a_{2HT} \times 0.06^2$$

Exemple avec un capteur tube entrée de gamme présent sous bien des noms différents sur le marché français :

$$n_0 = 0.74; a_1 = 1.071; a_2 = 0.035$$

$$S_{HT} = 2.939; S_{Ouv} = 1.456$$

$$R \text{ effectif} = 0.366 - (0.53 \times 0.06) - 500 (0.017 \times 0.06^2) = 0.30$$

Exemple du capteur Sunrain anciennement proposé sur notre groupement d'achat

$$n_0 = 0.733; a_1 = 1.529; a_2 = 0.0166$$

$$S_{HT} = 5.0; S_{Ouv} = 2.69$$

$$R \text{ effectif} = 0.438 - (0.914 \times 0.06) - 500 (0.0099 \times 0.06^2) = 0.366$$

Exemple du capteur GM tinox de [notre groupement d'achat de matériel solaire](#)

$$n_0 = 0.751; a_1 = 4.99; a_2 = 0.00$$

$$S_{HT} = 2.48; S_{Ouv} = 2.25$$

$$R \text{ effectif} = 0.68 - (4.52 \times 0.06) - 500 (0.000 \times 0.06^2) = 0.408$$

Calcul du prix HT au watt :

C'est le prix HT au m² du capteur / puissance effective récupérée
prix HT au m² / (500 x R_{effectif})

Exemple de notre capteur tube entrée de gamme présent sous bien des noms différents sur le marché français :

$$\text{prix HT au m}^2 = 350$$

$$\text{Reffectif} = 0.30$$

$$350 / (500 \times 0.30) = 2.33 \text{ euros HT du Watt}$$

Exemple du capteur Sunrain anciennement proposé sur notre groupement d'achat:

$$\text{prix HT au m}^2 = 134$$

$$\text{Reffectif} = 0.366$$

$$134 / (500 \times 0.366) = 0.73 \text{ euros HT du Watt}$$

Exemple du capteur GM tinox de notre groupement d'achat de matériel solaire :

$$\text{prix HT au m}^2 = 109 \text{ avec la remise maxi sur quantité (15\%)}$$

$$\text{Reffectif} = 0.408$$

$$109 / (500 \times 0.408) = 0.53 \text{ euros HT du Watt; presque 5 fois moins cher que le capteur tubes entrée de gamme}$$

Voir aussi pour ceux qui ne seraient pas encore convaincus:

les liens sont en anglais:

[Performance of Vacuum Tube and Flat Plate Collectors Concerning Domestic Hot Water Preparation and Room Heating:](#)

par Christoph Trinkl, Wilfried Zöllner, Claus Alt, Christian Stadler CENTRE OF EXCELLENCE FOR SOLAR ENGINEERING

[SOLAR FLAT PLATE VS. EVACUATED TUBE COLLECTORS :](#)

par Heliodyne, Inc. • 4910 Seaport Avenue • Richmond, CA 94804 T: 510.237.9614 • F: 510.237.7018 • www.heliodyne.com