

La méthode "FSC" : un outil très puissant

Thomas Letz, INES Education
thomas.letz@ines-solaire.fr

Un système solaire combiné (SSC) est une installation solaire thermique fournissant de l'énergie provenant de deux sources (solaire et appoint) pour les usages chauffage et eau chaude sanitaire d'une habitation (figure 1)

Pour caractériser ces systèmes, la norme EN 12 977 recommande d'utiliser le taux d'économie d'énergie thermique $F_{sav,th}$. Cet indicateur représente le pourcentage d'énergie d'appoint économisé grâce au SSC par rapport à un système de référence¹ utilisant la même énergie d'appoint et fournissant le même service en chauffage et eau chaude sanitaire (figure 2).

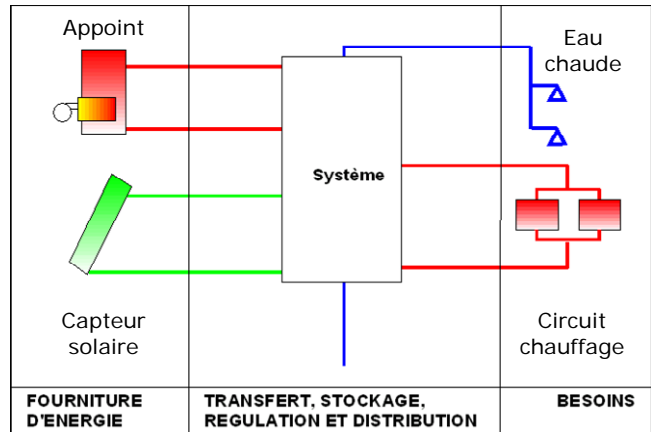


Fig. 1 : Système solaire combiné

Dans le cadre du [groupe de travail 26](#) de l'Agence Internationale de l'Energie (programme [Solar Heating and Cooling](#)), un deuxième indicateur légèrement différent a été défini : le taux d'économie d'énergie étendu $F_{sav,ext}$, qui prend également en compte l'électricité utilisée par les auxiliaires des systèmes (pompes, vannes, régulation, brûleur, ...)

Quand on veut évaluer un SSC, une difficulté majeure provient du fait qu'un seul indicateur ne suffit pas : les taux d'économie seront évidemment faibles si la maison a de gros besoins

de chauffage et d'eau chaude, ou si l'irradiation ou la surface de capteurs solaires sont faibles, sans que cela ne soit dû à un mauvais fonctionnement du système. De même, la productivité (rapport entre l'économie réalisée et la surface de capteurs, en kWh/m²) dépend aussi du dimensionnement des capteurs, des besoins thermiques et du climat.

Pour s'affranchir de cette difficulté, une nouvelle méthode a été élaborée, dans le cadre du groupe de travail 26, pour caractériser d'une manière simple les SSC, permettant ainsi la comparaison de systèmes installés dans des climats² différents, avec des surfaces de capteurs solaires variées et fournissant de l'énergie à des maisons dont les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire sont différents.



Un SSC de marque **A**, avec **20 m²** de capteurs, qui couvre **25 %** des besoins de chauffage et d'eau chaude d'une maison de **180 m²** **peu isolée** située à **Strasbourg** est-il plus ou moins performant qu'un SSC de marque **B**, avec **12 m²** de capteurs qui couvre **40 %** des besoins de chauffage et d'eau chaude d'une maison de **120 m²** **bien isolée** située à **Chambéry** ?

¹ Attention : le système de référence n'est pas celui qui était en place avant la l'installation du SSC, y compris dans le cas de réutilisation de la chaudière : il s'agit d'un "standard", défini au niveau national ou international.

² Par climat, on entend ici la température extérieure, et l'irradiation incidente dans le plan des capteurs, qui dépend de la localisation géographique, mais aussi de l'orientation et de l'inclinaison des capteurs, et de la présence éventuelle d'un masque.

L'idée consiste à comparer le taux d'économie d'énergie réel avec un taux d'économie idéal (FSC : Fraction Solarisable des Consommations) ne dépendant pas du système.

Définition du coefficient FSC

Si on porte sur le même graphique la consommation de référence et l'irradiation solaire incidente sur les capteurs, différentes zones apparaissent (figure 3) :

- ① consommation d'énergie du bâtiment qui dépasse le potentiel solaire
- ② consommation d'énergie du bâtiment qui pourrait être économisée grâce à l'utilisation de l'énergie solaire. Elle est appelée énergie solaire "utilisable"
- ③ énergie solaire excédentaire en été

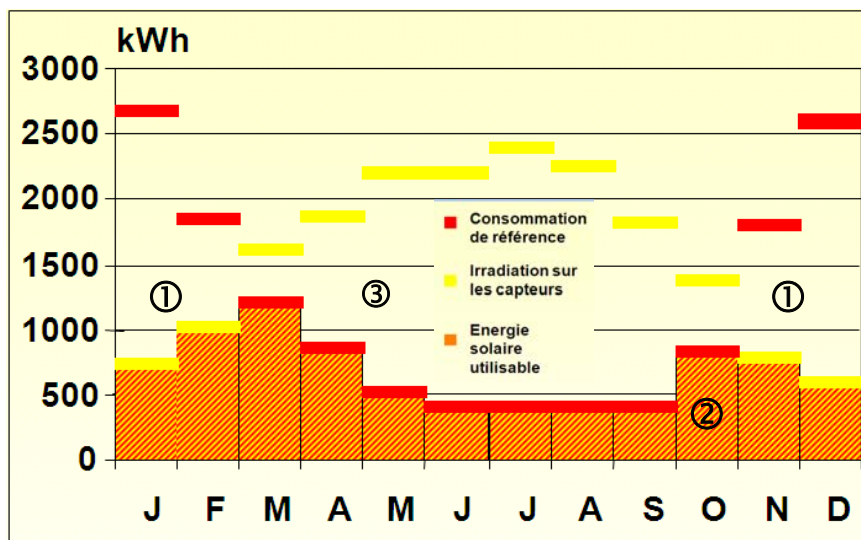


Fig. 3 : Définition de FSC

En divisant l'énergie solaire utilisable ② par la consommation de référence ① + ②, il apparaît un nouveau paramètre, appelé "**Fraction solarisable des consommations**" (en anglais: **Fractional Solar Consumption**) :

$$\text{FSC} = \frac{\text{énergie solaire utilisable}}{\text{consommation annuelle de référence}}$$

FSC est une grandeur sans dimension, qui prend en compte simultanément le climat, le bâtiment (besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire) et la taille du capteur solaire, et qui de ce fait ne dépend pas du système solaire combiné étudié. FSC est calculé sur une base de temps mensuelle à l'aide d'une formule simple, à partir de la surface de capteurs solaires A_c (m²), de l'irradiation mensuelle dans le plan des capteurs I_{cm} (kWh/m²) et de la consommation mensuelle de référence sans système solaire combiné C_{refm} (kWh) :

$$\text{FSC} = \frac{\sum_{1}^{12} \min(C_{refm}, A_c I_{cm})}{\sum_{1}^{12} C_{refm}}$$

Prenons l'exemple donné dans le tableau suivant : dans la première ligne, on trouve la consommation d'énergie thermique totale de la maison, incluant les pertes du stockage d'eau chaude sanitaire et de la chaudière (consommation dite "de référence") et dans la deuxième ligne, l'irradiation solaire incidente sur toute la surface des capteurs solaires. Dans la troisième ligne, pour chaque mois, c'est-à-dire dans chaque colonne, on trouve la plus petite des deux valeurs des lignes précédentes.

(kWh)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Consommation de référence	2755	1926	1285	923	598	476	489	489	488	915	1874	2690	14908
Irradiation solaire incidente	729	1027	1602	1868	2186	2185	2387	2251	1823	1369	779	600	18803
Energie solaire utilisable	729	1027	1285	923	598	476	489	489	488	915	779	600	8796
												FSC	0,59

Dans l'exemple précédent, le rapport entre le total annuel de l'énergie solaire utilisable (**8796 kWh**) et la consommation annuelle de référence (**14908 kWh**) donne une valeur pour FSC de **0,59**. Si le SSC n'avait pas de pertes, tout kWh arrivant sur le capteur permettrait d'économiser un kWh d'appoint. Ainsi, FSC peut être considéré comme le **taux d'économie d'énergie d'un SSC idéal** ayant la même surface de capteurs solaires que le SSC étudié, et placé dans les mêmes conditions de fonctionnement (mêmes besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire, même climat).

Dans la réalité, différentes pertes d'énergie solaire (en bleu sur la figure 4) se produisent en différents points du système (capteur solaire, tuyauteries, stockage, etc...)

L'énergie réellement économisée (en vert sur la figure) est donc plus faible. Plus le SSC est efficace, plus les pertes sont réduites et plus F_{sav} se rapproche de FSC.

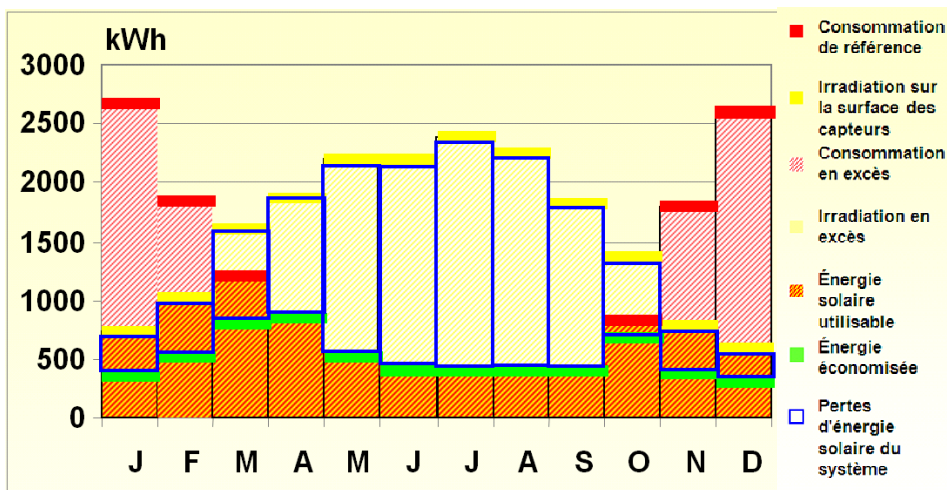
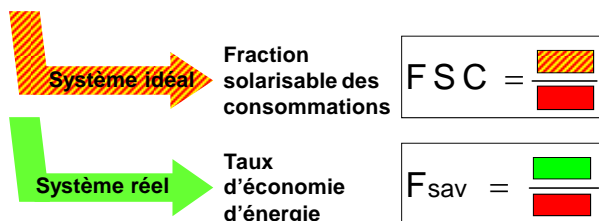


Fig. 4: Bilan thermique d'un SSC

Les définitions de F_{sav} et FSC sont résumées par les schémas ci-contre.



Relation entre F_{sav} et FSC

Les simulations réalisées dans le cadre du groupe de travail 26 ont montré que le taux d'économie d'énergie réel (thermique ou étendu) pouvait être relié à FSC par une expression parabolique très simple :

$$F_{sav} = (a \cdot FSC^2 + b \cdot FSC + c)$$

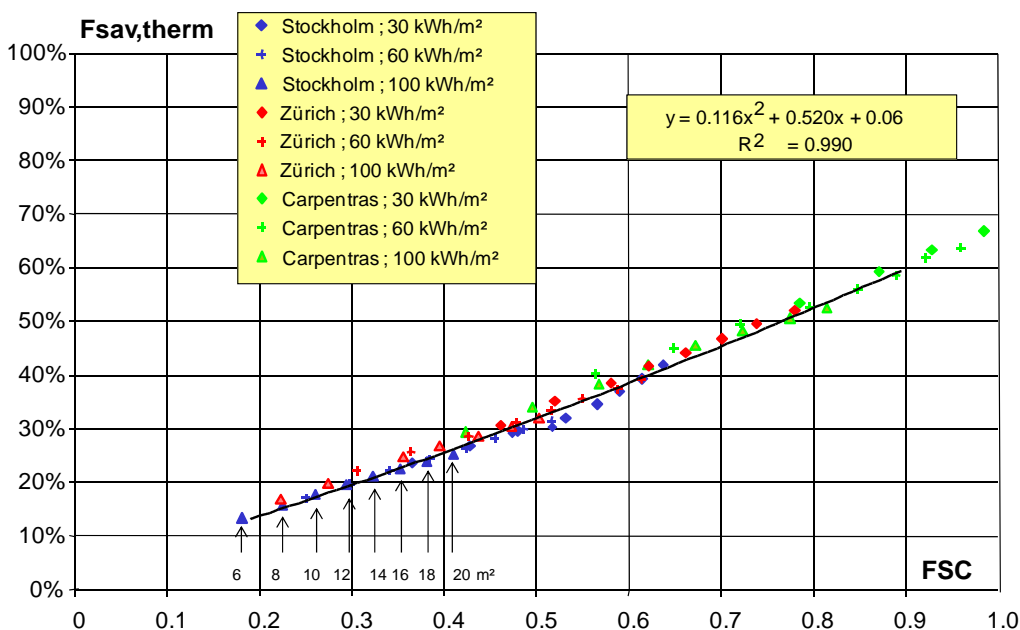


Fig. 5 : $F_{sav,th.}$ en fonction de FSC

La figure 5 donne un exemple de relation entre F_{sav} et FSC. Les points ont été calculés pour les trois climats de référence et les trois maisons de référence définis par le groupe de travail 26, ainsi que pour différentes tailles de capteurs solaires. On peut noter que les différents points sont très proches de la parabole moyenne. De telles courbes ont été tracées pour 9 SSC simulés dans le cadre du groupe de travail 26.

Comment utiliser la méthode FSC ?

Avec l'approche FSC, chaque système solaire combiné est caractérisé par un jeu de coefficients spécifiques (**a**, **b**, **c**) qui décrit le comportement global du système, en tenant compte de la qualité du capteur solaire thermique, du rendement de la chaudière d'appoint, de l'isolation du ou des stockages, et du comportement de la régulation. La courbe caractéristique qui en découle est l'équivalent de la courbe de rendement d'un capteur solaire thermique.

Comme la Fraction Solarisable des Consommations d'un SSC peut être calculée facilement à partir des données météorologiques, des besoins en chaleur de la maison et de la surface des capteurs solaires, la méthode présentée ici fournit un moyen simple pour obtenir rapidement les performances moyennes annuelles d'une installation, sous réserve que la maison soit occupée de manière continue pendant toute l'année, que la pose du système soit soignée et que l'installation soit correctement réglée et utilisée.

La méthode FSC peut également être utilisée pour comparer graphiquement différents systèmes combinés.

La figure 6 montre les tailles de capteurs et les volumes de stockage usuels pour les systèmes simulés par le groupe de travail 26, repérés par leur numéro. Chaque polygone correspond à une plage de dimensionnement préconisée pour le SSC considéré. Un capteur solaire commun a été défini et utilisé pour toutes ces simulations. De même, une chaudière commune a été définie pour tous les systèmes n'incluant pas la chaudière d'appoint.

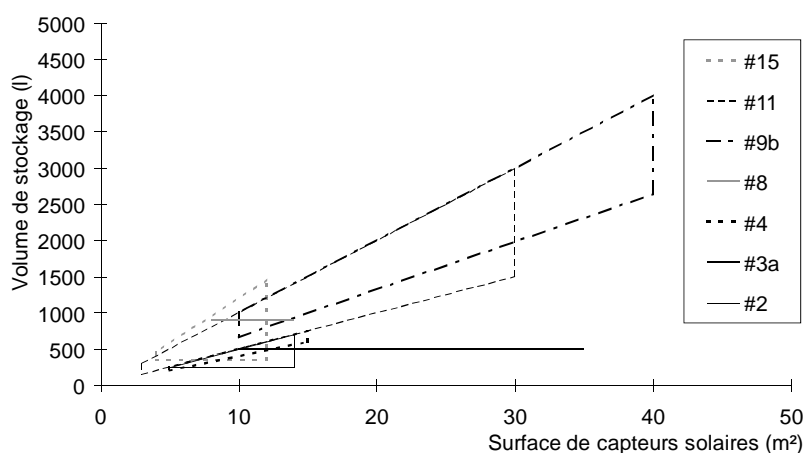


Fig. 6 : Tailles des systèmes simulés

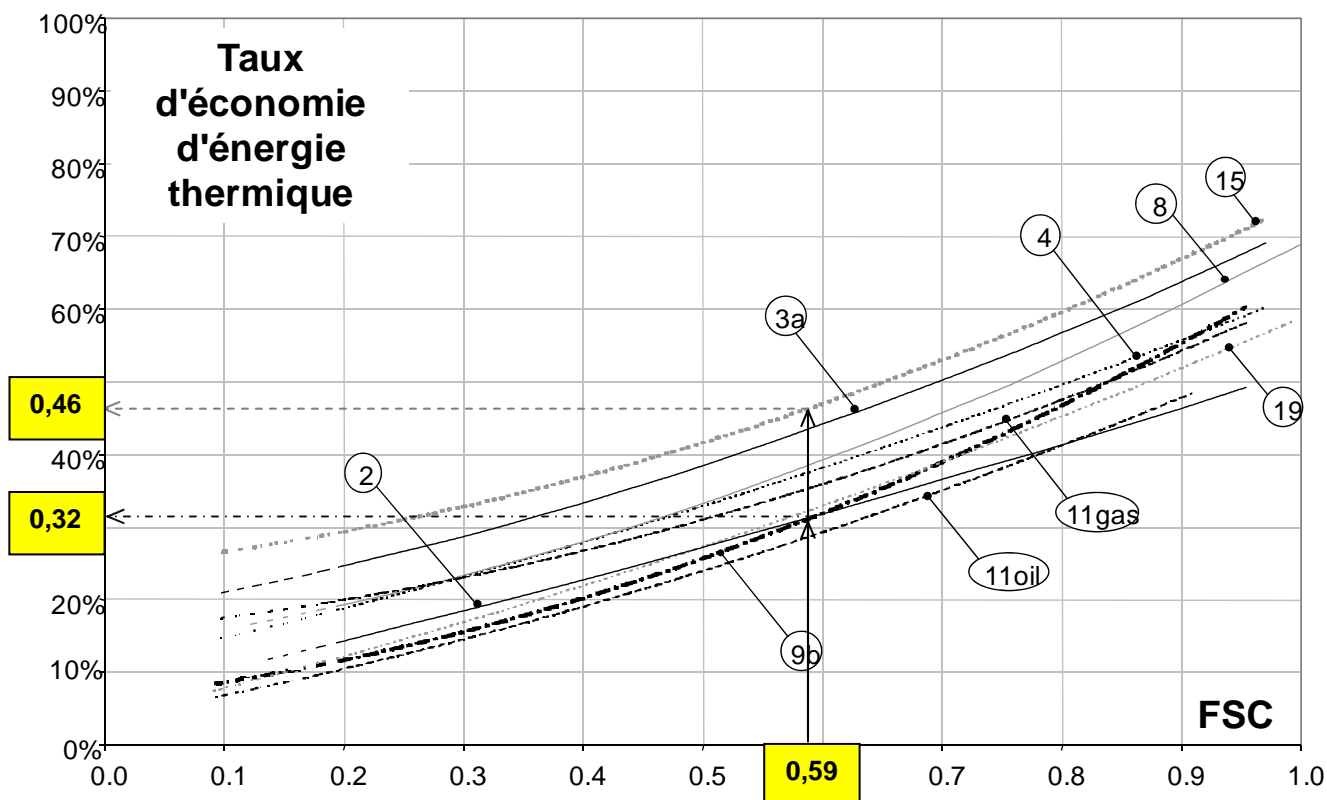


Fig. 7: Performance thermique (F_{sav} en fonction de FSC) des SSC simulés

La figure 7 montre les courbes caractéristiques obtenues pour ces systèmes. Chaque courbe est repérée par un numéro qui correspond à ceux utilisés sur la figure 6.

La courbe n°19 correspond à un système de plus grande taille (plusieurs dizaines ou centaines de m² de capteur et plusieurs m³ ou dizaines de m³ de stockage) qui n'a pu être représenté sur la figure 6. Pourtant, la courbe représentative du fonctionnement de ce système a pu être représentée sur la figure 7, ce qui montre la pertinence de l'approche FSC pour des systèmes de toutes tailles.

Si on poursuit l'exemple du tableau ci-dessus, le SSC correspondant à la courbe n° 15 atteindra un taux d'économie d'énergie de 46 %, donc une économie annuelle de $0,46 \times 14\,908 = 6\,858$ kWh, alors que la SSC correspondant à la courbe n° 9b atteindra un taux d'économie d'énergie de 32 %, donc une économie annuelle de $0,32 \times 14\,908 = 4\,771$ kWh.

Conclusion

La méthode FSC et la représentation graphique des taux d'économie d'énergie fournissent un outil simple pour comparer les systèmes solaires combinés. Elles peuvent être utilisées pour présenter des résultats de simulation ou de suivis sur site. Elles peuvent être également utilisées pour réaliser des outils de dimensionnement rapide de systèmes solaires combinés, de manière à avoir rapidement une idée de leurs performances en fonction des paramètres de dimensionnement principaux (localisation, surface de capteurs solaires, besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire).

C'est cette approche qui a été utilisée dans l'outil [CASSSC](#) (= Calcul Simplifié des Systèmes Solaires Combinés) développé par INES Education et utilisé dans le cadre des formations QualisolCombi.