
Suivi et Evaluation de 10 chauffages solaires SolisConfort

Synthèse du programme ADEME no 0905C0080

Été 2014



Résumé – principales conclusions

Dans le cadre de ses missions, l'ADEME poursuit la démarche, engagée en 2003, d'évaluation des systèmes solaires combinés (SSC) disponibles sur le marché national. Ce document présente la synthèse des résultats obtenus par le chauffage solaire SolisConfort, testé sur dix sites avec différents émetteurs: plancher chauffant et/ou radiateurs.

Parmi les principaux résultats, on retiendra les faits marquants suivants:

- La valorisation de l'énergie solaire par le SolisConfort est excellente : pour une Fraction Solarisable des Consommations de 0,65; 40% de la chaleur à fournir est économisée en moyenne quand le meilleur système mesuré jusque-là l'a été à 33%.

- Le taux d'économie en énergie finale pour une Fraction Solarisable de 0,6 est :

- Pour les systèmes couplés à une chaudière, il est du même ordre de grandeur que celui des systèmes compacts mesurés lors du projet Solcombi 2 et nettement meilleur que ceux mesurés lors de la campagne européenne Combisol. En effet l'économie des systèmes SolisConfort a été pénalisée par des appoints peu performants.

- Dans le cas particulier de l'appoint PAC, ce taux d'économie est particulièrement élevé.

Cela montre que le couplage solaire + PAC eau/eau par le SolisConfort peut être très performant.

- Cette étude nous conforte dans l'idée que les chauffages solaires peuvent s'installer dans des habitations équipées de radiateurs et non pas seulement de planchers chauffants avec des économies du même ordre de grandeur, à la condition notable que le pilotage du chauffage se fasse à l'aide d'une « loi d'eau » et non à température de départ constante.

- La productivité moyenne en énergie utile économisée est de l'ordre de 400 kWh/m².an.

C'est sensiblement supérieur à ce que INES constate sur les CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel), en moyenne plutôt 250 à 300 kWh/m².an. Cela conforte le fort intérêt des SSC : le retour sur investissement est amélioré d'autant et l'économie globale d'énergie est nettement plus importantes (deux à trois fois plus de capteurs qui produisent chacun 30 à 60% de plus).

L'occasion de rappeler l'intérêt économique du chauffage solaire.

1. Introduction, objectifs de la campagne de mesures

Dans le cadre de ses missions, l'ADEME poursuit la démarche, engagée en 2003, d'évaluation objective des SSC disponibles sur le marché national.

Ses objectifs sont les suivants :

- constituer un échantillon instrumenté représentatif des systèmes qui souhaitent se soumettre à cette évaluation par un tiers indépendant.
- en tirer des éléments d'appréciation de leur fonctionnement réel et de leurs performances sur une période représentative (recouvre résultats thermiques, mais aussi problèmes de mise en œuvre, fiabilité, pannes, robustesse, ...)
- diffuser ces informations vers les professionnels et le grand public

2. Organisation de la campagne de mesure

En 2001, un groupe de travail coordonné par l'ASDER a élaboré une méthodologie pour le suivi in situ des SSC à la demande de l'ADEME. Les résultats sont présentés à partir d'indicateurs de performances calculés selon la méthodologie ([méthode FSC](#)) développée dans le [projet 26 « Solar Combisystems »](#) de l'Agence Internationale de l'Energie.

Les résultats sont comparés à ceux des 2 dernières campagnes de mesure coordonnées par l'INES entre 2007 et 2011 : la campagne Solcombi 2 réalisée en France à la demande de l'Ademe et les mesures effectuées dans le cadre du projet européen de recherche Combisol avec des installations suivies et évaluées dans 4 pays (Suède, Allemagne, Autriche et France)

Dans le présent projet, l'INES a eu en charge la fourniture du cahier des charges de la métrologie, la réception de celle-ci une fois la pose effectuée, la réception des mesures et leur analyse, la rédaction des rapports de suivi. SolisArt a choisi les sites à instrumenter, commandé les équipements de mesure et supervisé leur pose.

3. Principe de la méthode d'évaluation et Instrumentation

3.1. Rappels sur les principes de la méthode *Fsav/FSC*

La méthode complète est décrite dans les documents du projet Combisol (www.combisol.eu)

Parmi ses caractéristiques principales on peut retenir :

- Elle permet de comparer les performances d'installations SSC dont le dimensionnement, le climat d'installation et les caractéristiques techniques sont différents de manière visuelle sur un même graphique
- Elle n'est pas destinée à comparer la consommation entre une situation antérieure sans solaire d'une maison et sa consommation avec l'installation solaire : si la maison était déjà équipée d'un système de chauffage avant la pose du système solaire, l'économie réalisée peut être différente du chiffre indiqué par la méthode FSC.-
- Elle peut être utilisée pour comparer des mesures in-situ ou des tests de laboratoire. Et cette combinaison test semi-virtuels / méthode *Fsav-FSC* sera un jour nous l'espérons la base d'une étiquette énergie européenne pour les SSC
- La situation de référence qui permet de calculer la Fraction Solarisable des Consommation (FSC) et le Taux d'économie d'énergie (*Fsav*) est calculée à partir des besoins de chauffage et d'ecs et des performances théoriques d'un matériel de référence, décrit dans la méthode et validé par les laboratoires européens ayant

participé au programme Combisol. Ce calcul est mensuel, pour tenir compte en particulier de l'évolution des rendements en fonction du taux de charge.

- **L'estimation des besoins de chauffage, qui sont un point essentiel du calcul de la consommation de référence sont délicats à évaluer lors d'essais in-situ comme ceux-ci, alors qu'ils sont choisis lors de test en laboratoire.**
 - Pour les SSC à hydro accumulation les besoins de chauffage ont été assimilés, lors des précédentes campagnes de mesure de l'ASDER ou d'INES, à l'énergie mesurée sur les circuits de chauffage.
Il a donc été considéré que la chaufferie fournit exactement l'énergie dont le bâtiment a besoin pour maintenir la température de consigne, jamais plus. Ce qui est une approximation.
 - Pour les SSC à accumulation dans l'inertie du bâtiment, l'énergie mesurée sur les circuits de chauffage est réputée supérieure au besoin, justement pour cette fonction de stockage
Quand le cas s'est présenté dans les campagnes de mesure EvalSSC et Solcombi2, une procédure d'indentification du bâtiment a été mise en œuvre, pour estimer 3 coefficients caractéristiques de la maison (apports solaires passifs, apports internes et déperditions) permettant de recalculer les besoins de chauffage en fonction de l'ensoleillement, de la température extérieure et des températures de consigne.
L'écart entre énergie mesurée sur les circuits de chauffage et besoin de chauffage recalculé est significatif pendant les mois d'intersaison.
Ce cas est prévu, mais simplifié, dans le Domécomètre : une formule reliant les besoins de chauffage à l'énergie mesurée et à la température extérieure permet de prendre en compte les systèmes similaires à ceux étudiés dans EvalSSC.
 - Dans le cas du SolisConfort le choix entre ses deux méthodes d'évaluation des besoins de chauffage est particulièrement délicat.
En effet, la régulation très sophistiquée vise à n'accumuler que très peu d'énergie en intersaison pour éviter tout inconfort de surchauffe excessive, et à laisser la possibilité au solaire passif de contribuer à l'atteinte de la consigne de chauffage en coupant parfois celui-ci.
Après comparaison des comportements des SSC à hydro accumulation avec celui des SolisConfort suivis (évolution des températures, courbes mensuelle besoins de chauffage / degrés jours), **le choix a été fait ici de procéder comme pour les systèmes à hydro accumulation, au risque de surévaluer légèrement la performance des SolisConfort (sous-évaluation de FSC et surévaluation de Fsav si les besoins de chauffage sont surévalués).**
- Une « plage de bon fonctionnement » a été établie par le groupe de travail 26 de l'AIE à partir de simulations reproduisant les performances de systèmes commerciaux de l'époque (2002-2006)
- Deux analyses graphiques sont proposées pour mieux rendre compte de la performance des systèmes, notamment dans le cas de mesures in-situ, comme ici :
 - Analyse en entrée du dispositif d'appoint, c'est-à-dire en énergie finale (celle payée par le consommateur) quand ce n'est pas trop compliqué (bois sous toutes ses formes)
On a alors une vision de la performance de l'ensemble du système de production de chaleur, solaire et appoint
 - Analyse en sortie du dispositif d'appoint, c'est-à-dire en chaleur ou énergie « utile ».
On a alors une vision de la performance de la seule partie solaire de l'installation, ballon ecs compris.

3.2. Précaution à la lecture des résultats

Les mesures in-situ comme celles présentées ici sont toujours intéressantes car c'est l'un des verdicts concernant la performance des systèmes, avec les tests labo et la perception des utilisateurs.

Il est important cependant de rappeler qu'il faut les regarder, et les utiliser, avec un certain recul pour tenir compte des éléments ci-dessous :

- La mesure in-situ n'est pas de la mesure labo ; la qualité des appareils et leur mise en œuvre conduisent à des incertitudes de mesure à ne pas négliger.
- La méthodologie utilisée a nécessairement des limites, telles que
 - l'évaluation des besoins de chauffage évoquée ci-dessus
 - La pertinence de la méthode lorsque FSC = 1
 - La zone de bon fonctionnement de la tâche 26 n'est valable que pour les appoints à combustible. **Les points correspondant aux PAC (pompes à chaleur) sont donc à regarder sans tenir compte de cette zone.**
- Une partie des résultats peuvent être issus de mesures partielles extrapolées. Ici 4 installations ont nécessité une extrapolation. Néanmoins si les résultats sont présentés c'est que nous avons une confiance suffisante dans ces calculs.
- Pour le calcul des coefficients des courbes caractéristiques du SolisConfort, les répartitions des FSC ne sont pas tout à fait celles attendues (valeurs dans les plages 0,2 à 0,3 ; 0,45 à 0,55 ; 0,7 à 0,8).

3.3. Instrumentation

Les moyens de mesure mis en œuvre dans ces suivis permettent l'historisation de données toutes les minutes sur le circuit d'eau sanitaire et toutes les 6 minutes sur les autres mesures :

- Automate de télérelève « Domécomètre » codéveloppé par l'INES et la société MIQRO pour de l'autocontrôle de performance de systèmes de chauffage en maison individuelle ; adapté dans le cadre du présent projet pour la transmission des données
- Débits et températures sur chacun des circuits hydrauliques (solaire, chauffages, appoint et ecs)
- Températures ambiantes intérieure et extérieure
- Ensoleillement dans le plan des capteurs
- Energie finale : gaz fioul ou électricité selon les cas

4. Déroulement de la campagne

Ci-dessous le tableau de synthèse des sites instrumentés avec leurs principales caractéristiques.

Les 3 derniers sites n'ont pas pu être exploités, faute de données suffisantes.

N°	LOCALISATION	Altitude m	Gamme	Appoint	Inclinaison °	Orientat°	S entrée (m²)	nb zones	Date mise en service	Nb occupants	date déb. Comptage	estimation besoin KWH	Taux couverture SOLISCASSC
1	SAVOIE	600	SC2 - 400L	fuel HT 30kw sur pied année 2000	32	17° ouest	13,92	1	juill 2009	5	mars 2011	19 000	41%
2	HAUTE GARONNE	50	SC2 - 400L	PAC géothermique 9kw	60	Sud	13,82	1	dec 2010	4	février 2011	10 000	40%
3	ISERE	500	SC2 - 400L	Granulé bois 15kw	60	10° ouest	13,92	2	fev 2011	4	mars 2011	20 000	42%
4	HERAULT	20	SC2 - 400L	chaudière Elec 9kw	20 60	sud	4,64 9,4 =14,04	3	fev 2011	4	novembre 2011	20 000	non fait
5	HAUTES ALPES	900	SC2 - 400L	chaudière Elec 3kw	30	sud	9,28	1	sept_2011	2	novembre 2011	17 000	42%
6	SAVOIE	980	SC2 - 400L	fuel	60	sud	15,04	2	sept_2011	4	novembre 2011	23 000	38%
7	ISERE	400	SC1	gaz condensation 24kw	60	sud	11,555	2	fev_2012	3	juin 2012	29 870	non fait
8	SAVOIE	500	SC2 - 400L	gaz propane condensation	40	15° ouest	18,56	2	fev_2012	2	avril 2013		non fait
9	HAUTE SAVOIE	1000	SC2 - 400L	chaudière Elec 6kw	45	sud	15,04	2	mars_2012	5	avril 2013		non fait
10	GARD	70	SC2 - 400L	fuel	60	sud	16,73	1	mars_2011	4	avril 2012	19 967	41%

5. Analyse des résultats du SolisConfort en énergie finale (gaz, élec...)

Cette analyse rend compte de la performance globale de la fourniture de chaleur au bâtiment, incluant la performance de la partie solaire et celle de l'appoint.

Les résultats sont présentés ci-dessous sous forme de comparaison avec les campagnes précédentes.

La grande variété des systèmes d'appoint est une des sources de la dispersion des mesures ; dispersion qui empêche le tracé d'une courbe représentative du Solisconfort en énergie finale.

Le comportement très différent des 2 systèmes avec PAC rend impossible d'esquisser une courbe caractéristique du SolisConfort **en entrée des générateurs d'appoint**.

Les systèmes avec PAC cumulent les bonnes performances du solaire et de l'appoint et présentent donc un positionnement exceptionnel, au-dessus de la plage de bon fonctionnement calculée lors des travaux du groupe 26 l'Agence Internationale de l'Energie qui ne les concerne pas.

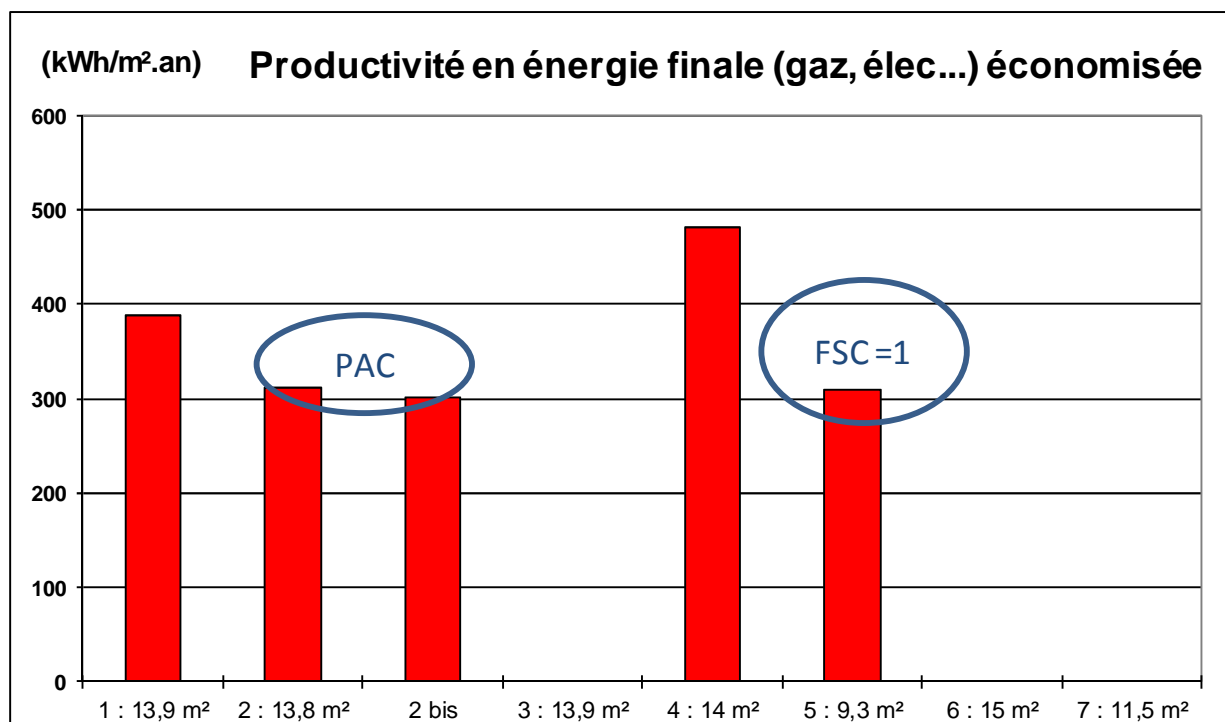
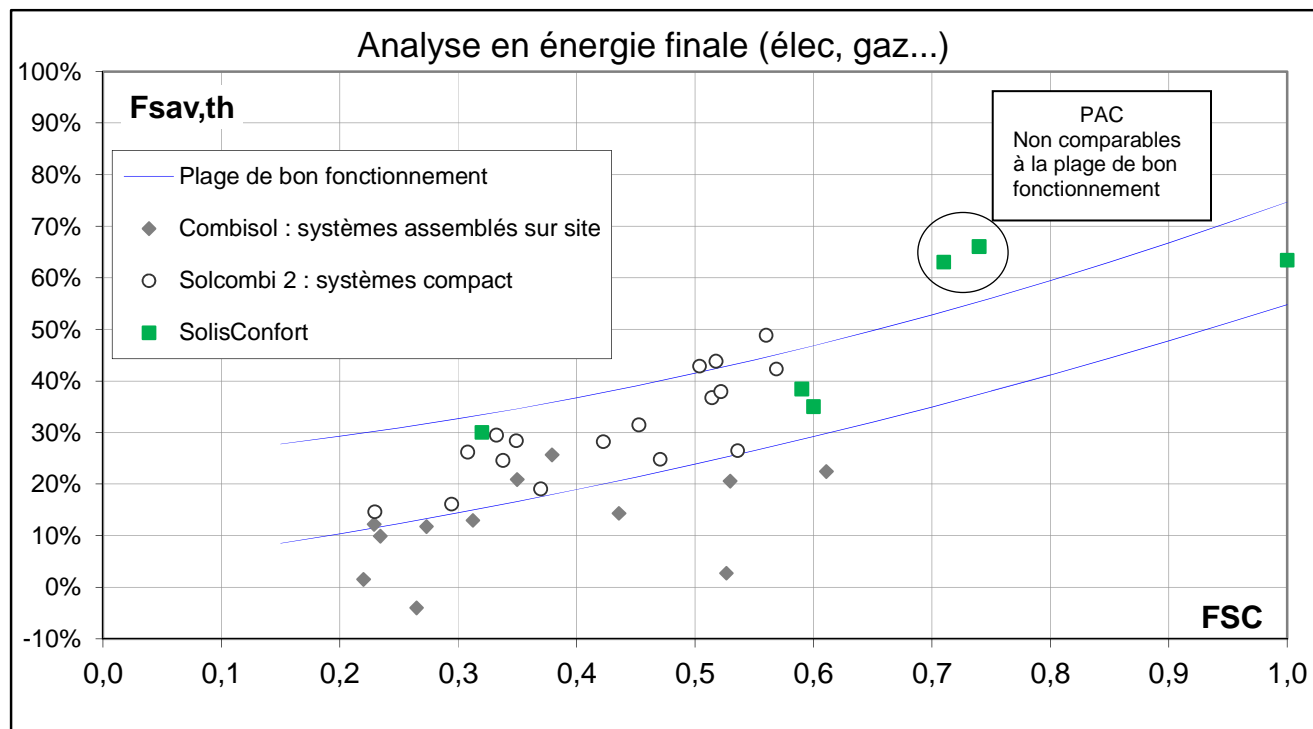
Les autres points se situent plutôt au milieu de cette plage de bon fonctionnement ; ce qui est assez remarquable pour un système qui ne fournit pas les appoints et n'est donc pas aussi compact que les meilleurs systèmes simulés par l'AIE (brûleur à condensation intégré au ballon de stockage et ecs en tank in tank alors que la référence est une chaudière basse température).

Si l'on compare ces performances à celles des campagnes Solcombi2 et Combisol menées par l'INES, on remarque que le SolisConfort apparait meilleur que les installations à façon suivies dans

Combisol et compense pour une bonne part la compacité et le remarquable fonctionnement des appoints condensation de Solcombi2.

Pour la productivité, il est assez difficile de tirer une conclusion :

- Pour certaines installations il n'y a pas de mesure en entrée appoint (1 au bois ; 1 dont l'appoint a changé en cours de suivi ; 1 dont le compteur gaz a dysfonctionné !)
- Les faibles valeurs de l'installation PAC + ballon électrique puis PAC seule sont liées à cette technologie : il s'agit d'une énergie entrée PAC, par essence plus faible qu'un combustible.
- Il ne reste donc que 2 valeurs de 380 et 480 kWh/m².an qu'on ne peut généraliser, mais qui se situent autour des 430 kWh/m².an attendus.



6. Analyse des résultats SolisConfort en énergie utile (chaleur fournie par l'appoint)

Cette analyse rend compte de la performance de la seule partie solaire de l'installation.

Les résultats sont présentés ci-dessous sous forme de comparaison avec les campagnes précédentes.

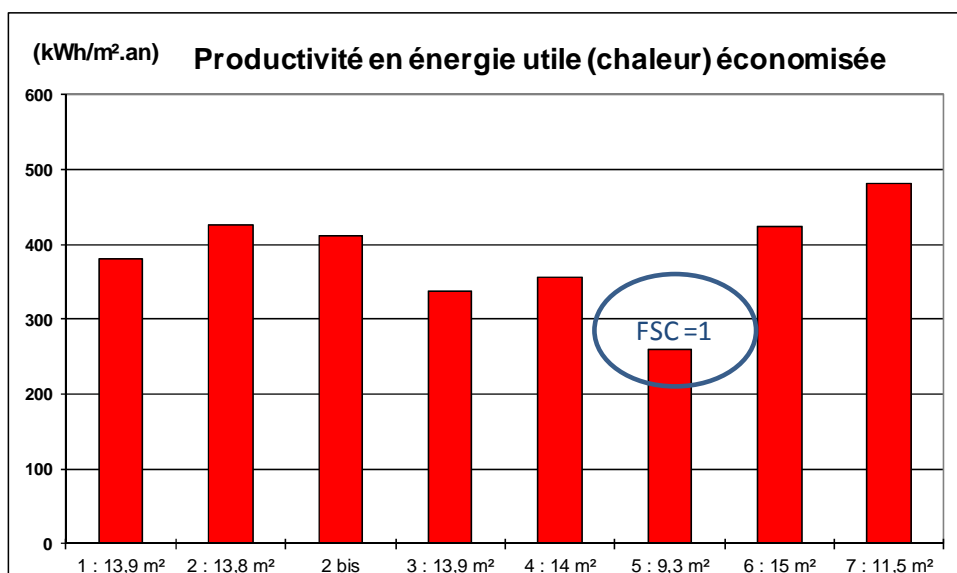
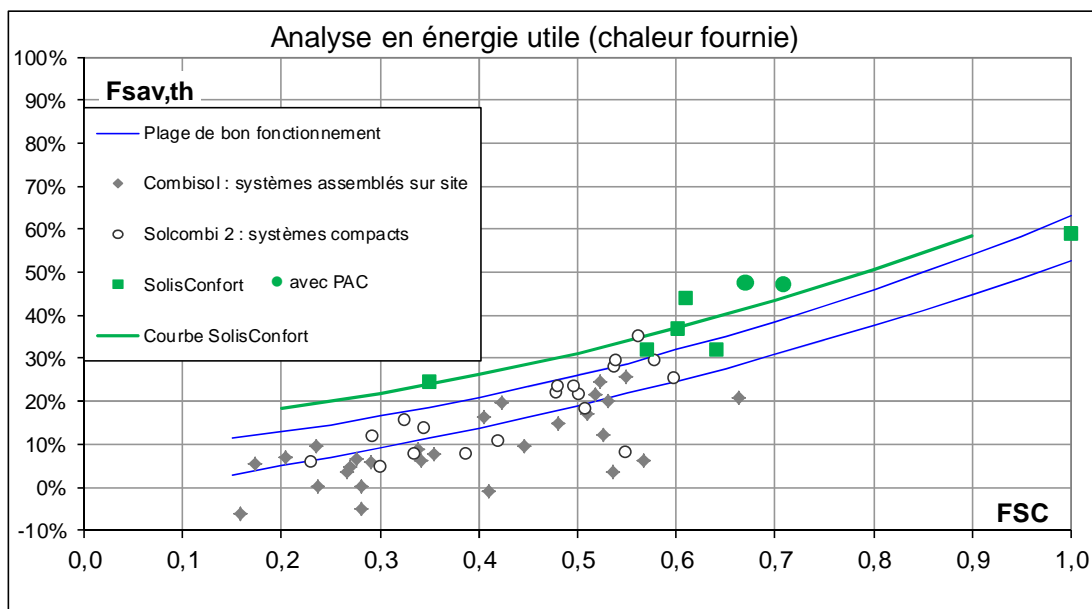
Il est possible, à partir de ces résultats, d'esquisser une courbe caractéristique du SolisConfort en **énergie utile** : elle peut être représentée par l'équation suivante :

$$F_{sav} = 0,35 FSC^2 + 0,19 FSC + 0,13$$

Cette courbe se situe au-dessus de la plage de bon fonctionnement calculée lors des travaux du groupe 26 l'Agence Internationale de l'Énergie ; ce qui suppose un excellent fonctionnement de la partie solaire des installations, peut-être un peu surestimé par les biais possibles de la méthode signalés plus haut.

Si l'on compare ces performances à celles des campagnes Solcombi2 et Combisol menées par INES, on remarque que la moyenne des installations SolisConfort est au niveau de la meilleure installation des campagnes précédentes.

Pour ce qui est de la productivité en énergie économisée, nous avons plus d'éléments pour conclure qu'en énergie finale : s'il l'on excepte les 2 extrêmes, la 5 parce que $FSC = 1$ et la 7 parce que la période d'extrapolation est la plus importante, on a une moyenne proche de 400 kWh/m².an.



7. Notation des systèmes

Une autre représentation est envisageable, que nous avons reproduite ci-dessous, qui consiste à indiquer les taux d'économie d'énergie que chaque installation **pour la même valeur de FSC pour tous**. Valeurs choisies ici à 0,60 en énergie finale et 0,65 en énergie utile, c'est-à-dire pour les valeurs moyennes proches de celles constatées pour les installations du présent suivi.

Dans ce cas les performances de la plage de fonctionnement de la tâche 26 se situent entre 29 et 47 % en énergie finale et entre 27 et 35 % en énergie utile.

ATTENTION toutefois à la limite de l'exercice : les extrapolations qui permettent de passer de la valeur de F_{sav} avec une certaine valeur de FSC à la valeur de F_{sav} que cette note représente pour une autre FSC suppose que la courbe caractéristique du matériel considéré est parallèle à la courbe supérieure de la plage de simulation de la tâche 26.

Une telle représentation serait plutôt à réserver à des tests de laboratoires, effectués à une valeur de FSC fixe pour différents matériels, mais a le mérite de la facilité de lecture...

