

# SUIVI ET ÉVALUATION ÉNERGÉTIQUES DE 10 SYSTEMES SOLAIRES COMBINES (SSC)

## Fabricant A

### Synthèse du programme

Thomas LETZ  
27 août 2010

Avec le soutien de :



## RÉSUMÉ

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. Elle a proposé ainsi aux opérateurs industriels un programme 2007/2009 de mesures sur site des SSC.

Ce document présente la synthèse des résultats obtenus par un des deux fabricants ayant participé au programme. Un système a été testé sur dix sites, avec deux variantes correspondant à des émetteurs de chauffage différents (plancher chauffant et/ou radiateurs)

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

- Les besoins de chauffage sont plus élevés que ceux calculés dans les études prévisionnelles, essentiellement parce que les températures intérieures sont supérieures aux 19 °C réglementaires. Par contre, les consommations en eau chaude sanitaire sont inférieures aux ratios habituellement retenus pour les dimensionnements.
- Du fait de cette disproportion marquée entre des besoins de chauffage élevés en hiver et des besoins d'eau chaude faibles en été, il est difficile d'atteindre des taux d'économies très élevés, puisque la ressource solaire est présente surtout aux moments où on en a le moins besoin (été).
- Le fonctionnement de la partie solaire du SSC est satisfaisant dans tous les cas (deux variantes étudiées).
- Les systèmes qui ont les meilleurs taux d'économie d'énergie sont ceux qui utilisent des appoints très performants (chaudière à condensation)
- Le fonctionnement global d'un système équipé d'un appoint pompe à chaleur + chaudière électrique s'est révélé décevant, à cause d'un mauvais fonctionnement de l'appoint.
- La productivité en énergie finale économisée se situe entre 300 et 500 kWh/an.m<sup>2</sup> de capteur solaire pour l'ensemble des installations, selon l'énergie d'appoint utilisée.

## 1 INTRODUCTION - OBJECTIFS DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Dans le cadre de ses missions, l'ADEME poursuit la démarche, engagée en 2003, d'évaluation sérieuse et objective des SSC disponibles sur le marché national. Elle a ainsi proposé aux opérateurs industriels un programme 2007/2009 d'évaluation in situ et de caractérisation des SSC. Celui-ci a été mené dans un cadre scientifique et technique, en collaboration avec les opérateurs volontaires et en liaison directe avec des programmes antérieurs ou en cours, tant au niveau français qu'europpéen ([www.combisol.eu](http://www.combisol.eu)).

Ses objectifs sont les suivants :

- constituer un échantillon instrumenté représentatif des principaux systèmes « sur catalogue » constituant l'essentiel (80 %) du marché français sur la période du présent programme
- en tirer des éléments d'appréciation de leur fonctionnement réel et de leurs performances sur une longue période (recouvre résultats thermiques, mais aussi problèmes de mise en œuvre, fiabilité, pannes, robustesse, ...)
- diffuser ces informations vers les professionnels et le grand public

Pour chaque opérateur identifié, l'ADEME (DER) a apporté un soutien financier à l'organisation, la réalisation et l'exploitation d'une campagne de mesures sur site sur 10 opérations SSC en fonctionnement depuis plus de 6 mois, ciblées sur 1 à 3 régions désignées, mesures réalisées selon une méthodologie commune imposée par l'ADEME, le suivi étant assuré par un organisme neutre dans le cadre de cette convention.

Le [cahier des charges](#) de ce programme et les [documents d'accompagnement](#) sont disponibles sur le site de l'ADEME.

## 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.

Entre 2003 et 2005, le projet Evalssc a permis de tester sur site 32 systèmes de 5 fabricants ou distributeurs (BUDERUS, CLIPSOL, GIORDANO, SOLAIRE CONNEXION et VIESSMANN). Les [résultats](#) sont disponibles sur le site de l'ADEME.

Parallèlement à ce programme, un projet européen ([Altener Solar Combisystems](#)) s'est déroulé de 2001 à 2003, en lien avec le projet 26 de l'Agence Internationale de l'Energie consacrée aux systèmes solaires combinés. Au cours de ce projet, 3 installations dans 7 pays ont été instrumentées et sont en cours d'évaluation. La coordination de ces suivis a été faite par l'ASDER. Une méthode similaire à celle développée au niveau national a été adoptée pour la comparaison des résultats obtenus dans les différents pays, avec cependant certaines différences notamment quant à la définition des systèmes de référence et des valeurs numériques de certains paramètres caractéristiques de ces références.

Dans le présent projet, INES Education 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 synthèse.

Le fabricant a proposé une liste de sites potentiels, a commandé les équipements de mesure une fois le choix des sites fait en concertation avec l'ADEME et INES Education, et a supervisé leur pose.

## 3 PRINCIPE DE LA METHODE D'EVALUATION ET INSTRUMENTATION

Un SSC est un système qui fournit de l'énergie pour deux utilisations (chauffage des locaux, production d'eau chaude sanitaire), en général à partir de deux sources d'énergie (capteur solaire thermique, énergie d'appoint) (figure 1).

Toute installation solaire thermique, et notamment un SSC, est un système qui a certes pour finalité de récupérer de l'énergie solaire de la manière la plus efficace possible, mais surtout d'économiser de l'énergie conventionnelle.

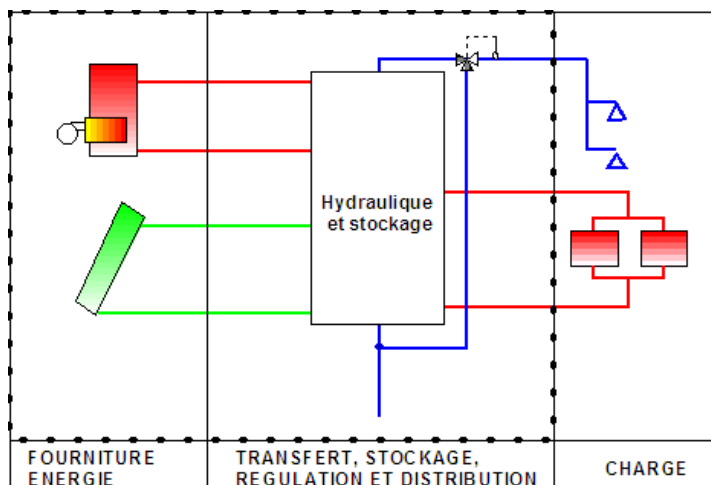
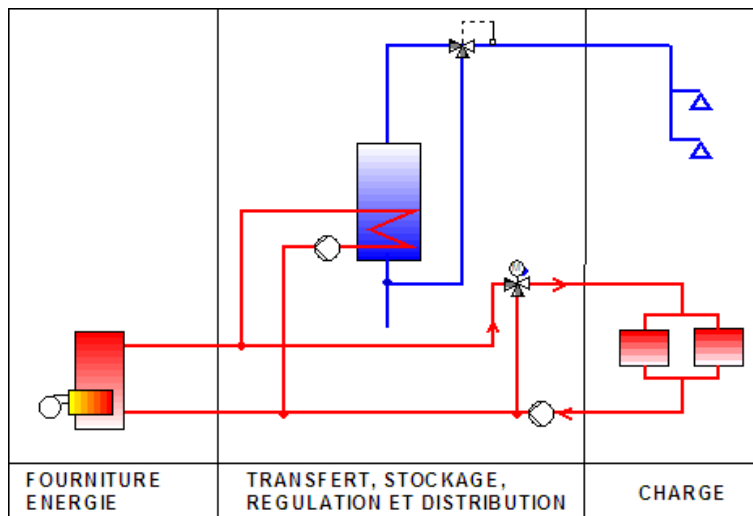


Figure 1 : Schéma de principe d'un SSC (limites du système en pointillés)

L'évaluation (performances thermiques) d'un SSC se fait donc en comparant l'énergie d'appoint consommée par le SSC à celle qu'aurait consommée une installation conventionnelle non solaire fictive (référence) fournissant le même service (besoins de chauffage et d'eau chaude identiques). Pour cela, il faut bien évidemment définir ce système de référence auquel le SSC est comparé, notamment la qualité du générateur d'appoint (rendement) et les pertes liées à la production et au stockage de l'eau chaude sanitaire. Différents systèmes de référence (figure 2) utilisant les différentes sources d'énergie (fioul, gaz naturel, propane, électricité, bois) conforme à la réglementation thermique 2005 ont été définis dans ce but.



Les installations ont été équipées de plusieurs compteurs de chaleur (figure 3) :

- Un sur le circuit de chauffage [C3] (mesure des besoins de chauffage)
- Un sur le circuit d'eau chaude [C2] (mesure des besoins thermiques pour l'eau chaude, pertes de distribution comprises)
- Un sur le circuit appoint (à l'entrée de la chaudière de manière générale [C1], à la sortie [C1'] en cas d'impossibilité comme par exemple dans le cas d'un appoint bois)

Figure 2 : Schéma du système de référence (cas d'un appoint gaz, fioul ou bois)

- Un sur le circuit solaire [C4], qui n'est pas utilisé pour le calcul du taux d'économie d'énergie thermique, mais qui sert à quantifier les pertes du système (les pertes étant obtenues comme la différence entre l'énergie injectée dans le système et l'énergie fournie par le système :  $([C1'] + [C4]) - ([C3] + [C2])$ )

Par ailleurs, l'irradiation dans le plan des capteurs a été mesurée dans la plupart des cas ou recalculée à partir des données météorologiques réelles de la station la plus proche en cas d'impossibilité. De même, les températures intérieures et extérieures ont été mesurées.

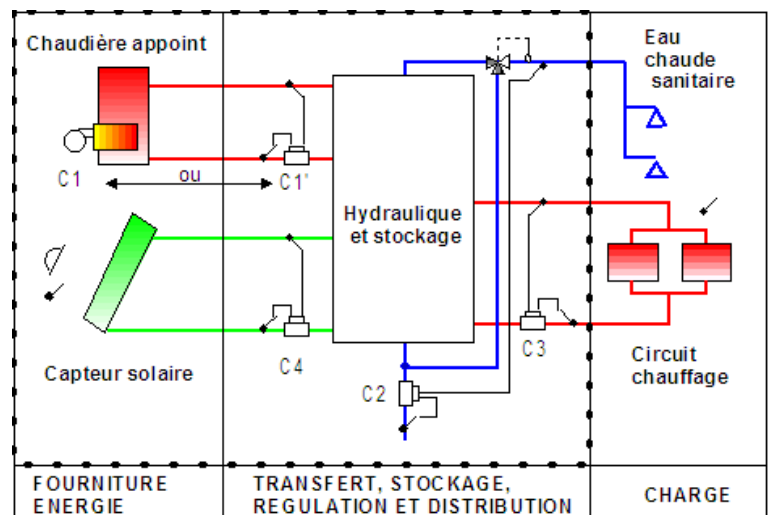


Figure 3 : Schéma de l'instrumentation

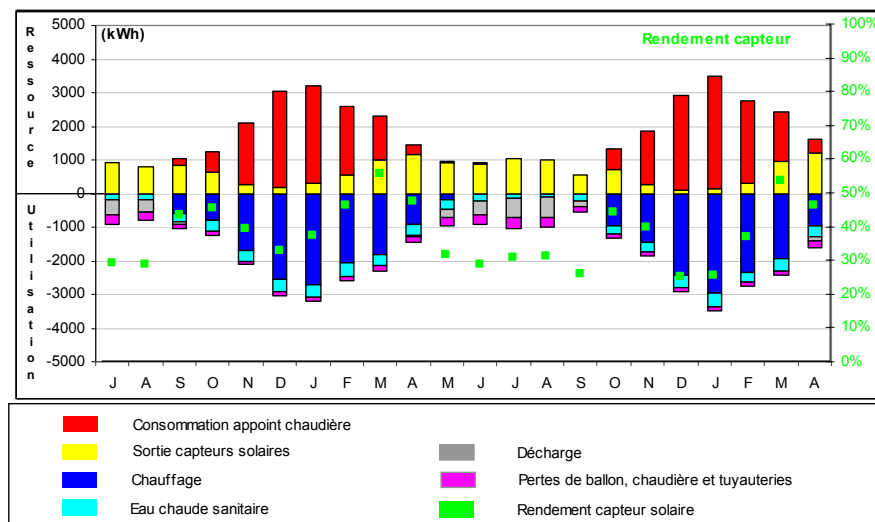


Figure 4 : Bilan thermique d'une installation

Des bilans thermiques mensuels et annuels du système ont été établis (figure 4), et des indicateurs globaux annuels de fonctionnement ont été calculés.

## 4 DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE

La campagne de mesures a débuté fin 2007 et s'est terminée durant le deuxième semestre 2010. Pour les installations dont le suivi a démarré le plus tôt, on dispose de durées de mesures qui dépassent 2 années. L'analyse des résultats annuels glissants permet alors de mettre en évidence l'influence des modifications éventuelles apportées sur l'installation.

Les maisons instrumentées étant quasiment toutes de maisons récentes, on peut raisonnablement penser qu'elles sont isolées conformément aux exigences des réglementations thermiques en vigueur au moment de leur construction. (RT 2000 et RT 2005).

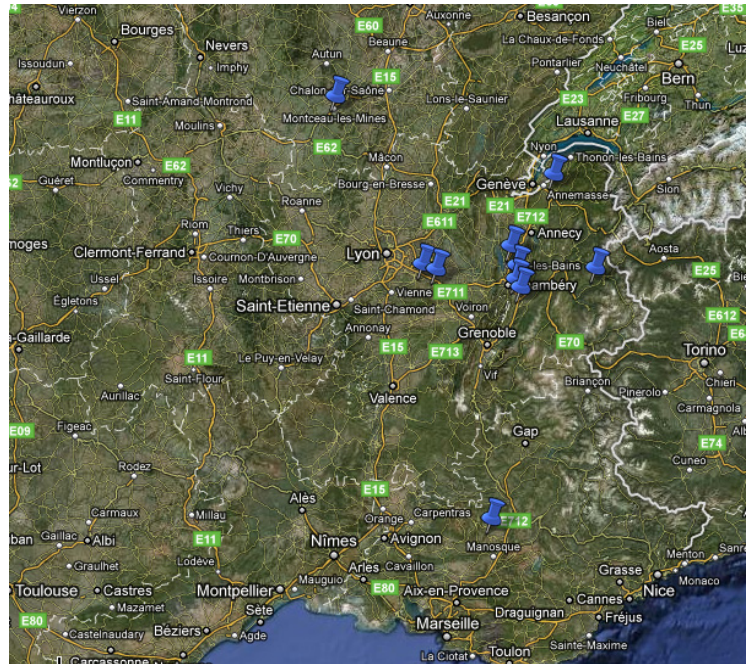


Figure 5 : Localisation des installations instrumentées

N°	Surface de plancher chauffée (m <sup>2</sup> )	Energie appoint	Surface de capteurs solaires (m <sup>2</sup> )	Inclinaison (sur l'horizontale)	Orientation	Date de construction maison	Plancher chauffant	Radiateurs
1	200	Propane	17,8	35	Plein Sud	oct-04	2 zones	
2	160	Fioul	12,7	45	Plein Sud	Automne 2004	X	X
3	160	Propane	13,7	26	Plein Sud	août-05	X	
4	120	Gaz naturel	10,3	67	Plein Sud	sept-05	X	
5	120	Fioul	16,3	45	5° Sud Ouest	Été 2005		X
6	165	Electricité	17,8	30	Plein Sud	2005	2 zones	
7	180	Electricité (PAC)	16,4	30	Plein Sud	sept-06	2 zones	
8	140	Gaz naturel	16,1	45	Plein Sud	2004	2 zones	
9	155	Propane	16,4	35	Plein Sud	2004	2 zones	
10	198	Granulé bois	22,0	55	Plein Sud	2006	2 zones	

Tableau 1 : Caractéristiques principales des installations suivies

Des problèmes de mesures ont été rencontrés sur l'installation 9, ce qui a rendu les résultats inexploitable.

## 5 METHODE D'EXPLOITATION DES MESURES

Le principe du calcul des indicateurs caractéristiques est le suivant :

1. Relevés des différents compteurs ([C1] à [C4])
2. Calcul de la consommation d'énergie de référence  $C_{ref}$  pour un système équivalent non solaire utilisant la même énergie (les résultats sont présentés ici utilisant la référence européenne décrite en détail dans le [guide](#) du projet Combisol. Elle conduit à des résultats en général légèrement majorés par rapport à ceux qui seraient obtenus avec la référence française calée sur la réglementation thermique RT2005) :

$$C_{ref} = ([C3] + [C2] + Q_{ref}) / \eta_{ref}$$

Avec  $Q_{ref}$  : pertes du ballon ECS de référence

$\eta_{ref}$  : rendement de la chaudière de référence

3. Calcul du taux d'économie d'énergie thermique  $F_{sav}$  :

$$F_{sav} = (C_{ref} - C1) / C_{ref} = 1 - C1 / C_{ref}$$

4. Calcul de la Fraction Solarisable des Consommations FSC : cette grandeur représente la fraction maximale de la consommation de référence  $C_{ref}$  en phase avec l'irradiation incidente sur les capteurs, qui pourrait être économisée grâce aux capteurs solaires installés. Autrement dit, c'est le taux d'économie d'énergie d'un SSC idéal sans pertes, équipé de la même surface de capteur que le SSC étudié, et fournissant le même service. Cette grandeur est indépendante du système étudié, par contre elle est fonction de la consommation de référence  $C_{ref}$ , de la surface de capteurs solaires  $A_c$  et de l'irradiation  $I_c$  :

$$FSC = \frac{\sum_1^{12} \min(C_{refm}, A_c I_{cm})}{\sum_1^{12} C_{refm}}$$

Le calcul du minimum est fait sur une base de temps mensuelle, les grandeurs correspondantes sont indicées par la lettre **m**.

5. Diagramme donnant  $F_{sav}$  en fonction de FSC : l'utilisation d'un tel diagramme, pour lesquelles les valeurs en abscisses et en ordonnées sont adimensionnelles, permet de comparer facilement des SSC comportant des surfaces de capteurs solaires variées, placés dans des situations géographiques diverses et sur des maisons ayant des besoins différents.
6. Calcul de la productivité en énergie économisée :  $(C_{ref} - C_1) / A_c$

## 6 PRINCIPAUX RESULTATS

### 6.1 RATIOS DE BESOINS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE, ET DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS

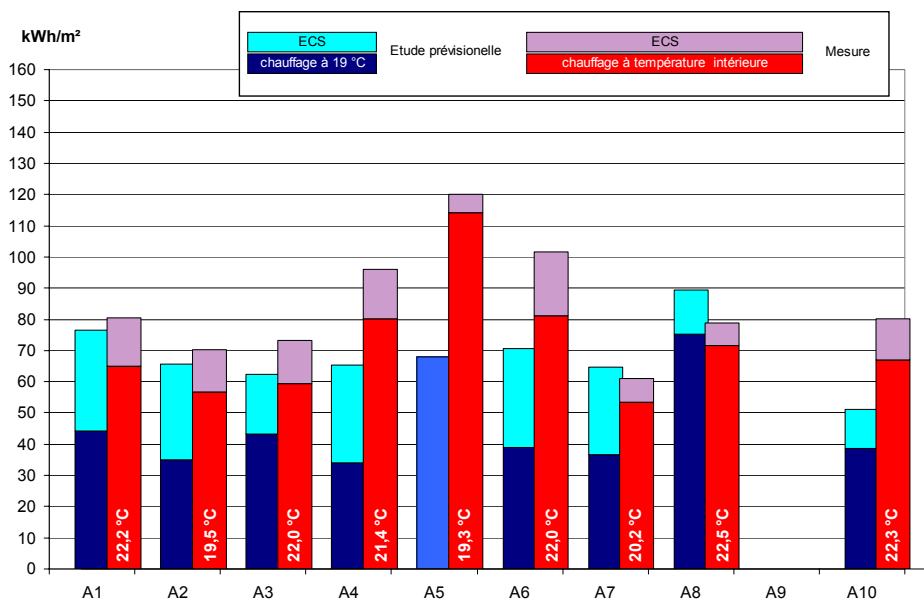
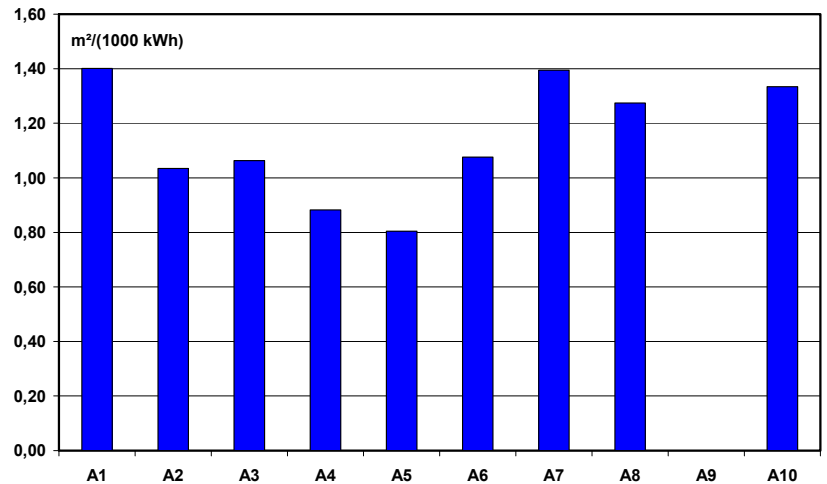


Figure 6 : Besoins spécifiques annuels de chauffage et d'ECS

Sur le graphique de la figure 6 sont portés les besoins spécifiques en chauffage et en eau chaude sanitaire, par  $m^2$  de surface habitable. Sur 5 installations (n°1, 2, 3, 7 et 8), le total des besoins est cohérent entre prévisions et mesures. On pourrait penser que pour ces installations, le prévisionnel est correct. Mais si on différencie chauffage et eau chaude, l'analyse montre que les besoins de chauffage sont en général nettement plus importants que dans les études prévisionnelles, puisqu'ils peuvent dépasser le double de la valeur prévue. Une première cause provient de la température moyenne intérieure réelle pendant la saison de chauffage (indiquée en blanc sur le graphique), souvent supérieure de 1 à 3 °C à la température de 19 °C retenue pour le calcul prévisionnel. Par ailleurs, il est vraisemblable que l'enveloppe des maisons soit dans la réalité de qualité inférieure à ce qui a été estimé dans les études prévisionnelles. Les besoins en ECS sont le plus souvent sur estimés dans ces mêmes études. Sur une seule installation, les valeurs prévues sont confirmées par les mesures. En moyenne les mesures sont 40 % inférieures aux prévisions. Elles correspondent à celles déjà observées dans le rapport déjà cité. Ainsi, pour la quasi-totalité des sites, on observe des besoins inférieurs au chiffre habituellement retenu dans les calculs réglementaires (18,6 à 21,7 kWh/m<sup>2</sup>.an selon la RT 2005, pour les différentes zones climatiques).

Cette disproportion entre les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire rend délicat le dimensionnement des surfaces de capteurs solaires : en effet, plus cette disproportion est marquée, plus l'écart entre les besoins globaux d'hiver et d'été est prononcé, ce qui va à l'opposé des variations mensuelles d'irradiation. Dans ces conditions, il est difficile d'atteindre des taux d'économie élevés, car pour cela, il faudrait augmenter de manière importante la taille des capteurs solaires, ce qui ne va pas sans poser des problèmes de montée en température excessive en été.

Le dimensionnement des capteurs solaires est cohérent avec les valeurs indiquées dans les formations QualisolCombi (figure 7) : 1 m<sup>2</sup> de capteur solaire par tranche de 1000 kWh de besoins annuels pour le chauffage et l'eau chaude.



## 6.2 RESULTATS GLOBAUX

Figure 7 : Ratios surface de capteurs solaires / besoins thermiques

A partir des mesures réalisées, nous avons pu identifier des paramètres caractéristiques des installations :

- le coefficient moyen de pertes du stockage et des tuyauteries de liaisons en local technique.
- le rendement moyen annuel du générateur d'appoint (sur PCI).

Ces valeurs identifiées ont été utilisées pour évaluer l'énergie délivrée à la sortie du générateur d'appoint (correspond au compteur C1' de la figure 3). A partir de cette énergie, nous avons calculé les taux d'économie d'énergie et le paramètre FSC.

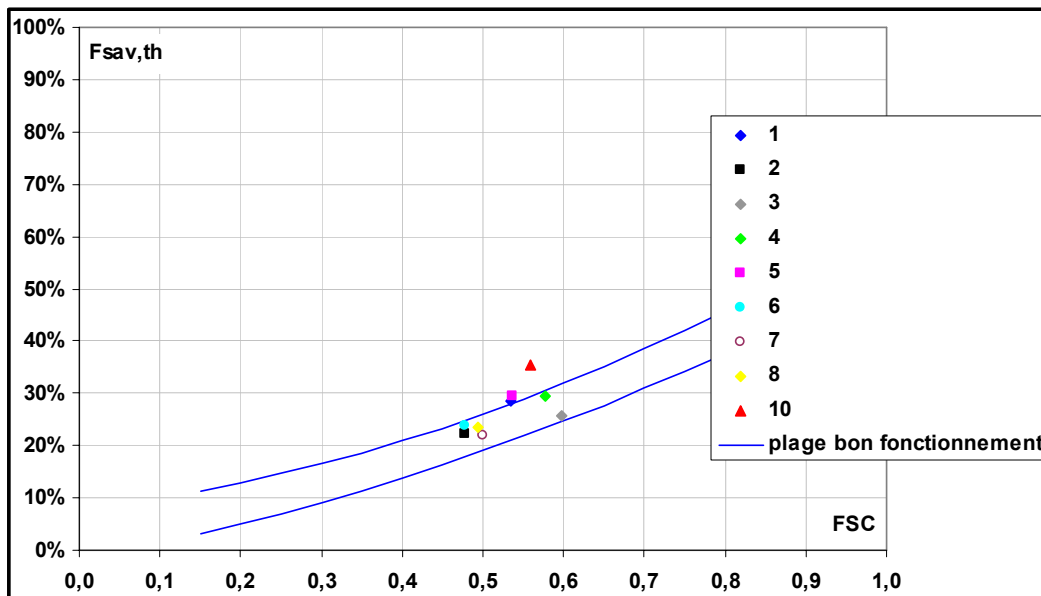


Figure 8 : Résultats en sortie du générateur d'appoint

La figure 8 montre les résultats obtenus pour 9 systèmes. En ordonnée figure le taux d'économie d'énergie thermique annuel, qui donne le pourcentage d'économie d'énergie d'appoint du SSC quand on le compare à un système de référence non solaire utilisant la même énergie et fournissant le même service (besoin de chauffage, quantité d'eau chaude sanitaire). En abscisse figure la Fraction Solarisable des Consommations, qui correspond au taux d'économie d'énergie

idéal d'un SSC qui n'aurait pas de pertes thermiques. Cette représentation permet de visualiser "l'efficacité" d'un système, indépendamment de son dimensionnement, des conditions météorologiques et des besoins de chauffage et d'eau chaude. Pour une installation donnée, plus la valeur du taux réel d'économie d'énergie est proche de la Fraction Solarisable des Consommations, plus le système est efficace.

Les points obtenus sont globalement situés dans la plage dite de "bon fonctionnement" : il s'agit d'une plage correspondant aux systèmes simulés dans le cadre du projet 26 de l'Agence Internationale de l'Énergie consacrée aux systèmes solaires combinés. Ceci indique un bon fonctionnement du système (hors appoint), même si une légère dispersion des points est observée (pour le point n°10, certaines mesures ont été reconstituées, ce qui augmente l'incertitude). La dispersion est liée aux différences de mise en œuvre, de température de fonctionnement notamment au niveau des circuits de distribution de chauffage, de réglages, etc....

Dans la figure 9, nous avons utilisé les mêmes indicateurs que pour la figure 8, mais évalués à l'entrée du générateur d'appoint. La référence prise en compte est une chaudière basse température pour le gaz et le fioul, une chaudière avec un rendement de 90 % pour l'électricité, une pompe à chaleur avec un COP saisonnier de 2,45 associée à une résistance électrique pour la production d'eau chaude sanitaire).

Les points représentatifs sont positionnés par rapport à une plage qui représente l'enveloppe des résultats obtenus par simulation dans le projet 26 (plage de bon fonctionnement). La courbe supérieure bleue correspond au système le plus performant simulé dans le projet 26, la courbe inférieure au moins performant.

Le taux d'économie intègre donc maintenant le comportement et la qualité du générateur d'appoint, en comparant avec un système conventionnel de référence.

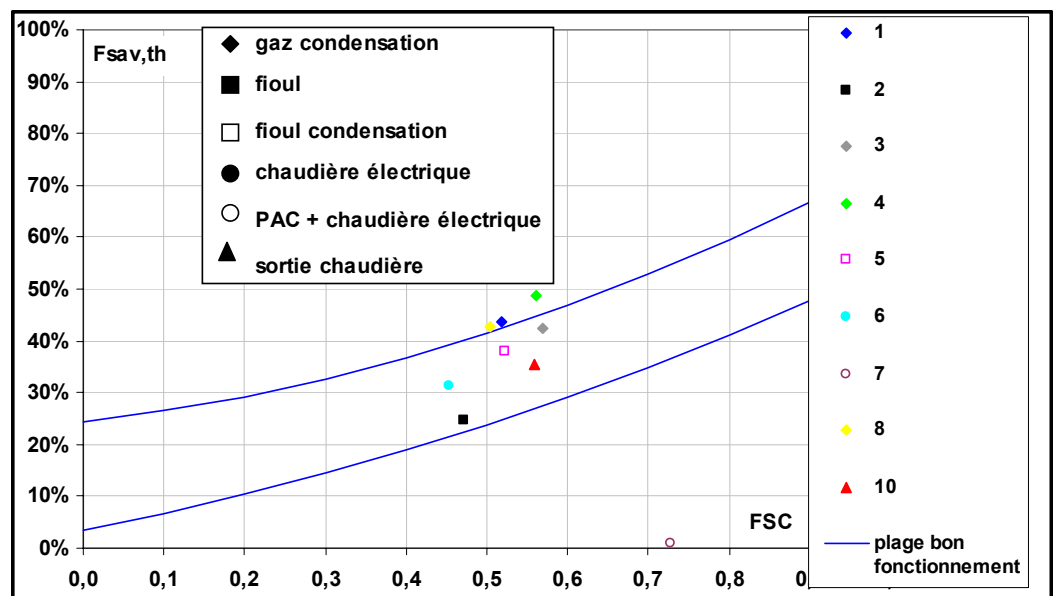


Figure 9 : Résultats en entrée du générateur d'appoint

Si on compare cette figure avec la précédente, on peut faire les observations suivantes :

- Les SSC avec une chaudière gaz condensation en appoint (n°1, 3, 4 et 8) ont un taux d'économie nettement amélioré, du fait du gain supplémentaire apporté par ce générateur en comparaison avec la référence.
- Dans une moindre mesure, il en est de même pour le SSC avec chaudière fioul à condensation (n°5)
- Le SSC n°2 utilisant une chaudière fioul dont les performances sont analogues à celle de la référence, le point représentatif ne bouge quasiment pas.
- Pour le SSC avec appoint électrique, le point évalué entrée appoint est légèrement meilleur qu'évalué à la sortie appoint
- Le SSC avec appoint PAC + chaudière électrique voit son taux d'économie d'énergie s'écrouler. Très proche de 0, il signifie que le système instrumenté consomme quasiment autant d'électricité que le système de référence. En fait, en analysant de plus près son fonctionnement, il apparaît que la chaudière électrique fonctionne plus que ce qu'elle ne devrait uniquement pour l'appoint eau chaude, et qu'une part importante de sa consommation sert pour l'appoint chauffage. De fait, les gains solaires sont annulés par un mauvais fonctionnement de l'appoint.
- Le point représentatif du système n°10, toujours évalué à la sortie du générateur d'appoint, ne change pas.

La position des symboles par rapport à la plage projet 26 permet de rendre compte de manière très globale et donc forcément un peu réductrice, des performances atteintes par un SSC, sachant que la position d'un point résulte de l'influence de différents facteurs liés à la conception du système (notamment qualité de l'appoint et du stockage de chaleur), à la qualité de son installation et de ses réglages, sans qu'il soit possible d'identifier très nettement la part de chacun de ces facteurs dans le résultat final.

De manière générale, les éléments suivants sont des facteurs qui tirent les taux d'économie d'énergie vers le haut :

- Utilisation d'une chaudière d'appoint basse température, ou mieux, d'une chaudière à condensation (dans la mesure où le schéma hydraulique permet de valoriser cette condensation (voir point suivant))
- Utilisation de circuits de distribution basse température : de préférence planchers chauffants (ou murs chauffants), radiateurs de grande surface.
- Si deux circuits de distribution fonctionnant à des températures différentes sont utilisés, il faut séparer ces circuits et surtout ne pas réchauffer le retour le plus froid (plancher chauffant) avec le retour du circuit le plus chaud avant raccordement au stockage solaire : un montage commun conduit à une moindre sollicitation du capteur, et donc à une consommation accrue d'appoint.

- La régulation doit piloter le générateur d'appoint, afin de l'arrêter complètement notamment en été lorsque les apports solaires couvrent complètement les besoins en eau chaude sanitaire : on constate sur certains systèmes que la chaudière est maintenue en température en été alors qu'elle ne fournit aucune énergie utile.

### 6.3 PRODUCTIVITÉ

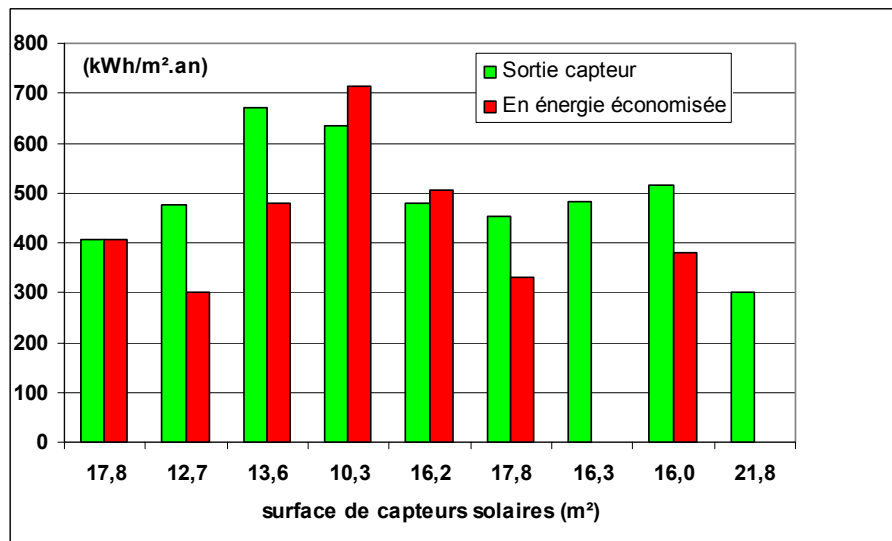


Figure 10 : Productivité en énergie économisée

Il est toujours difficile de donner des chiffres moyens de production solaire pour les systèmes combinés, car ils dépendent à la fois de la "qualité" du système, mais aussi du climat, du dimensionnement de l'installation et des besoins. C'est d'ailleurs pour remédier à cette difficulté que la méthode FSC a été mise au point.

Néanmoins, le graphique 10 donne à titre indicatif les productivités en énergie fournie par le capteur solaire et en énergie finale économisée par m² de surface d'entrée de capteur solaire pour les installations suivies où la mesure de l'énergie d'appoint a été réalisée à l'entrée du générateur d'appoint. (La productivité est le rapport entre l'énergie économisée à

l'entrée du générateur d'appoint et la surface des capteurs solaires).

La moyenne des productivités observées est de l'ordre de 445 kWh/m².an (en énergie économisée). Dans un cas particulier, la productivité dépasse 700 kWh/m².an. Mais il s'agit d'une installation de petite surface située dans un climat très ensoleillé. Les six autres SSC ont une productivité moyenne d'environ 400 kWh/m².an

### 6.4 CONSOMMATION D'ELECTRICITE DES AUXILIAIRES

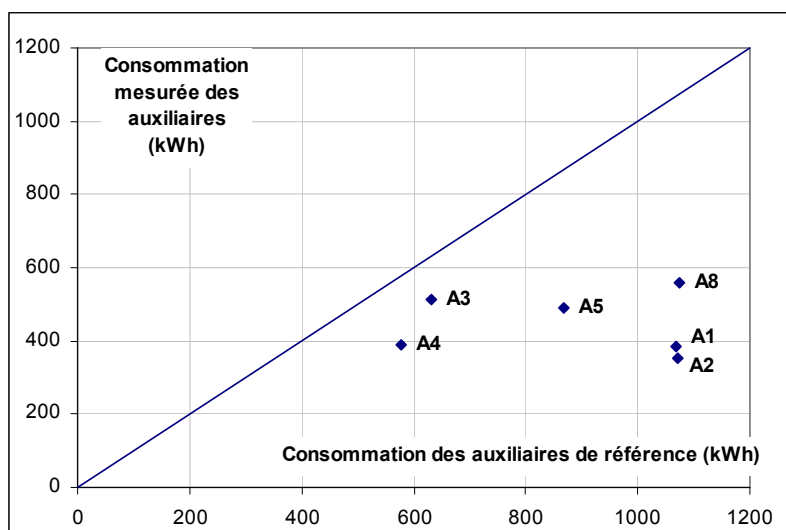


Figure 11 : Comparaison des consommations d'électricité réelle et de référence des auxiliaires

Un SSC consomme de l'électricité pour faire fonctionner tous les auxiliaires : circulateurs, vannes motorisées, régulation. Les constructeurs doivent avoir le souci d'optimiser cette consommation, afin que l'économie d'énergie thermique d'appoint apportée par le système ne se fasse pas au prix d'une consommation d'électricité exagérée.

Pour les installations où cette consommation des auxiliaires a pu être mesurée, le graphique 11 compare les valeurs mesurées avec la consommation des auxiliaires de l'installation de référence. Les points situés sous la diagonale correspondent à des installations gérant correctement

les auxiliaires, puisque malgré la consommation supplémentaire du circulateur du circuit solaire, leur consommation globale reste inférieure à celle du système de référence. Les bons résultats observés proviennent de différentes dispositions prises pour limiter les consommations des circulateurs :



- coupure de la pompe de distribution dans les planchers chauffants après une période de charge solaire
- utilisation de la vitesse variable pour les circulateurs

## 7 CONCLUSION

### Besoins thermiques des maisons

Il y a quelques années, le programme d'évaluation des CESI, piloté par l'ADEME, a mis en évidence de manière assez générale des surdimensionnements des capteurs solaires, liés à une consommation d'eau chaude sanitaire inférieure aux ratios habituellement retenus.

Ici, on retrouve ce résultat concernant les consommations d'eau chaude sanitaire. Par contre, les besoins de chauffage des maisons instrumentées sont en général supérieurs aux valeurs requises par la réglementation thermique (qui s'applique aux maisons neuves), car les SSC sont souvent mis en place dans des maisons existantes et de toute manière avec des conditions de confort (température ambiante) supérieures à celles préconisées par la réglementation (19 °C). Cette situation conduit à un écart important entre les besoins d'hiver et ceux d'été, ce qui fait que les taux d'économie d'énergie thermique mesurés ne dépassent pas 50 % dans le meilleur des cas, ce qui est une valeur tout à fait satisfaisante.

### Efficacité des systèmes

La partie solaire des systèmes combinés testés fonctionne de manière très satisfaisante : le fonctionnement à bas niveau de température des capteurs solaires pendant la saison de chauffage, en permettant de profiter d'un rendement élevé de ces derniers, conduit à de bonnes productivités en énergie solaire récupérée. Si le système est associé à un appoint performant (chaudière à condensation), les performances globales de l'installation sont bonnes. Par contre, le bon fonctionnement de la partie solaire peut être "gaspillé" si un appoint à gestion non optimisée ou présentant un mauvais rendement y est associé.

### Performances globales des systèmes

De manière très globale, pour les installations les plus performantes de ce fabricant, on peut retenir les grands ratios suivants :

- Une installation qui fonctionne bien et qui est dimensionnée correctement permet d'économiser de l'ordre de 300 à 500 kWh/m<sup>2</sup>.an par rapport à une installation conventionnelle de référence, soit sensiblement plus que les valeurs obtenues pour un CESI. De plus, cette valeur correspond à des surfaces de capteurs notablement plus importantes, ce qui conduit à des économies d'énergies conséquentes. En effet, avec une surface de l'ordre de 15 m<sup>2</sup>, ce sont plus de 6 000 kWh qui peuvent être économisés annuellement par projet, soit 4 à 6 fois plus que pour un simple CESI.
- Par contre, il est beaucoup plus difficile de donner un ratio moyen pour le taux d'économie d'énergie, qui, compte tenu de la grande variabilité des maisons et des climats, s'échelonne entre 25 et 50 %.

Les consommations d'électricité des systèmes, pour faire fonctionner les circulateurs, les vannes, la chaudière d'appoint, la régulation etc.... sont tout à fait raisonnables et bien maîtrisées.