



Etude qualitative et quantitative du fonctionnement de Systèmes solaires combinés en usage réel

Synthèse du programme de suivi sur sites

22 septembre 2006

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par l'ASDER – Thomas LETZ

Coordination technique : Département Energies Renouvelables – DERMEE – ADEME Valbonne

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

L'ADEME en bref :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie est un établissement public sous la tutelle conjointe des ministères de l'Ecologie et du Développement Durable, de l'Industrie et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. L'agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

<http://www.ademe.fr>

Sommaire

1) Introduction – Objectifs de la campagne de mesure	4
2) Organisation de la campagne de mesure	4
3) Principe de la methode d'évaluation et instrumentation	4
4) Déroulement de la campagne.....	7
5) Méthode d'exploitation des mesures.....	8
6) Principaux resultats	9
6.1) Commentaires sur les besoins de chauffage et d'eau chaude, et les dimensionnements des installations	9
6.2) Résultats globaux.....	11
6.3) Productivité	12
6.4) Consommation d'électricité des auxiliaires.....	13
7) Conclusion.....	13

1) Introduction - Objectifs de la campagne de mesure

Dans le cadre du Plan Soleil, l'ADEME a attribué des aides financières aux acquéreurs de systèmes solaires combinés (SSC) jusqu'à fin 2004. Ces systèmes, qui couvrent simultanément une partie des besoins de chauffage et d'eau chaude, présentent une variété de schémas hydrauliques plus grande que pour les chauffe-eau solaires individuels, d'où une complexité plus marquée.

Exception faite des "PSD" qui ont été abondamment mesurés, les performances des SSC en usage réel restent encore mal connues, en France comme dans les autres pays européens. A travers ce programme d'évaluation est recherchée une meilleure connaissance du fonctionnement réel des systèmes, qui permette non seulement d'avoir une vision de la qualité des systèmes, mais également de leurs conditions de mise en œuvre et d'utilisation.

Il s'agit d'augmenter les connaissances sur ces systèmes en fonctionnement réel qui, jusqu'à 2003, ont peu fait l'objet de mesures sur site.

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.

En s'appuyant sur ce document, l'ADEME a mis en place un programme national d'évaluation des SSC sur sites dans l'optique de disposer d'informations fiables et neutres sur les différents types de SSC commercialisés sur le marché français.

Dans ce cadre, l'ADEME a chargé des organismes neutres et indépendants des fabricants concernés d'assurer l'instrumentation et le suivi des systèmes proposés par les constructeurs. En 2002, puis 2003, suite respectivement à un appel d'offres européen et un appel d'offres national, les organismes de suivis ont été désignés pour les 4 premiers fabricants volontaires pour participer au programme :

Armines pour CLIPSOL, GIORDANO et SOLAIRE CONNEXION

Izuba Energies pour BUDERUS

COSTIC pour VIESSMANN

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 étudiées. 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 programme national, chaque organisme chargé de suivis était responsable de la sélection des sites, en lien avec l'ADEME et le constructeur concerné, de l'achat et de la mise en place du matériel de mesure, de l'acquisition des données et de leur mise en forme avant traitement par l'ASDER.

L'objectif de départ était d'obtenir un bilan le plus neutre possible, sans interférer ni sur les conditions de mise en œuvre du matériel, ni sur les réglages apportés par l'installateur.

3) Principe de la méthode d'évaluation 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) (voir 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.

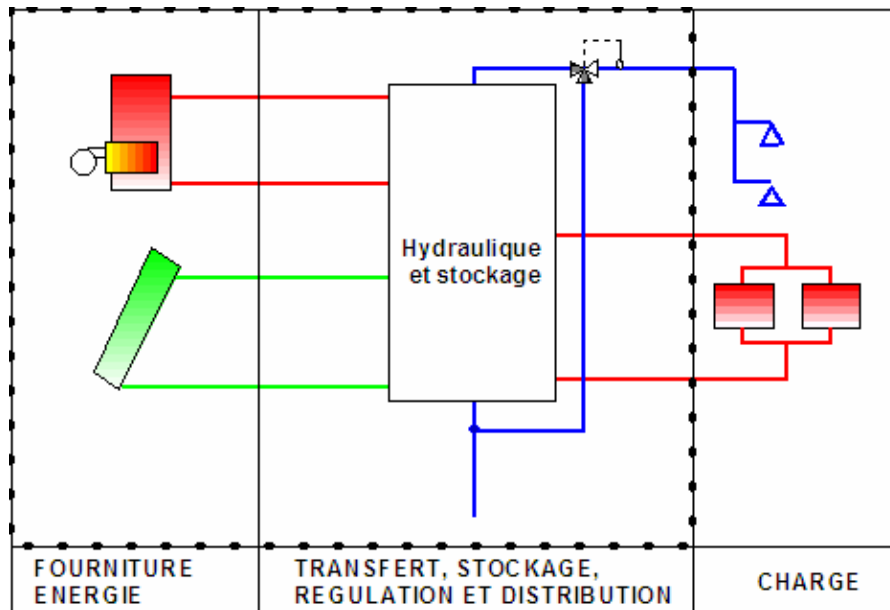


Figure 1 : Schéma de principe d'un SSC (limites du système en pointillés)

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 (dite de 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. Plusieurs systèmes de référence (figure 2) utilisant les différentes sources d'énergie (fioul, gaz naturel, propane, électricité, bois) conforme à la réglementation thermique 2000 ont été définis dans ce but.

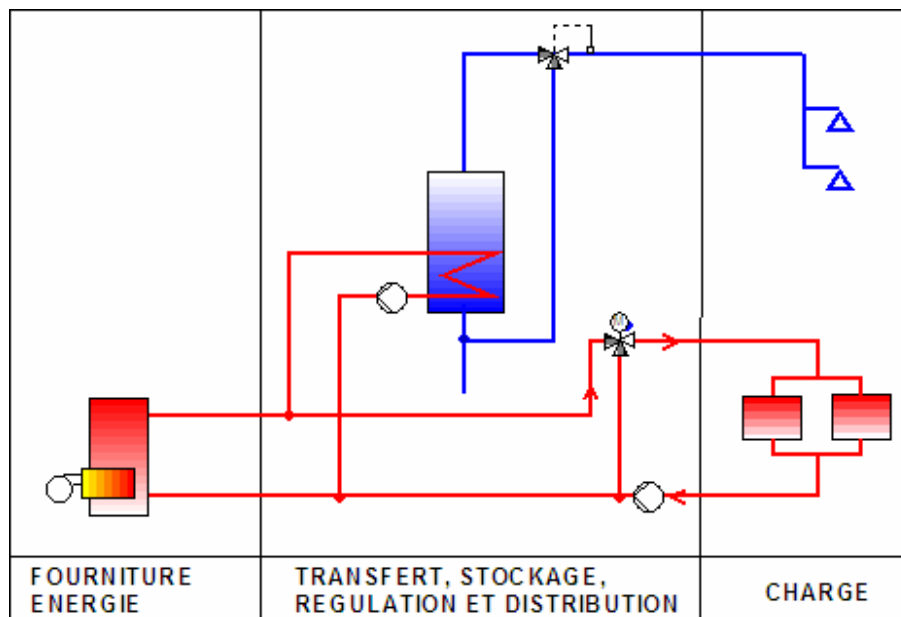


Figure 2 : Schéma du système de référence (cas d'un appoint gaz, fioul ou bois)

Les installations ont été équipées de plusieurs compteurs de chaleur (voir localisation sur la 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)

- 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.

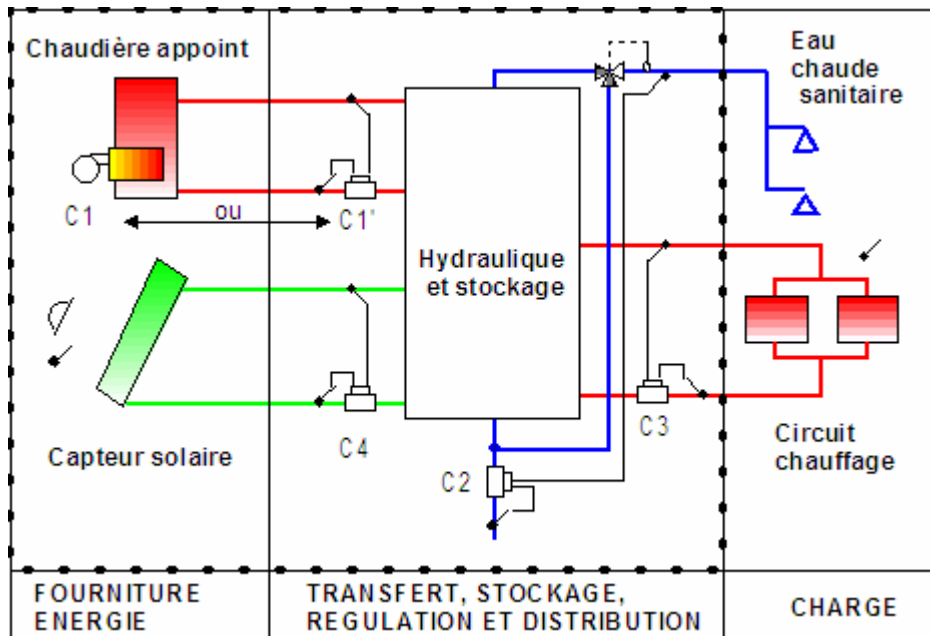


Figure 3 : Schéma de l'instrumentation

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

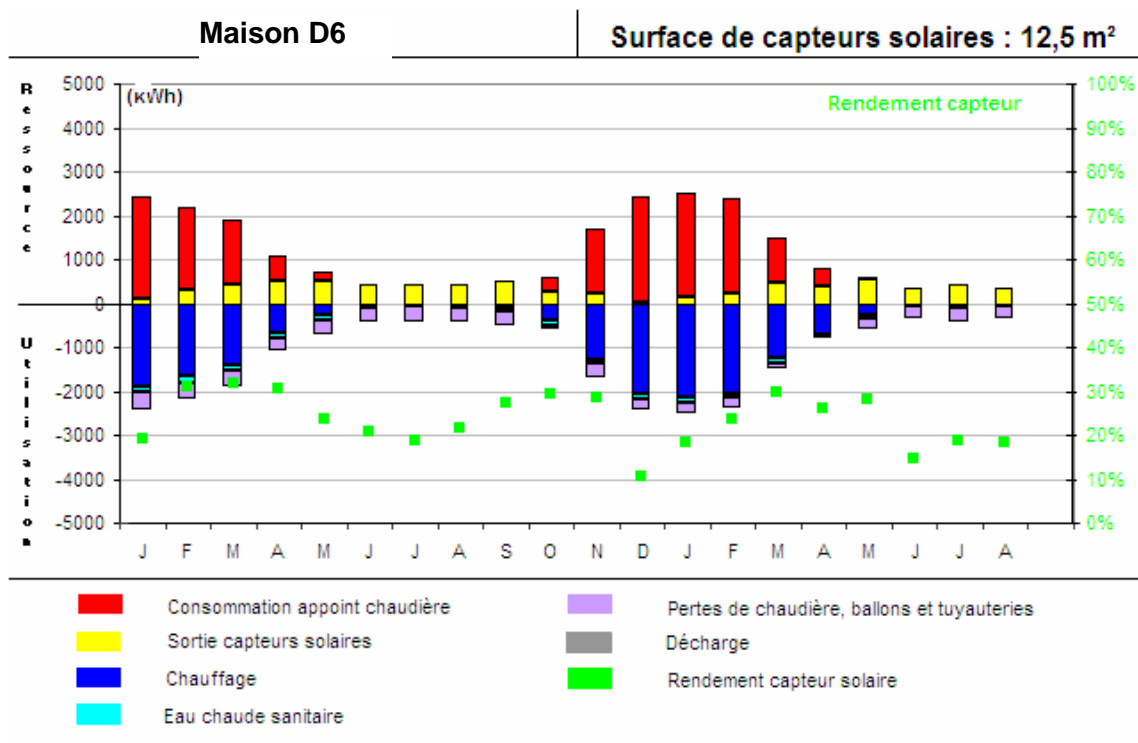


Figure 4 : Bilan thermique d'une installation

4) Déroulement de la campagne

Un groupe de travail a élaboré la méthodologie de suivi en 2001, complétée en 2003, lors du démarrage du programme d'évaluation.

35 installations de 5 constructeurs ont été instrumentées et suivies pendant au moins une année dans sept régions : Alsace, Bretagne, Franche Comté, Languedoc Roussillon, Midi Pyrénées, Paca, Pays de la Loire et Rhône Alpes (figure 5). Dans la suite du document, les différents constructeurs sont repérés par des lettres de A à E, et pour chaque constructeur, les installations sont repérées par un numéro.

Dans la figure ci-dessous, les installations des constructeurs A, B, C, D et E sont respectivement celles en marron, en rouge, en bleu, en violet et en vert.

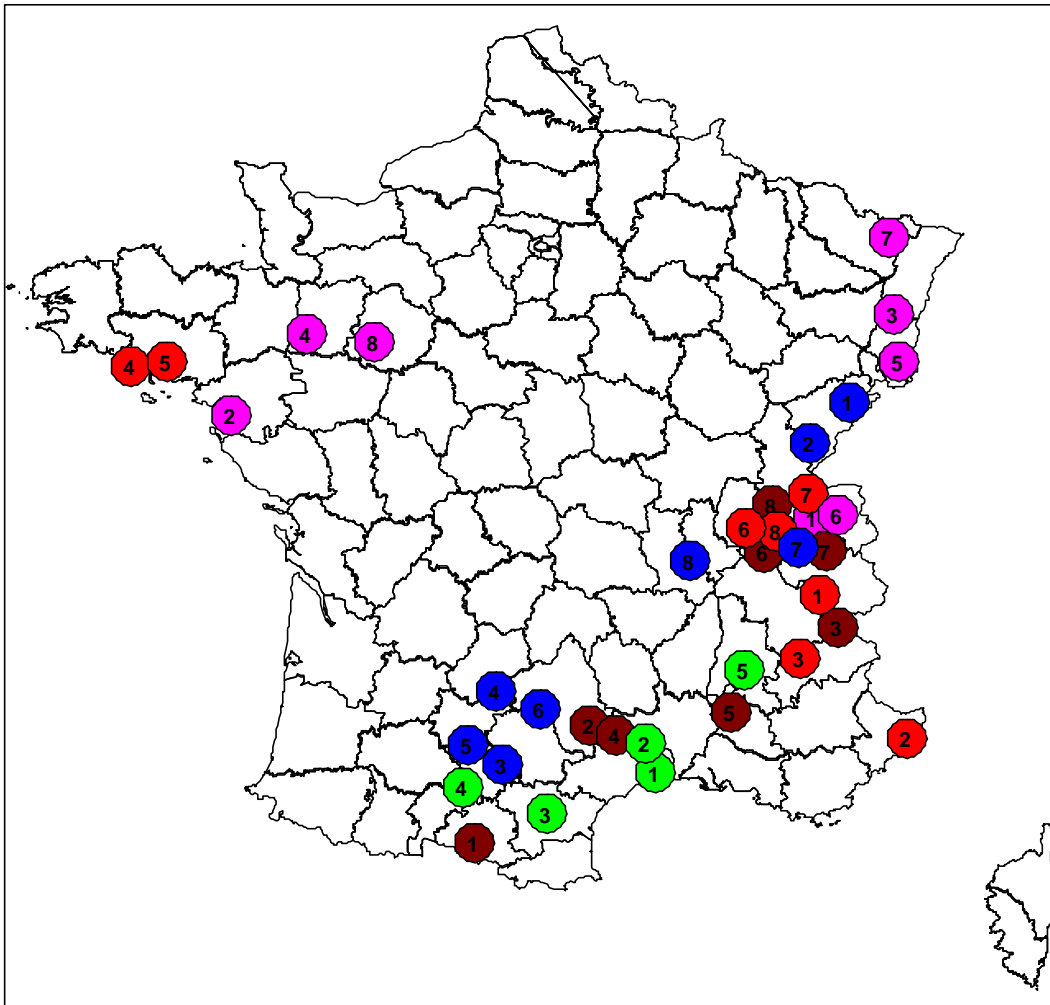


Figure 5 : Localisation des installations instrumentées

La campagne de mesures a débuté fin 2003 pour les premières installations et s'est terminée fin 2005. Pour les installations dont le suivi a démarré le plus tôt, on dispose de durées de mesures qui peuvent atteindre 2 années. L'analyse des résultats annuels glissants (période de 12 mois successifs) permet alors de mettre en évidence l'influence des modifications éventuelles apportées sur l'installation.

Les principales caractéristiques des différents SSC étudiés sont rassemblées dans le tableau 1 ci-après.

Parmi les 35 installations, 32 donnent des résultats exploitables. Pour certaines d'entre elles, les résultats annuels ont été extrapolés à partir de séquences de mesures de plusieurs mois, selon une méthode proposée dans le guide méthodologique de suivi.

Dans certains cas, des défaillances de la métrologie ont affecté les mesures. Les données manquantes ont alors été reconstituées à partir d'autres mesures disponibles.

Site	Surface habitable m ²	Energie d'appoint	Surface capteurs m ²	Orientation (1) degrés	Inclinaison (2) degrés	plancher chauffant	radiateurs	appoint sortie chaudière	SSC en volume chauffé	utilisation appoint bois divisé
A1	126	propane	16	0	60	x				x
A2	120	fuel	16	0	60	x				
A3	103	gaz naturel	20	0	60	x		x		
A4	200	fuel	24	0	60	x				
A7	126	électricité	14	0	60	x		x		x
A8	250	fuel	26	0	60	x		x		
B1	153	gaz naturel	14.8	0	33	x			x	x
B2	164	électricité	13.0	0	30	x				x
B3	116	électricité	14.0	-5	60	x				x
B5	153	propane	19.4	0	60	x			x	
B6	169	propane	16.2	10	35	x	x			
B7	136	fuel	16.2	0	45	x				
B8	160	électricité	14.8	0	50	x				x
C1	130	fuel	13.2	-25	35	x	x			
C2	130	fuel	8.8	-10	30	x	x			
C3	102	gaz naturel	8.8	50	18		x			
C4	120	fuel	19.8	30	40		x			
C5	170	PAC	11.0	0	45	x	x			
C6	150	fuel	13.2	40	38	x	x			
C7	146	élec	13.2	0	35	x				
C8	120	gaz naturel	11.0	70	30	x	x			
D1	252	propane	20.0	0	45	x	x			
D2	160	gaz naturel	15.0	0	45	x				
D3	180	gaz naturel	15.0	0	45	x	x		x	
D4	168	fuel	15.0	0	45	x				
D5	170	gaz naturel	17.5	0	45	x	x		x	
D6	170	fuel	12.5	22.5	35	x				
D7	130	gaz naturel	10.0	0	40	x	x		x	
D8	193	gaz naturel	12.5	22.5	45	x	x			
E1	210	fuel	15.4	-20	51		x	x		x
E2	110	électricité	11.0	0	45		x			
E3	200	bois	22.0	0	50	x	x	x		
E4	180	propane	8.8	30	55	x		x		x
E5	140	gaz naturel	13.2	0	55	x		x		

Tableau 1 : Caractéristiques principales des installations suivies

(1) : par rapport au Sud, + vers l'ouest, - vers l'est

(2) : par rapport à l'horizontale

5) Méthode d'exploitation des mesures

La démarche suivie pour la détermination des indicateurs caractéristiques est la suivante :

1. Relevés des différents compteurs (C1 à C4)
2. Calcul de la consommation d'énergie de référence C_{ref} (pour un système traditionnel fournissant les mêmes besoins que le SSC, utilisant la même énergie d'appoint et conforme à la réglementation thermique RT2000) :

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

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

η_{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. Tracé du 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 plus 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 : $(C_{ref} - C1) / A_c$

6) Principaux resultats

6.1) Commentaires sur les besoins de chauffage et d'eau chaude, et les dimensionnements des installations

Sur les deux graphiques suivants (figures 6 et 7) sont portés les besoins spécifiques annuels de chaque site étudié en chauffage et en eau chaude sanitaire, par m^2 de surface habitable. On remarque que les besoins de chauffage sont relativement élevés (environ la moitié des maisons ont un besoin supérieur à $80 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$) alors qu'inversement les besoins en eau chaude sanitaire sont très faibles. Ainsi, pour la quasi-totalité des sites, on observe des besoins en eau chaude sanitaire inférieurs au chiffre habituellement retenu dans les calculs réglementaires (soit $21 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$ selon les règles Th-C 88) et pour la moitié d'entre eux, le besoin est moitié moindre que cette valeur moyenne.

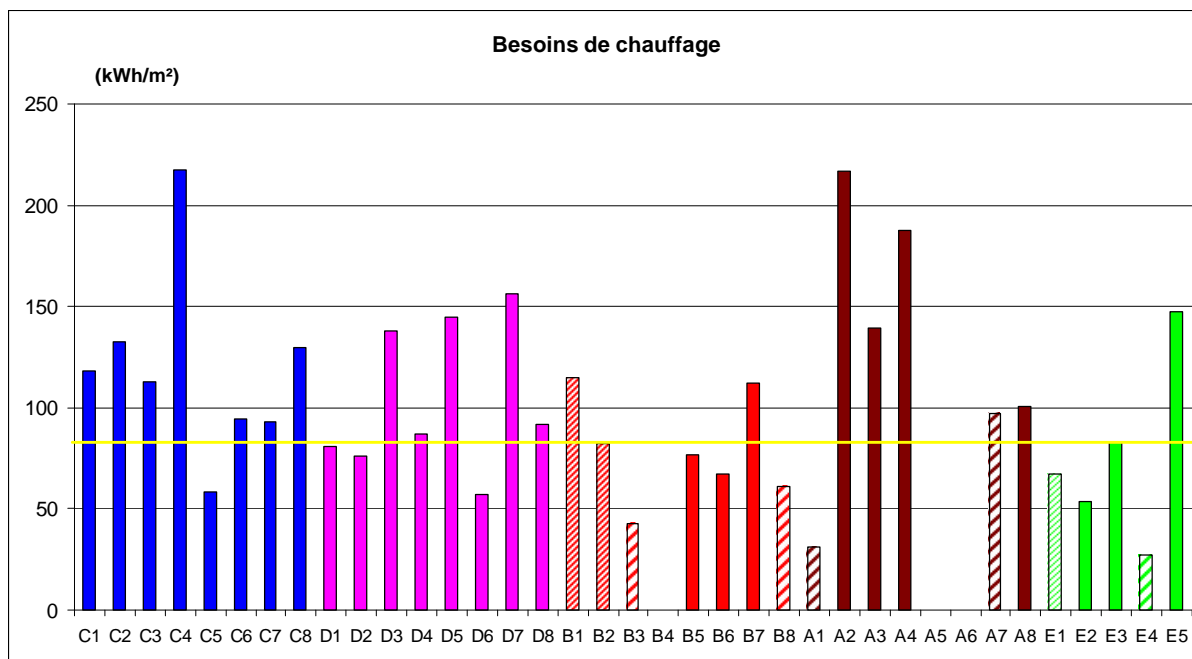


Figure 6 : Besoins annuels de chauffage pour chaque installation étudiée

Contrairement à ce qui leur avait été demandé, certains propriétaires ont utilisé de manière plus ou moins fréquente des appoints bois (cheminées ou poêles). Dans la figure 6, ces installations sont représentées par des barres hachurées, avec des hachures dont l'épaisseur est fonction de l'utilisation de ces appoints, en fonction des indications données par les suiveurs. Ces appréciations sont forcément très qualitatives, aucune mesure de la quantité de bois consommée n'ayant été effectuée. Les hachures larges (respectivement étroites) correspondent à une utilisation significative (respectivement réduite).

Ceci n'est présenté ici que pour montrer que les besoins de chauffage très faibles observés pour certaines

maisons ne sont pas liés à des qualités élevées des enveloppes des bâtiments, mais bien à l'utilisation de ces appoints bois non comptabilisés dans les mesures de besoins de chauffage.

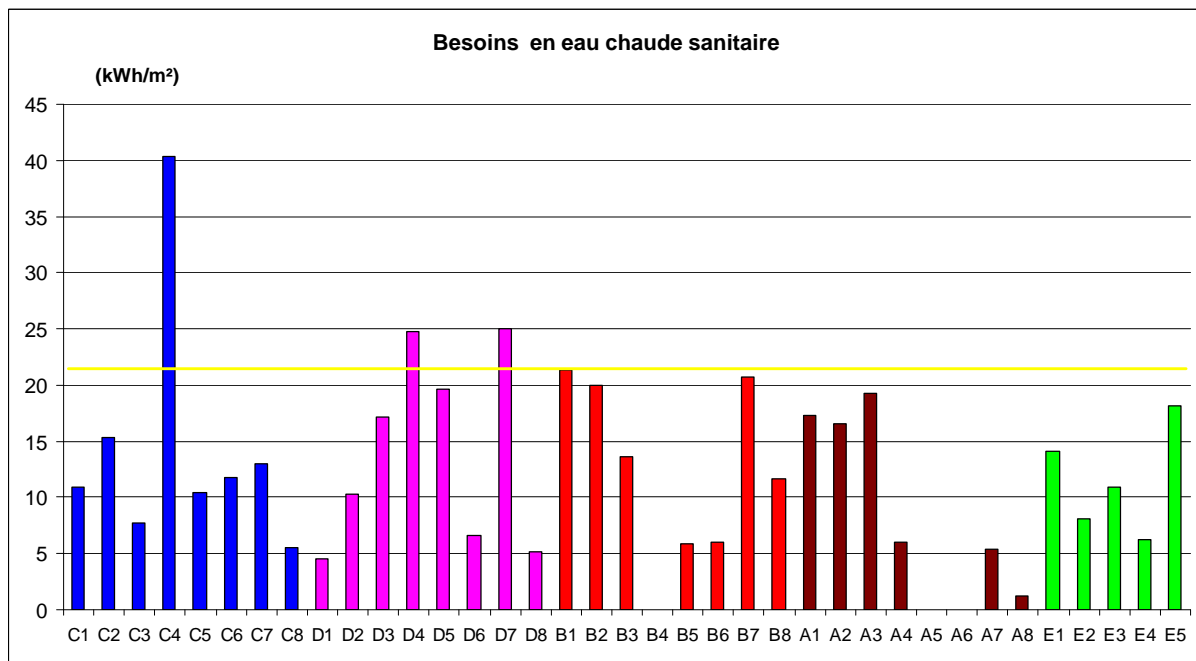


Figure 7 : Besoins annuels d'eau chaude sanitaire pour chaque installation étudiée

Cette disproportion entre les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire rend délicat le dimensionnement des surfaces de capteurs solaires. En effet, il y a un écart très important entre les besoins d'été et les besoins d'hiver, en opposition avec les variations mensuelles d'irradiation solaire. Dans ces conditions, il est illusoire d'espérer 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 excessive en température en été et renchérir significativement le coût des installations.

Pour la majorité des installations, le dimensionnement des capteurs solaires est fait de manière relativement "classique" (1 m² de capteur solaire pour 10 m² de surface chauffée), puisque le ratio constaté surface de capteurs solaires / surface habitable varie entre 6,5 % et 20 %, avec une moyenne à 10 % (voir figure 8).

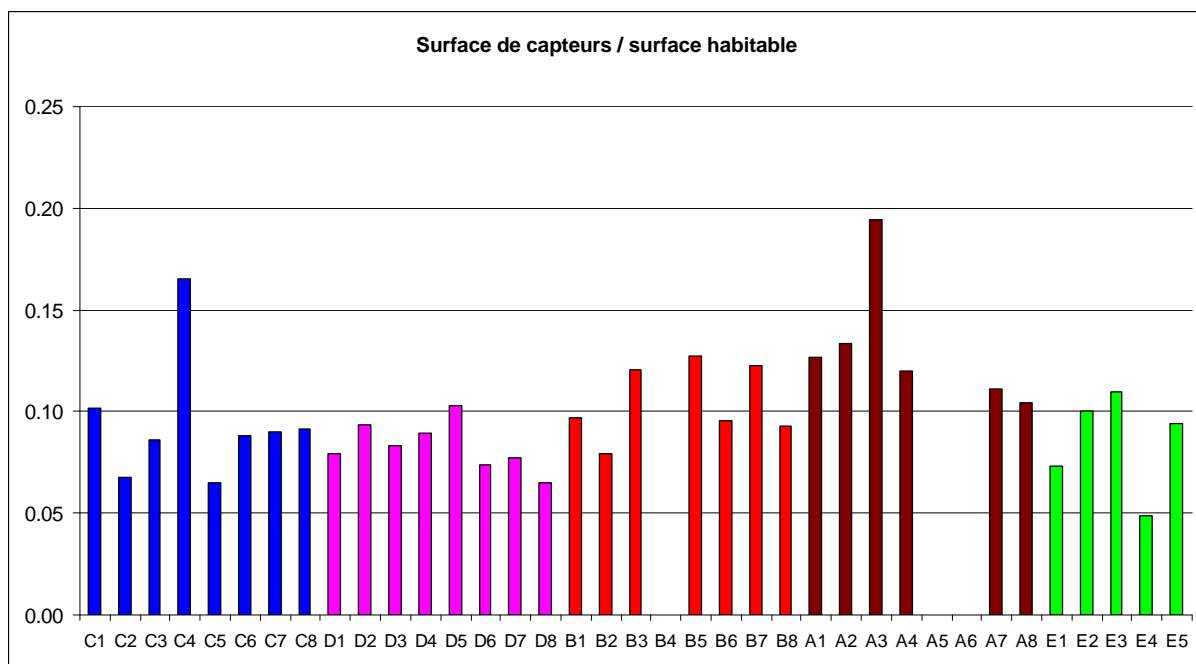


Figure 8 : Ratios surface de capteurs solaires / surface habitable

Cela dit, ce paramètre souvent mis en avant n'est pas très significatif, car il ne tient compte ni du climat, ni des caractéristiques de la maison. Il est plus intéressant d'analyser le rapport entre la ressource disponible (irradiation sur la surface totale des capteurs solaires) et la charge (besoins de chauffage + besoins d'eau chaude) (figure 9). En éliminant les maisons dans lesquelles un appoint bois a été utilisé, on observe une dispersion plus marquée, avec une moyenne sensiblement égale à 1. Cette dispersion correspond à celle qu'on retrouvera plus loin sur les valeurs de FSC.

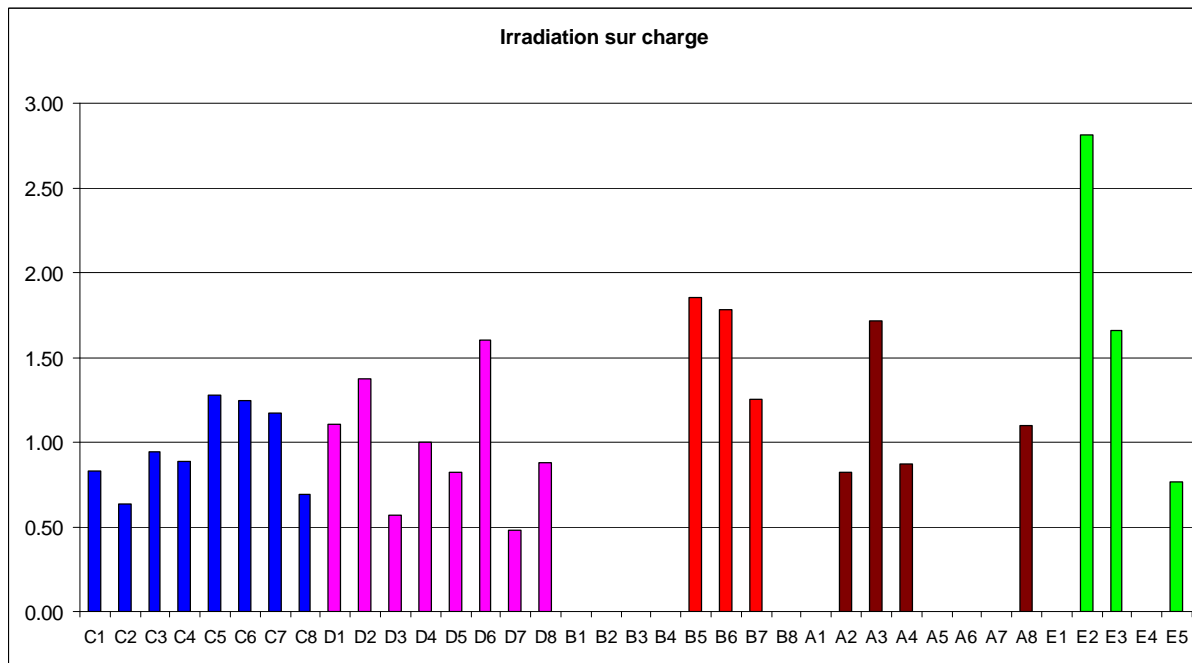


Figure 9 : Ressource solaire disponible par rapport à la charge

6.2) Résultats globaux

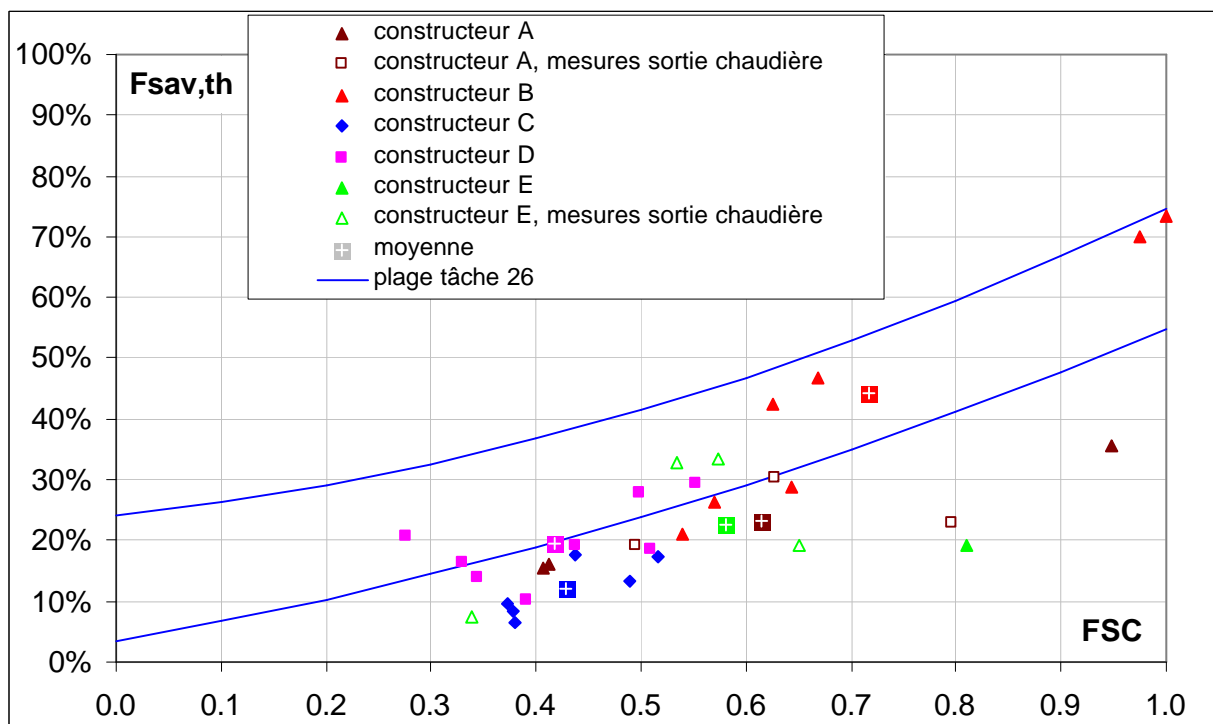


Figure 10 : Synthèse des résultats pour tous les constructeurs

Le graphique de la figure 10 ci-dessus synthétise l'ensemble des résultats annuels obtenus. Pour chacun des constructeurs, le nuage de points reprend la dernière année de mesure disponible pour chaque

installation. Nous avons également fait figurer pour chaque constructeur le barycentre des points représentatifs de ses installations, représenté par le symbole "moyenne".

Les points représentatifs sont positionnés par rapport à une plage (courbes vertes) qui représente l'enveloppe des résultats obtenus par simulation dans le projet 26 Solar Combisystems évoqué au § 2. 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 (cf § 3 et 5). 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.** La courbe supérieure verte correspond au système le plus performant simulé dans le projet 26, la courbe inférieure au moins performant.

La position des symboles par rapport à la plage résultant du projet 26 permet de rendre compte de manière très globale et donc forcément simplificatrice, des performances atteintes par les installations d'un constructeur donné, sachant encore une fois que la position d'un point résulte de l'influence de différents facteurs liés à la conception du système, à la qualité de son installation et de ses réglages. Elle est donc le reflet de la qualité de l'ensemble, point important aussi bien en matière d'information pour une personne ayant un projet que pour orienter les recommandations faites en fin de ce document.

Ce graphique appelle les commentaires suivants :

- pour les constructeurs A et C, les points sont situés sous la plage du projet 26. Cela signifie que la conception des systèmes n'est vraisemblablement pas optimisée. Ceci peut être le cas au niveau du schéma hydraulique ou de la régulation donnant priorité à la charge du ballon de production d'eau chaude sanitaire par rapport à la charge du ballon de stockage chauffage.
- pour le constructeur E, certains points sont corrects, alors que les autres sont situés nettement sous la courbe minimale : pour ces derniers, le retour chauffage passe systématiquement par le ballon de stockage. Il est placé trop bas, et réchauffe donc le bas du ballon avec de l'appoint.
- pour le constructeur D, les points sont situés de part et d'autre de la courbe inférieure de la plage. Dans ce cas, la conception générale des systèmes semble correcte. Par contre la mise en œuvre n'est vraisemblablement pas toujours bien maîtrisée : isolation absente ou insuffisante, diagrammes hydrauliques non-conformes aux spécifications du fabricant, réglages non optimisés.
- pour le constructeur B, les points peuvent être considérés comme satisfaisants.

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 a constaté sur certains systèmes que la chaudière est maintenue en température en été alors qu'elle ne fournit aucune énergie utile.**

6.3) Productivité

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 11 donne à titre indicatif les productivités 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 270 kWh/m².an. Les barres de la figure 11 avec un trait épais correspondent aux systèmes dont les points représentatifs sont dans la plage projet 26 sur le diagramme $F_{sav}=f(F_{SC})$ (cf figure 10). Mis à part deux cas particuliers (climat très favorable, très froid et très ensoleillé pour l'un, et système sous-dimensionné pour le second), **les six autres ont une productivité moyenne en énergie économisée de 360 kWh/m².an.** Compte tenu de la moyenne générale de 270 kWh/m².an, ce chiffre montre que pour 2/3 des installations dont les points représentatifs sont en dehors de la plage du projet 26, la productivité n'est que d'environ 230 kWh/m².an. Pour ces installations, la marge de progression est de 50 %.

On peut synthétiser ces résultats de la manière suivante :

"Un SSC bien conçu, bien installé, bien réglé et correctement dimensionné, économise annuellement au minimum 350 kWh en énergie d'appoint (énergie finale) par m² de capteurs solaire".

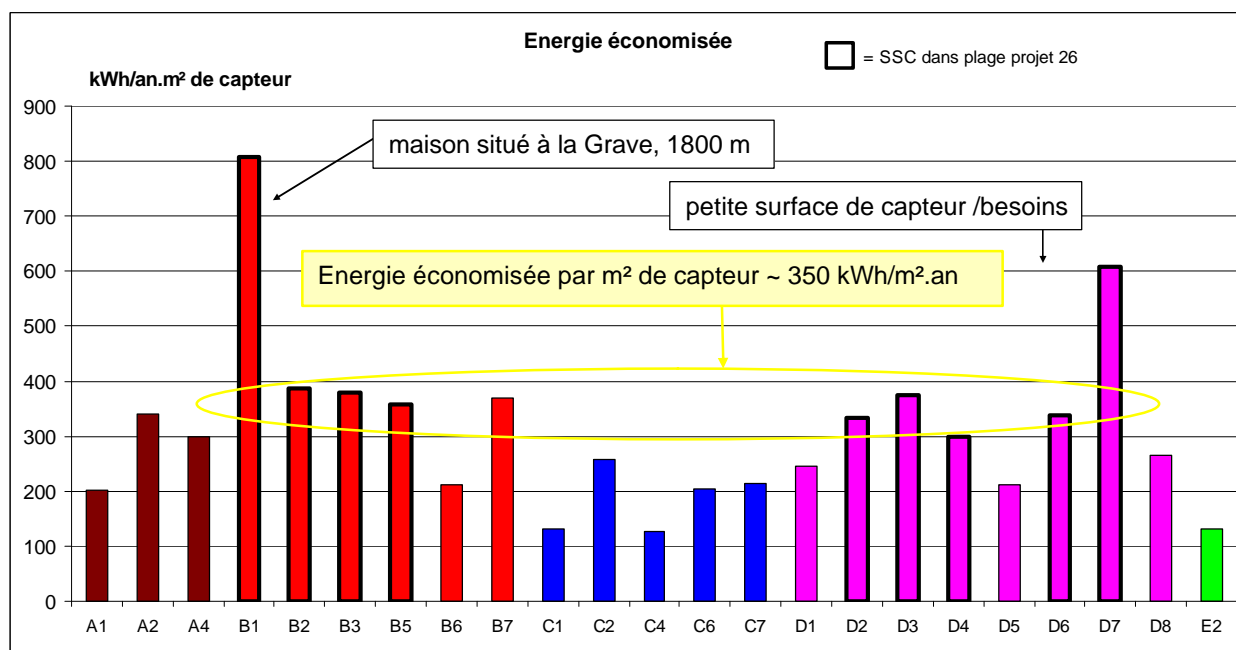


Figure 11 : Productivité en énergie économisée

6.4) Consommation d'électricité 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, la figure 12 compare les valeurs mesurées avec la consommation des auxiliaires de l'installation de référence. Les points situés sous la bissectrice correspondent à des installations gérant correctement les auxiliaires. En effet, pour ceux-ci, malgré la consommation supplémentaire du circulateur du circuit solaire, la consommation globale reste inférieure à celle du système non solaire de référence.

Il faut noter que les SSC à appoint électrique, regroupés sur l'axe des ordonnées du graphique sont pénalisés dès l'origine. Ils consomment de l'électricité pour le fonctionnement de leurs auxiliaires, alors que l'installation de référence comportant des convecteurs électriques et un ballon électrique pour la production d'eau chaude sanitaire n'en consomme pas.

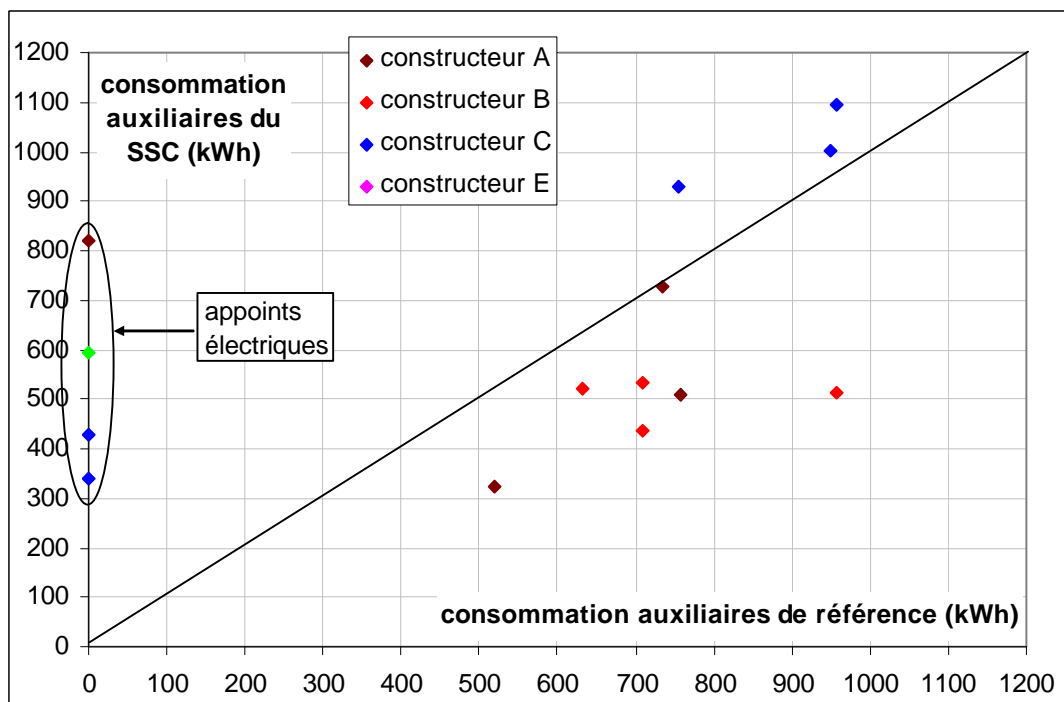


Figure 12 : Comparaison des consommations d'électricité réelle et de référence des auxiliaires

Ils ne devraient donc être envisagés dans un projet que si le taux d'économie escompté est suffisamment important, et que les économies sur l'appoint thermique sont largement supérieures à la consommation des auxiliaires.

7) Conclusion

Tout récemment, 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. On retrouve ici 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, car les SSC sont souvent mis en place dans des maisons existantes et de toute manière avec des conditions de confort (T_{amb}) 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, qui pénalise donc le taux d'économie d'énergie.

De manière très globale, pour les installations les plus performantes, on peut retenir les principaux ordres de grandeurs suivants :

- une installation qui fonctionne bien et qui est dimensionnée correctement permet d'économiser de l'ordre de $350 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$. Pour un projet moyen comportant une surface de capteurs solaire de l'ordre de 15 m^2 , situé dans un climat moyen, ce sont plus de 5000 kWh qui sont économisés annuellement. Avec des conditions favorables (climat de montagne froid et ensoleillé), ces valeurs peuvent être sensiblement plus importantes.
- 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 projets et des climats, s'échelonne entre 10 et 50 %, voire plus dans certains cas très favorables.

Au-delà de ces résultats, le programme d'évaluation SSC sur sites montre que :

- si certains systèmes apparaissent bien conçus et optimisés, avec une bonne maîtrise du produit à l'installation et des retours de terrain conformes aux attentes en termes de qualité, performance et fonctionnement,
- à l'inverse, pour beaucoup d'autres, des progrès restent à réaliser pour avoir des installations de qualité, qui procurent des économies d'énergie conformes à ce que l'on serait en droit d'attendre et de manière durable.

Sur un plan plus qualitatif, le tableau suivant tente une synthèse des recommandations à prendre en compte par l'ensemble des intervenants dans un projet de SSC:

- 1) les fabricants doivent intégrer dans leurs systèmes certains principes qui permettront un fonctionnement amélioré et plus cohérent de ceux-ci. Ils doivent également veiller à apporter plus d'encadrement technique structuré aux installateurs concernant ces produits pour favoriser une diffusion efficace et de qualité
- 2) les installateurs doivent s'attacher à réaliser des installations de qualité, simples, et surtout respectant les préconisations des constructeurs et avec une isolation soignée.
- 3) les Espaces Info Energie (ou tout autre conseiller énergie) doivent avoir un certain nombre de conseils présents à l'esprit
- 4) enfin, les utilisateurs doivent rechercher la cohérence globale de leur projet, en ayant à l'esprit qu'un SSC n'est qu'un moyen supplémentaire d'économiser l'énergie, une fois qu'un travail suffisant sur la qualité intrinsèque de la maison a été effectué.

	Fabricant	Installateur	Utilisateur	EIE
Maîtriser les besoins et les consommations				
Dans l'existant, d'abord diminuer les besoins : amélioration thermique du bâti				
Si chaudière ancienne, la changer, ou prévoir son changement simultanément à la mise en place du SSC				
Planter le capteur le plus favorablement possible				
Eviter les inclinaisons trop faibles (< 30°) et les orientations défavorables (hors d'une zone Sud-Sud-Est / Sud-Sud-Ouest)				
Favoriser le fonctionnement du capteur à la plus basse température possible				
Si le capteur peut délivrer alternativement de l'énergie à 2 usages (ECS et chauffage), concevoir une régulation donnant priorité au circuit ayant le plus bas niveau de température				
Si deux émetteurs fonctionnant à des niveaux de température différents sont utilisés, alimenter en solaire uniquement celui ayant le plus bas niveau de température				
Préférer des émetteurs très basse température (planchers chauffants, murs chauffants)				
Réduire les pertes thermiques				
Eviter les circuits de bouclage sur l'ECS				
Couper la chaudière d'appoint s'il n'y a pas de besoins de chaleur				
Isoler les tuyaux (extérieurs et intérieurs)				
Réduire les consommations électriques				
Adaptation des courbes des circulateurs				
Arrêt de la (des) pompes de distribution de chauffage s'il n'y a pas de besoin de chauffage				

Tableau 2 : Implications des différents intervenants dans un projet (le niveau de gris est fonction du degré d'implication)

Ce programme a montré que l'instrumentation et la mesure ne sont pas superflus dans cette période de développement du marché, et que tous les intervenants ont à gagner à une meilleure connaissance du fonctionnement et des performances des systèmes.

Celle-ci concourt, d'une part à faire progresser ces systèmes, d'autre part à les placer dans un cadre de développement similaire à celui de tout produit industriel. Ce dernier point est le seul garant de l'atteinte d'une diffusion à grande échelle avec une maîtrise réelle des systèmes sur toute la chaîne (de la conception au fonctionnement, en passant par la mise en œuvre), avec une qualité reproductible et durable, donc une meilleure satisfaction de l'utilisateur.