

# Présentation du dispositif Evaluation des résultats

Rapport d'analyse – Juin 2020



*Rédacteur :*

*Guillaume PRADIER*



## SOMMAIRE

1/ Principes et intérêts du dispositif .....	3
1.1    TéléSuiWeb : Programme de suivi .....	3
2/ Métrologie nécessaire .....	4
2.1    Caractéristiques et montage de l'instrumentation .....	4
2.2    Principaux schémas .....	4
3/ Fonctionnalités du dispositif / Site Internet.....	9
3.1    Transmission des mesures.....	9
3.2    Affichage et transmission des resultats .....	11
4/ Echantillon analysé.....	13
5/ Analyse des performances .....	14
5.1    Définition du ratio de performance .....	14
5.2    Productivité et ratio de performance .....	14
5.3    Taux de couverture.....	22
5.4    Pertes thermiques du bouclage.....	23
5.5    Proportion d'eau froide sanitaire bénéficiant de l'énergie solaire.....	23
5.6    Impact global des installations.....	27
<b>Hypothèses</b> .....	27
<b>Résultats</b> .....	28
6/ Quelques enseignements.....	30
6.1    Elements nécessaires pour une maintenance facilitée .....	30
6.2    Une maintenance préventive bien dosée .....	31
6.3    Des mesures suffisamment précises .....	32

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Synthèse des intérêts de TéléSuiWeb .....	3
Figure 2 : Instrumentation en cas d'appoint séparé (individuel).....	5
Figure 3 : Instrumentation en cas d'appoint séparé (collectif).....	5
Figure 4 : Instrumentation en cas d'appoint intégré (électrique ou hydraulique) .....	6
Figure 5 : Instrumentation en cas d'appoint intégré avec bouclage (1 <sup>ère</sup> méthode).....	6
Figure 6 : Instrumentation en cas d'appoint intégré avec bouclage (2 <sup>ème</sup> méthode).....	8
Figure 7 : Instrumentation en cas d'appoint séparé et bouclage revenant vers le ballon solaire .....	8
Figure 8 : Interface du site Internet TéléSuiWeb – Page de saisie des index .....	9
Figure 9 : Page de résultats .....	11
Figure 10 : Tableau de bord TéléSuiWeb d'un utilisateur .....	12
Figure 11 : Répartition de l'échantillon analysé selon le type d'usage .....	13
Figure 12 : Répartition de l'échantillon analysé selon l'énergie d'appoint .....	13
Figure 13 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Logements collectifs) .....	15
Figure 14 : Ratio de performance moyen en fonction du type de stockage (logements collectifs).....	15
Figure 15 : Evolution moyenne de la qualité de fonctionnement d'un CESC existant.....	16
Figure 16 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Habitations individuelles) .....	17
Figure 17 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Exploitations agricoles).....	17
Figure 18 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Etablissements médico-sociaux).....	18
Figure 19 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Campings).....	18
Figure 20 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Gîtes) .....	19
Figure 21 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Hôtels).....	19
Figure 22 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Restaurants) .....	20
Figure 23 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Crèches) .....	20
Figure 24 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Vestiaires) .....	21
Figure 25 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Bureaux - autres) .....	21
Figure 26 : Taux de couverture solaire (logements collectifs).....	22
Figure 27 : Taux de couverture solaire (habitations individuelles) .....	22
Figure 28 : Pertes thermiques de bouclage par rapport aux besoins énergétiques soutirage ECS .....	23
Figure 29 : Schéma collectif standard avec mitigeur centralisé et bouclage sanitaire .....	24
Figure 30 : Schéma collectif standard avec mitigeur centralisé et bouclage sanitaire .....	25
Figure 31 : Rapports Energie économisée / Production solaire utile .....	27
Figure 32 : Emissions de gaz à effet de serre pour la production d'eau chaude .....	27
Figure 33 : Economies d'énergies et émissions de gaz à effet de serre évitées .....	28
Figure 34 : Energie économisée (graphe).....	29
Figure 35 : Emissions de gaz à effet de serre évitées (graphe).....	29
Figure 36 : Gamme de maintenance pour une installation ECS solaire collective .....	31

## 1/ PRINCIPES ET INTERETS DU DISPOSITIF

### 1.1 TELESUIWEB : PROGRAMME DE SUIVI

Ce dispositif de suivi des installations solaires thermiques de production d'eau chaude individuelles et collectives a été mis en place en 2007 par la Plateforme Formation & Evaluation de l'Institut National de l'Energie Solaire, avec l'appui financier de l'ADEME, la Région Rhône Alpes et le Conseil Général de la Savoie.

TéléSuiWeb permet le contrôle de bon fonctionnement des installations. Ses intérêts sont multiples :

- Pour le maître d'ouvrage (et l'éventuel exploitant) : garantir un suivi personnalisé à moindre coût, et ainsi améliorer le bilan économique, parce que :
  - un défaut sur la partie solaire passe facilement inaperçu (le besoin est toujours satisfait grâce à l'appoint), et peut durer dans le temps,
  - le coût de la maintenance préventive sur site doit être minimisé : l'exploitant peut se contenter d'une surveillance minimum et adapter ses interventions aux résultats du suivi.
  
- Au plan collectif : constituer une base de données du fonctionnement réel des installations, et donc :
  - accéder à des valeurs globales fiables d'économie d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.
  - étayer la connaissance collective sur les besoins réels en eau chaude et sur les chauffe-eau solaires, en fonction de la configuration de l'installation, du type d'usage, ...

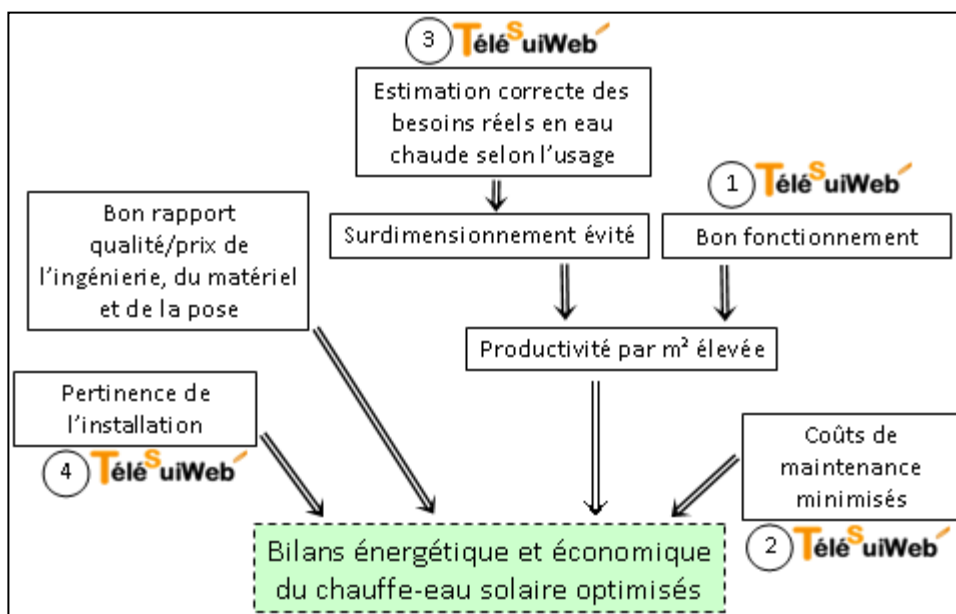


Figure 1 : Synthèse des intérêts de TéléSuiWeb

Les avantages du suivi propres à une installation ( ① et ② sur la figure 1) sont effectifs dès la prise en charge dans TéléSuiWeb.

L'analyse des résultats de l'ensemble du parc suivi permet d'alimenter le bénéfice collectif.

## 2/ METROLOGIE NECESSAIRE

Les compteurs d'énergie thermiques ou électriques mis en place ont pour but de mesurer directement ou de permettre l'estimation du volume d'eau chaude consommé, des besoins énergétiques utiles pour l'eau chaude sanitaire et de l'énergie solaire utile, secondaire ou primaire.

### 2.1 CARACTERISTIQUES ET MONTAGE DE L'INSTRUMENTATION

Voici quelques points d'attention pour les compteurs d'énergie thermique :

- **Débitmètres ou compteurs volumétriques**

Sur le circuit sanitaire :

- les débits étant très variables, il est préférable d'utiliser un compteur précis sur une large plage de mesure, c'est-à-dire comportant un ratio normalisé « R » élevé (de l'ordre de 400) ;
- le poids d'impulsion pour la communication avec l'intégrateur devra être idéalement de 1 litre, et au plus de 10 litres.

- **Sondes de températures**

Trois montages sont envisageables (cf zoom illustré §6.3) :

- en doigt de gant : il doit plonger au cœur de la tuyauterie, et la sonde doit être bien ajustée et bloquée au fond du doigt de gant. De l'huile ou de la pâte thermique permet de s'assurer que la conduction entre doigt de gant et sonde est optimisée ;
- en applique : la sonde destinée à un montage en doigt de gant peut être installée en applique sur une tuyauterie cuivre, à condition d'utiliser de la pâte thermique, du scotch aluminium et de l'isolant bien plaqué ;
- immergée (par exemple dans une vanne ¼ tour à boisseau sphérique) : c'est le montage idéal car offrant le temps de réponse le plus court, mais peu courant.

- **Intégrateurs/afficheurs**

Si l'utilisateur ne peut effectuer les relevés manuels régulièrement autour de la fin du mois, l'intégrateur doit comporter une mémorisation des index mensuels (fonction classique, souvent présente par défaut sur les 12 derniers mois glissants).

En cas de télérelève, il doit comporter une sortie communicante MBus ou impulsions pour pouvoir être raccordé au boîtier de téléreport (cf § 3.1).

### 2.2 PRINCIPAUX SCHEMAS

Selon la configuration de l'installation, l'emplacement du ou des compteurs d'énergie nécessaires varie.

Les figures ci-dessous présentent les principaux « schémas-type » rencontrés.

Les compteurs d'énergie sont représentés par deux sondes de température (une « chaude » **T** et une « froide » **T**), un débitmètre ou compteur volumétrique **V** et un module de calcul et d'affichage **C1**

### Appoint séparé :

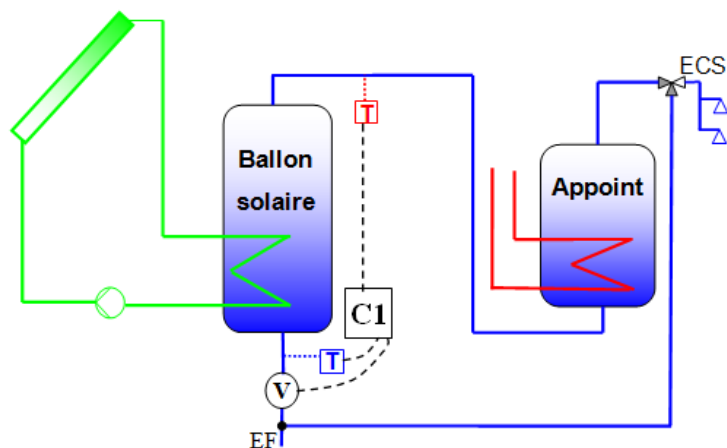


Figure 2 : Instrumentation en cas d'appoint séparé (individuel)

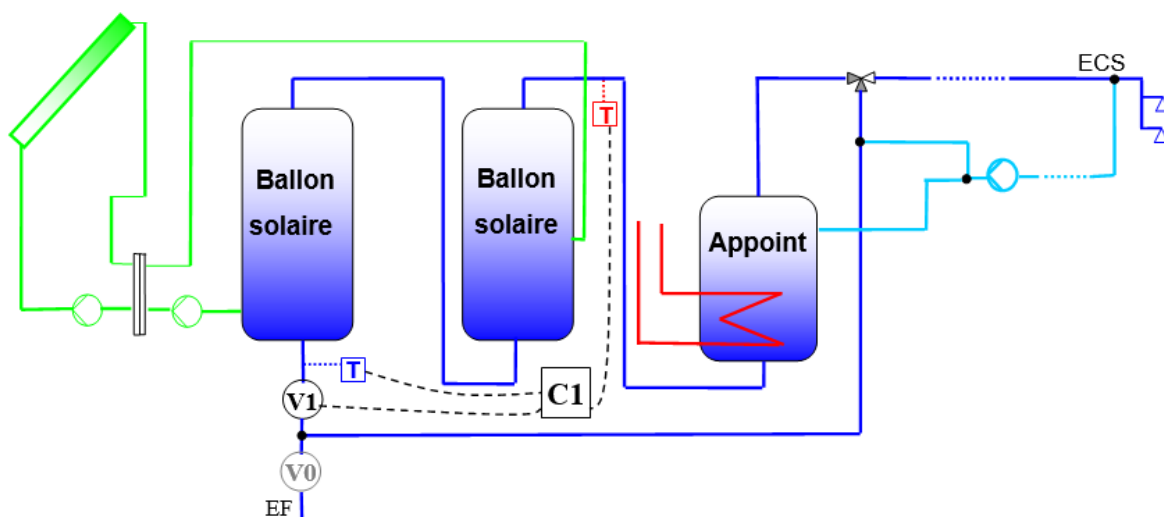


Figure 3 : Instrumentation en cas d'appoint séparé (collectif)

Sur ce schéma, on peut noter que le compteur volumétrique V0 grisé est optionnel. Il permet la mesure du volume total ECS soutiré, et c'est une information intéressante pour le suivi solaire puisque si son index est relevé, il est possible, par comparaison avec l'index V1 :

- de quantifier la part d'eau froide introduite dans le système en court-circuitant le stockage solaire, qu'il est courant de d'observer anormalement élevée (avec en cause, notamment, le fonctionnement du mitigeur thermostatique) ;
- de détecter un retour bouclage sur l'entrée froide du stockage solaire (=> clapet anti-retour HS)

### Appoint intégré au ballon solaire :

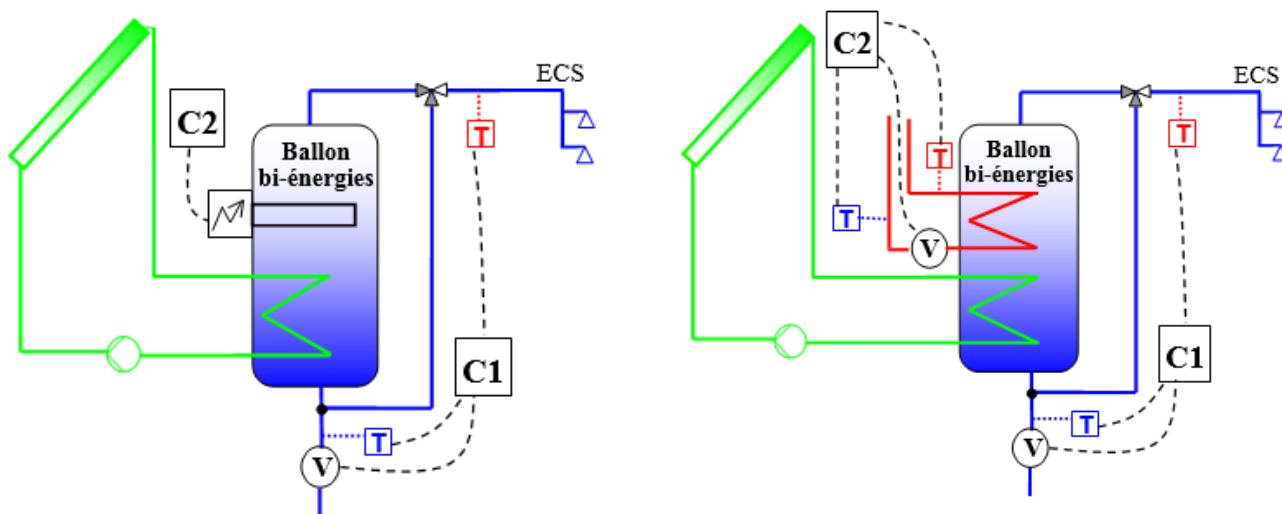


Figure 4 : Instrumentation en cas d'appoint intégré (électrique ou hydraulique)

Lorsque l'appoint est intégré au ballon solaire, il n'est pas possible de mesurer directement l'énergie solaire utile. Elle est alors calculée :

- en cumulant les besoins soutirage (C1), les éventuelles pertes thermiques de bouclage (C3 sur figure 5 ci-dessous) et l'estimation des pertes thermiques du ballon sur la partie appoint ;
- et en y soustrayant l'appoint de l'appoint (C2).

### Appoint intégré au ballon solaire et bouclage sanitaire :

#### 1<sup>ère</sup> méthode (préconisée jusqu'en 2016)

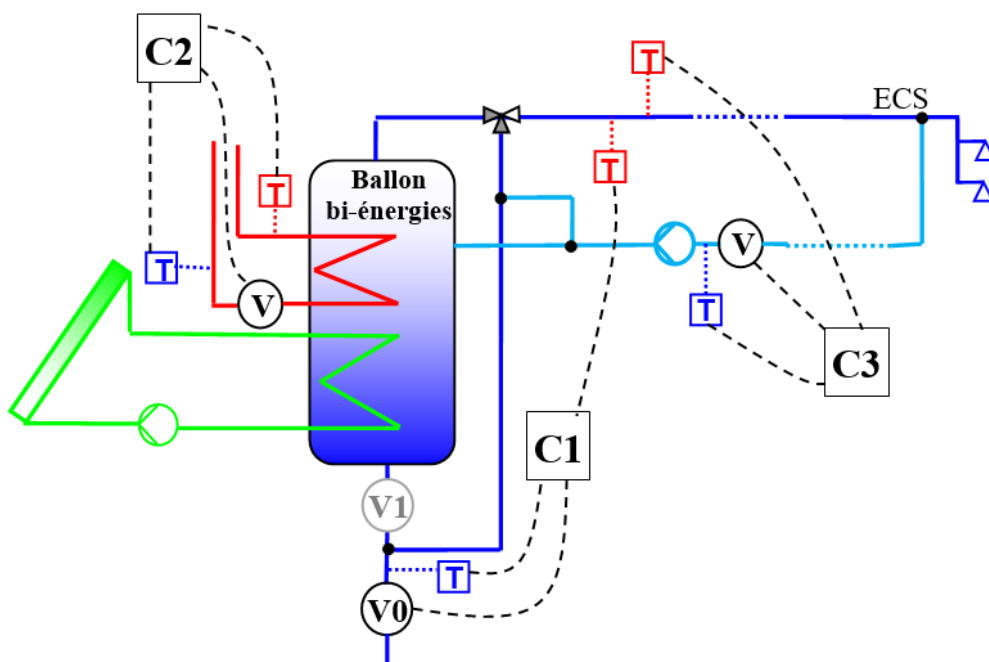


Figure 5 : Instrumentation en cas d'appoint intégré avec bouclage (1<sup>ère</sup> méthode)

Cette configuration donne lieu à des incertitudes d'analyse plus importantes de par la multiplication des mesures d'énergie, notamment celles à faible différence de température (appoint C2 et pertes de bouclage C3).

La problématique est parfois complexe dans ce cas de figure.

En effet, l'appoint n'est censé réchauffer que la partie supérieure du ballon. Mais à cause de phénomènes parasites de brassage, liés notamment à l'arrivée d'eau froide et/ou au retour du bouclage sanitaire, il est courant d'observer la partie solaire du ballon réchauffée par l'appoint.

Cette mauvaise stratification pénalise la valorisation solaire.

Il peut donc s'avérer difficile de faire la part des choses entre réel « dysfonctionnement » (exemple ci-dessus notamment) et erreur de mesure. Malgré la vérification systématique, et l'amélioration éventuelle, du montage des sondes de température qui doit être irréprochable, les incertitudes d'analyse ne demeurent pas rares dans cette configuration.

Le compteur volumétrique Vb sur la figure 5 est facultatif mais comporte, via la comparaison avec V1, les mêmes avantages que ceux décrits en bas de la page 5.

### **2ème méthode (préconisée à partir de 2016)**

On appelle « charge solaire » l'énergie solaire fournie au ballon de stockage, donc mesurée sur le circuit primaire glycolé si l'échangeur solaire est intégré au ballon ou sur le circuit secondaire en eau si l'échangeur solaire est séparé.

Compte tenu :

- de la fréquence plus importante qu'escomptée des erreurs d'analyse de la 1<sup>ère</sup> méthode (cf figure 5 et explications ci-dessus),
- et de l'apparition de la charge solaire comme donnée de sortie de la nouvelle version de la méthode de calcul SOLO 2017

nous orientons depuis 2016 notre stratégie de suivi vers cette 2<sup>ème</sup> méthode en mesurant les besoins ECS et la charge solaire.

Le schéma hydraulique intégrant l'instrumentation est le suivant (exemple avec échangeur solaire intégré au ballon) :

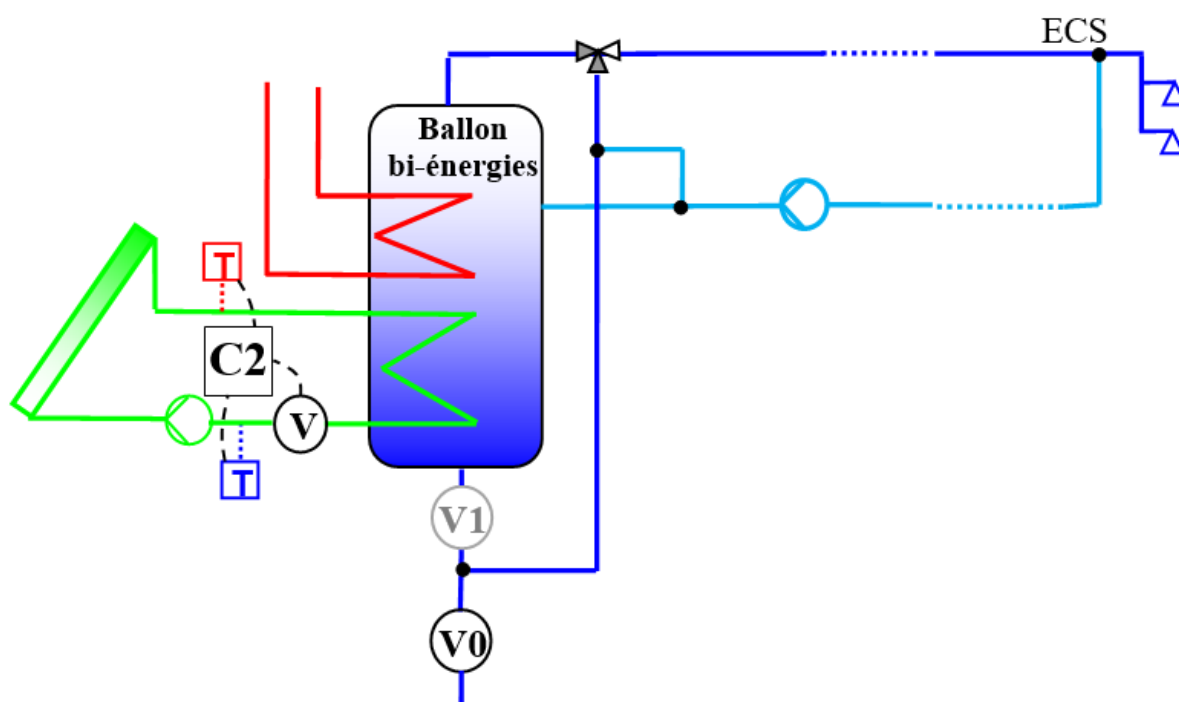


Figure 6 : Instrumentation en cas d'appoint intégré avec bouclage (2<sup>ème</sup> méthode)

### Appoint séparé et retour optionnel du bouclage sanitaire vers le stockage solaire

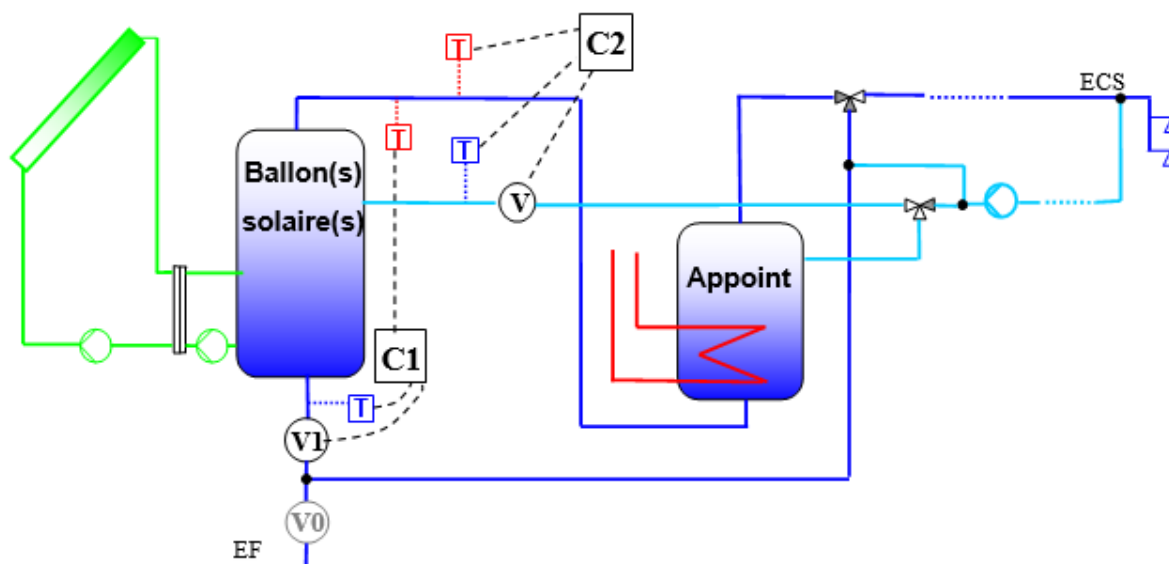


Figure 7 : Instrumentation en cas d'appoint séparé et bouclage revenant vers le ballon solaire

Le compteur 2 doit absolument comporter dans ce cas 2 index d'énergie, chacun étant incrémenté selon le sens de la différence de température. Cette fonction double index permet à la fois de détecter une dérive de l'option « retour bouclage vers solaire » et de mesurer correctement l'énergie solaire utile le cas échéant.

### 3/ FONCTIONNALITES DU DISPOSITIF / SITE INTERNET

#### 3.1 TRANSMISSION DES MESURES

Un tableau en ligne permet de visualiser et d'éditer les index des compteurs nécessaires :

Saisir les données dans l'ordre chronologique.

Date	01/2016	02/2016	03/2016	04/2016	05/2016	06/2016	07/2016	08/2016	09/2016
Date du relevé	2016-02-01	2016-02-28	2016-04-02	2016-04-30	2016-05-28	2016-06-29	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Volume eau froide (V1) en m <sup>3</sup>	510.709	554.747	598.654	645.723	701.828	752.144	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Energie solaire utile (E1) en kWh	14464	14574	15022	16350	18101	19530	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nbr. jours de mesure	31	27	34	28	28	32			
Description							<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Actions	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]			

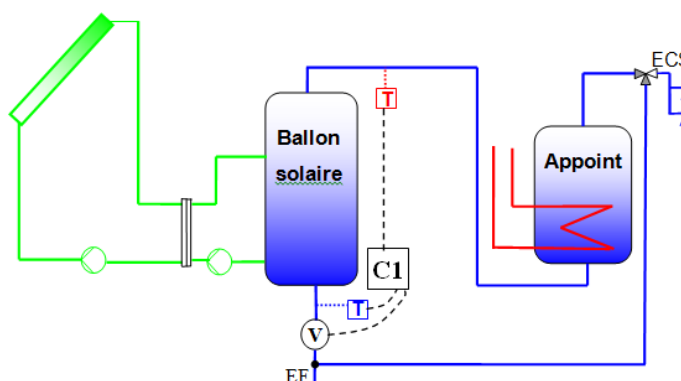


Figure 8 : Interface du site Internet TéléSuiWeb – Page de saisie des index

Trois possibilités sont disponibles pour la remontée des valeurs mesurées dans la base de données du logiciel TéléSuiWeb :

#### Transmission manuelle des index

Le relevé et la saisie manuels des index représente la solution la plus simple techniquement, mais est en revanche assez exigeante sur la main d'œuvre associée :

- Relevés réguliers des index en chaufferie (les données météo étant mensuelles, il est raisonnable de réaliser le relevé à plus ou moins une semaine ou 10 jours maximum de la fin du mois), ou d'utiliser le cas échéant la fonction mémorisation des index mensuels dans les intégrateurs. Il est cependant à noter que pour nombre d'installations, l'exploitant passe de toute manière en chaufferie dans cette période, qu'elle soit équipée ou non d'une installation solaire.
- Saisie manuelle, chronophage lorsqu'un parc important est concerné.

## Récupération automatique de données envoyées par mail

Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de s'affranchir de la saisie des index mensuels sur le site TéléSuiWeb : un fichier est envoyé par courriel ou déposé sur un serveur ftp, puis est traité automatiquement pour intégrer les valeurs dans la base de données TéléSuiWeb.

Ce principe est notamment intéressant lorsque l'utilisateur possède sa propre base de données, capable de générer automatiquement un fichier et de l'envoyer.

Le fichier envoyé en pièce jointe du courriel doit être au format .csv et contenir les 4 colonnes suivantes :

- Identifiant de l'installation (dont la forme n'importe pas)
- Identifiant du compteur (dont la forme n'importe pas)
- Date
- Index
- Et une 5ème colonne éventuelle : l'unité de la valeur de l'index, facultative si connue par ailleurs.

Chaque ligne correspond ainsi à l'index d'un compteur à une date donnée.

Une souplesse considérable est permise pour la forme du fichier puisqu'il n'y a pas de contraintes sur :

- l'emplacement des colonnes : l'INES PFE le définit lors du paramétrage du téléreport ;
- l'ordre d'apparition des index : Le fichier peut contenir des informations de plusieurs installations et à plusieurs dates différentes.

A ce jour, plus de 150 installations bénéficient de cette fonctionnalité.

## Télérelève complète

Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de s'affranchir du relevé des compteurs et de la saisie des index mensuels sur le site TéléSuiWeb.

De nombreux protocoles de communication peuvent être utilisés pour raccorder les compteurs à l'automate en chaufferie : MBus, ModBus, impulsions, ...

Cet automate paramétrable transmet à distance les informations recueillies à la base de données TéléSuiWeb, via différents vecteurs de communication (notamment GPRS / GSM data).

Les intérêts de cette solution par rapport aux 2 précédentes sont :

- l'historisation et la transmission des grandeurs mesurées à un pas de temps plus fin, paramétrable à la fréquence souhaitée (par défaut, entre 3 valeurs sont transmises quotidiennement) ;
- la possibilité de récupérer un plus grand nombre d'informations que celles indispensables au suivi, telles que débits, températures, etc, permettant ainsi un meilleur diagnostic à distance.

### 3.2 AFFICHAGE ET TRANSMISSION DES RESULTATS

#### Page de résultats

Chaque installation bénéficie d'une page de résultats consultable en ligne à tout moment, contenant (cf. copie d'écran ci-dessous) :

- Informations techniques basiques
- Graphe de résultats présentant la comparaison mensuelle entre énergie solaire attendue (en bleu), et énergie solaire réelle (en vert, orange ou rouge selon la qualité de fonctionnement)
- Tableau de résultats, présentant par mois, par année civile et cumul depuis le début du suivi :
  - Besoins énergétiques pour l'eau chaude
  - Énergies solaires réelle et attendue
  - Taux de couverture solaire
  - Ratio de performance
  - Productivité solaire utile en kWh/m<sup>2</sup>capteur (dont la valeur annuelle est un indicateur de référence)
- Graphe représentant le masque lié au terrain, à la végétation, aux bâtiments, ...
- Graphe représentant d'une part l'évolution du volume d'eau chaude consommé chaque mois, et d'autre part l'évolution de l'ensoleillement réel par rapport aux valeurs moyennes pour la station météo sélectionnée

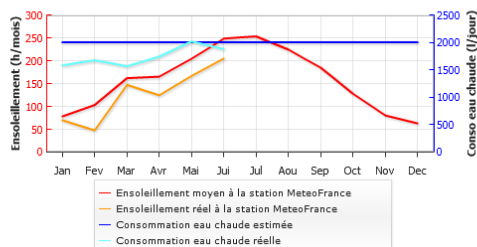
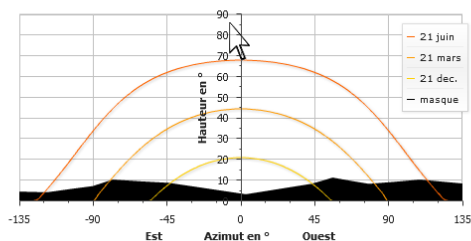
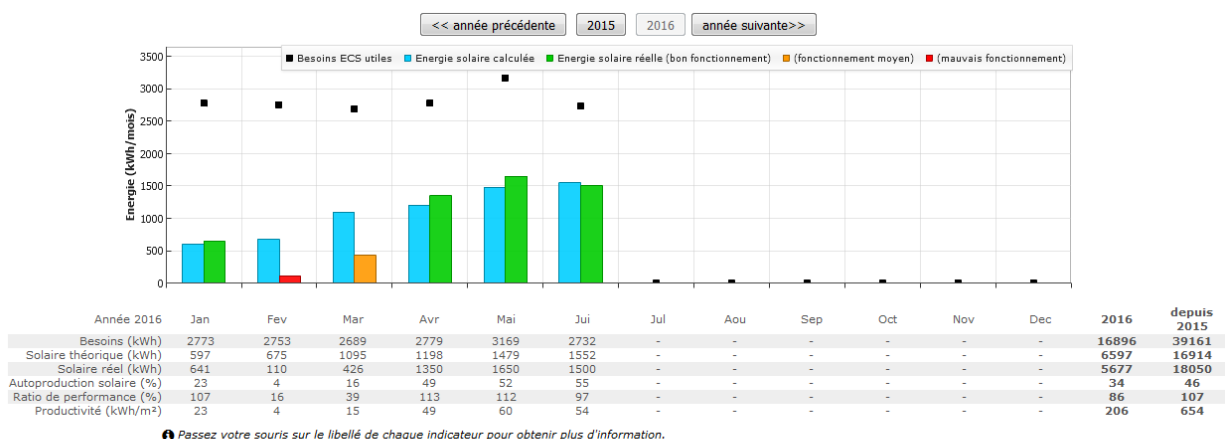


Figure 9 : Page de résultats











## Tableau de bord

Le tableau de bord d'un utilisateur concerné par plusieurs installations dans le dispositif permet de disposer d'une vue d'ensemble, accessible en ligne à tout moment.

Il permet de consulter en un coup d'œil :

- Le mois de la dernière transmission d'index
- Le ratio de performance (énergie solaire réelle par rapport à l'énergie solaire attendue), pour le dernier mois analysé
- Et, récente évolution : un commentaire sur l'installation, qui peut être ajouté ou modifié par un des acteurs ou par l'INES PFE. Il permet de signaler un défaut de fonctionnement ou de suivi, une action de maintenance envisagée ou réalisée, etc...

Enfin, des liens permettent d'accéder directement aux pages de « relevés » (visualisation des index) et de résultats détaillés de chaque installation.

nom	bâtiment	derniers index	performance 	commentaires	actions
Calcutta 1	Building H	Novembre 2019	Problème d'instrumentation	 (1)	[résultats] [relevés]
Calcutta 2	Building J	Janvier 2020	92%		[résultats] [relevés]
Lima 1	Fábrica E	Janvier 2020	5%	 (2)	[résultats] [relevés]
Lima 2	Fábrica F	Janvier 2020	33%		[résultats] [relevés]
Lima 3	Fábrica G	Janvier 2020	79%		[résultats] [relevés]
New York 1	Cooper Square - Bat A	Janvier 2020	53%		[résultats] [relevés]
New York 2	Cooper Square - Bat B	Janvier 2020	65%		[résultats] [relevés]
New York 3	Cooper Square - Bat C	Janvier 2020	91%		[résultats] [relevés]
New York 4	Sperone Westwater	Janvier 2020	32%		[résultats] [relevés]

(1) 2020-02-02 - Batterie du compteur d'énergie HS. Sera remplacée semaine 11

(2) 2020-02-12 - Air dans le circuit. Dégazage prévu courant mars 2020

**Figure 10 : Tableau de bord TélésuiWeb d'un utilisateur**

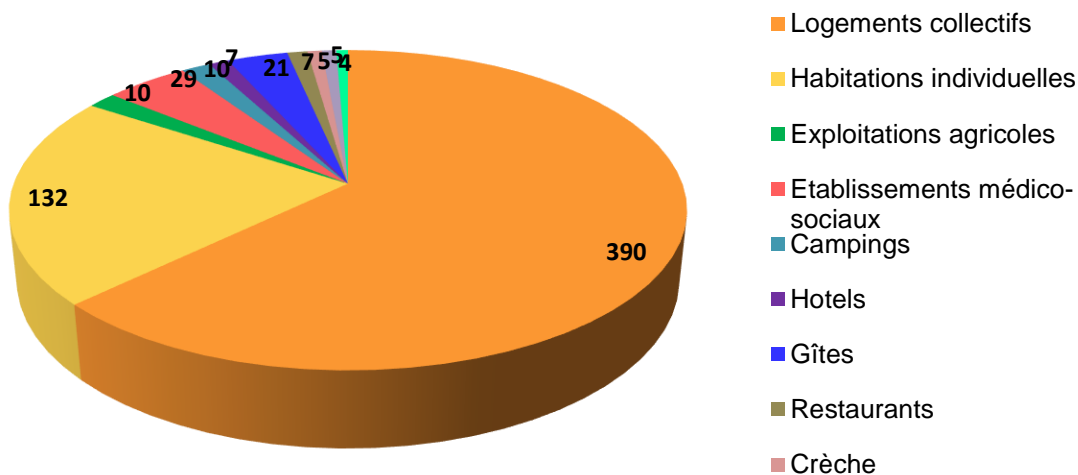
Ce tableau de bord est également envoyé par courriel une fois par mois conjointement au maître d'ouvrage et à l'exploitant, voire plus largement si cela est souhaité.

Il constitue ainsi une base de discussion commune intéressante entre tous les acteurs.

#### 4/ ECHANTILLON ANALYSE

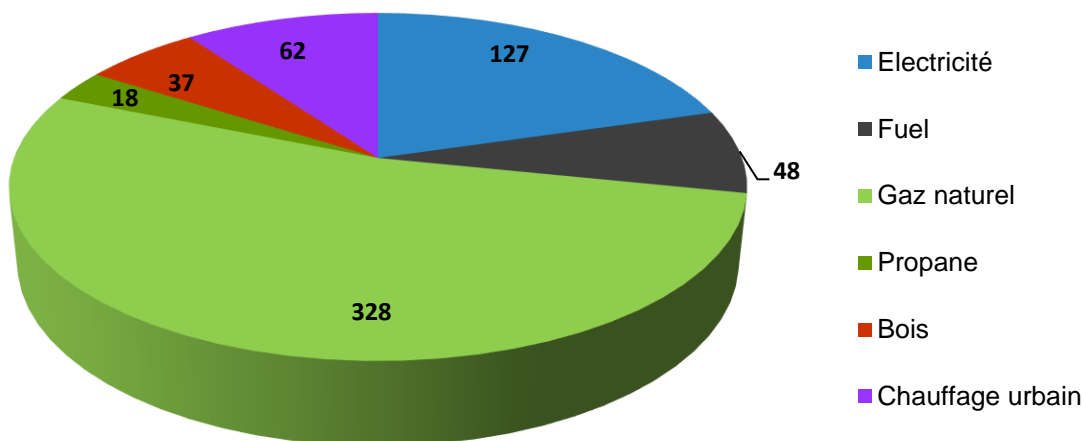
Seules les installations ayant été suivies au moins 12 mois consécutifs, sans incident, peuvent contribuer à l'analyse des performances présentée dans ce document.

Les 2 graphiques suivants présentent la répartition des systèmes répondants à ce critère, selon l'usage puis selon l'énergie d'appoint.



**Figure 11 : Répartition de l'échantillon analysé selon le type d'usage**

Les logements collectifs représentent le type d'usage très largement majoritaire pour les nouvelles installations entrant dans le dispositif.



**Figure 12 : Répartition de l'échantillon analysé selon l'énergie d'appoint**

## 5/ ANALYSE DES PERFORMANCES

### 5.1 DEFINITION DU RATIO DE PERFORMANCE

Pour évaluer le bon fonctionnement d'une installation solaire de production d'eau chaude, l'indicateur utilisé est le ratio de performance du système : il s'agit du rapport entre l'énergie solaire utile mesurée et l'énergie solaire utile théorique.

L'énergie théorique est calculée chaque mois via les algorithmes de la méthode SOLO, avec comme données d'entrée les conditions réelles d'usage :

- les caractéristiques techniques de l'installation (relevées sur site à la mise en service du suivi) ;
- la consommation d'eau chaude mesurée sur l'installation ;
- l'irradiation calculée à l'aide de la durée d'insolation réelle de la station météorologique la plus proche de l'installation.

Idéalement, le ratio de performance doit être égal à 1 (ou 100%) mais on considère qu'au-delà de 80% environ, l'installation fonctionne bien, compte tenu des incertitudes de données météo, de mesure et de calcul. Il est d'autant plus faible qu'un dysfonctionnement impacte la valorisation de l'énergie solaire.

**Sur l'ensemble du parc suivi, on retrouve un ratio de performance annuel global d'environ 80%, c'est-à-dire que 20% de l'énergie solaire attendue n'est pas fournie**, compte tenu des conditions réelles de fonctionnement des installations solaires de production d'eau chaude.

### 5.2 PRODUCTIVITE ET RATIO DE PERFORMANCE

La productivité en énergie solaire utile, ramenée au m<sup>2</sup> de capteur solaire, est un indicateur primordial dans l'intérêt économique d'une installation, puisque le coût d'investissement est à peu près proportionnel à la surface de capteurs installée.

Les organismes financeurs comme l'ADEME utilisent cette donnée pour octroyer le solde de la subvention après un an de fonctionnement : elle doit être supérieure à un seuil fixé selon la zone climatique.

Sur les graphes suivants :

- L'irradiation est l'énergie solaire incidente, sur l'ensemble du champ de capteurs ; la charge correspond aux besoins énergétiques totaux « soutirage » pour la production de l'eau chaude sanitaire.  
**Le rapport irradiation sur charge**, en abscisse, **est ainsi le reflet du dimensionnement** de l'installation : plus il est élevé, plus l'installation est « surdimensionnée ».
- **Les couleurs des marqueurs** dépendent du ratio de performance (RP) annuel moyen pour chaque installation, et sont donc **représentatives du bon fonctionnement**.

Comme le présentait la figure 1, on retrouve des productivités élevées pour les installations qui, d'une part, ne sont pas surdimensionnées (Irradiation / Charge < 3 environ) et qui, d'autre part, fonctionnent bien dans la durée (point vert).

Les valeurs de productivité en énergie solaire utile retenues sont les moyennes des valeurs annuelles glissantes, par m<sup>2</sup>.

Par catégorie d'usage, on trouve ci-dessous ces graphes, ainsi que des commentaires et quelques autres indicateurs lorsque jugés utiles.

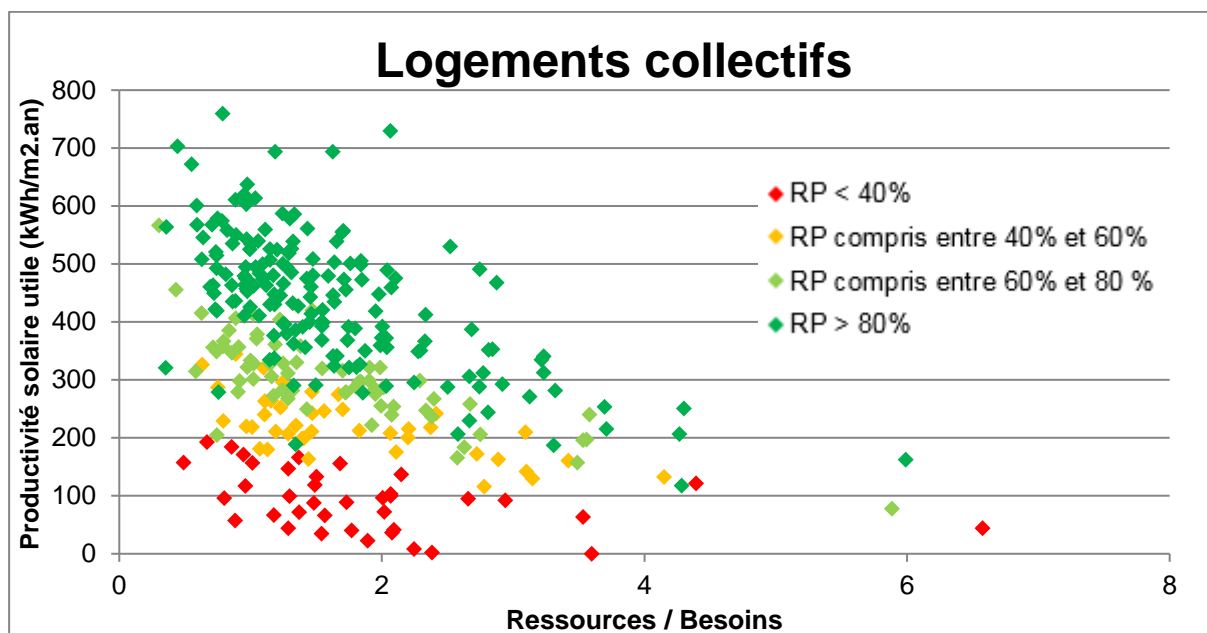


Figure 13 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Logements collectifs)

On remarque que le surdimensionnement ne concerne qu’une faible proportion des installations pour logements collectifs, ce qui permet d’obtenir des productivités élevées dès lors que le fonctionnement est correct.

Pour les installations en dysfonctionnement sévère (points rouges sur le graphe ci-dessus), il s’agit souvent de circuits solaires primaires à l’arrêt. Dans certains cas, le coût de remise en état est élevé, et maître d’ouvrage et exploitant s’accordent parfois pour le différer. Vidanger le circuit solaire est alors une option à étudier, afin d’éviter une dégradation plus importante du fluide caloporteur.

**Comparaison des performances selon type de stockage (sanitaire ou eau technique)**

Pour les logements collectifs, la réglementation anti-légionnelle ne recommande pas un stockage solaire en eau technique. Toutefois, cette pratique semble de plus en plus répandue. Environ 20% des installations suivies dans cette catégorie comportent un stockage solaire en eau technique.

Or, on constate que sur cet échantillon, le ratio de performance est en moyenne plus faible pour les systèmes comportant un stockage en eau technique:

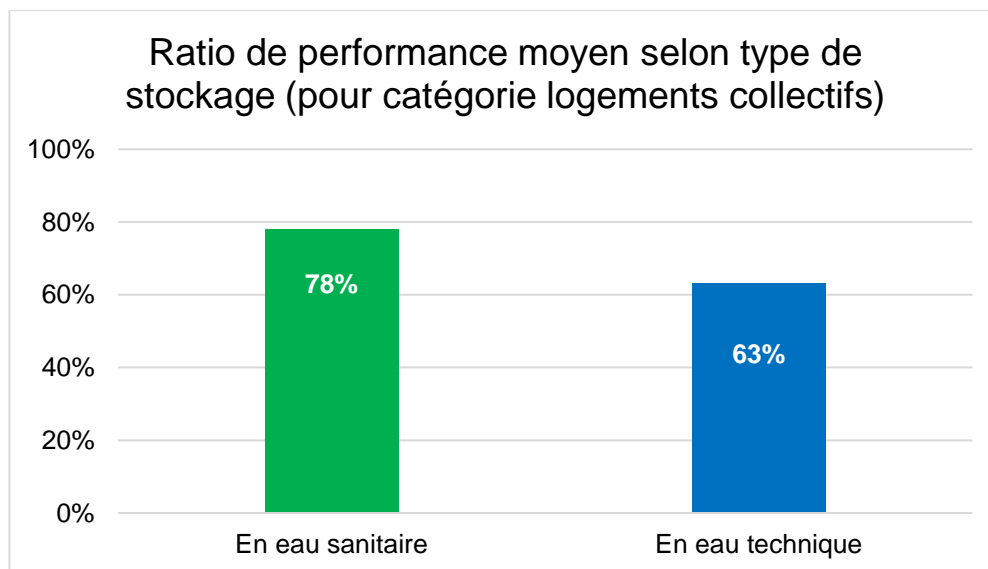


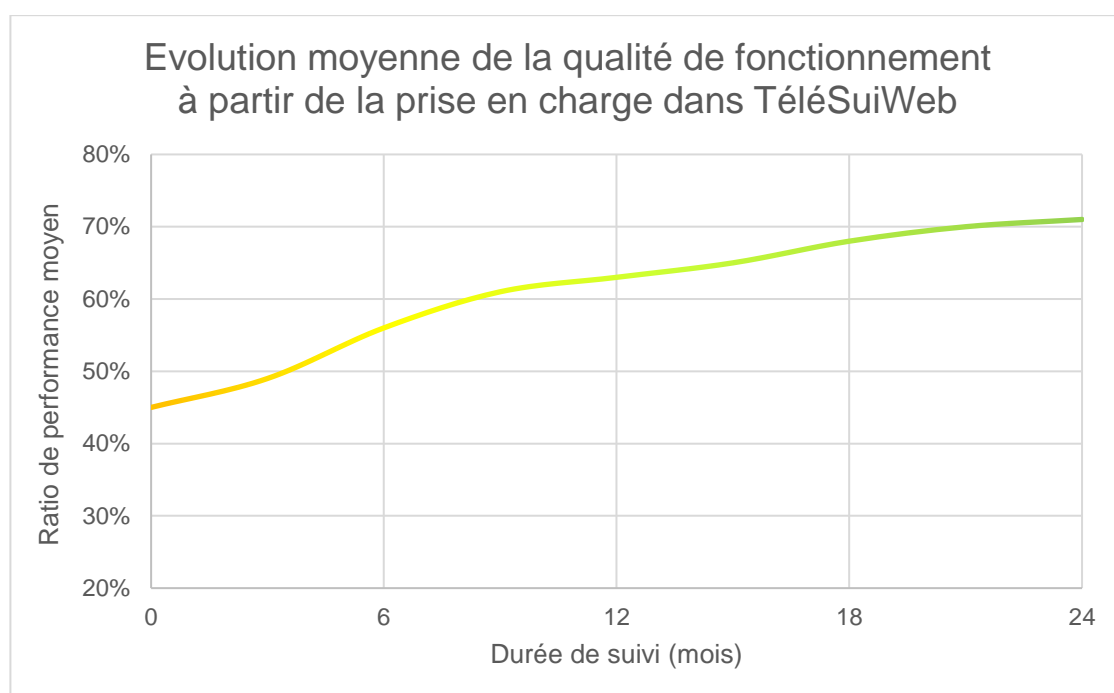
Figure 14 : Ratio de performance moyen en fonction du type de stockage (logements collectifs)

Compte tenu de la taille de l'échantillon et la multitude de facteurs influant sur le ratio de performance, ce graphe n'a évidemment pas pour prétention de présenter une vérité systématique mais une tendance sur le parc observé.

### Evolution de la qualité de fonctionnement après la mise en service du suivi

Environ 75% des installations de logements collectifs intégrant le dispositif TéléSuiWeb sont existantes.

Sur un échantillon de 150 installations collectives existantes de production d'eau chaude à appoint séparé (cf schéma figure 3), ne bénéficiant pas d'un contrôle de bon fonctionnement avant d'intégrer TéléSuiWeb, nous avons donc pu estimer l'évolution moyenne du ratio de performance dans les 2 années suivant la prise en charge dans TéléSuiWeb : cf graphe ci-dessous.



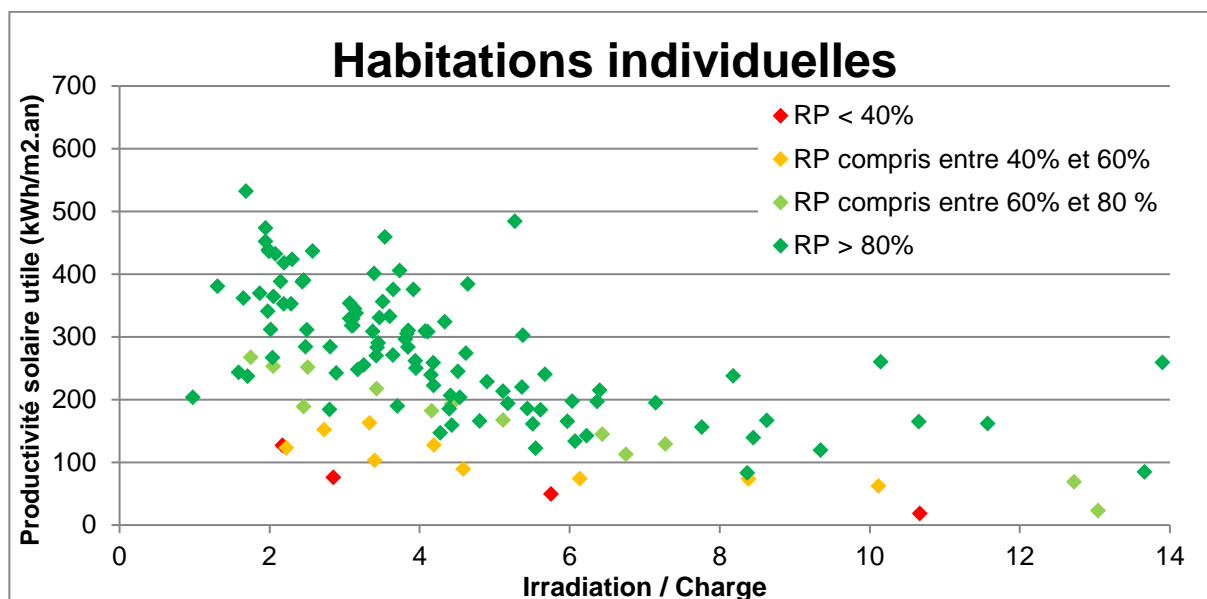
**Figure 15 : Evolution moyenne de la qualité de fonctionnement d'un CESC existant**

Cela semble évident ; notre quotidien et l'analyse des données nous le confirment : une installation solaire collective de production d'eau chaude bénéficie de plus d'attention de la part du maître d'ouvrage et de l'exploitant lorsqu'elle est suivie dans la durée.

En moyenne, le graphe ci-dessus est sans appel sur l'amélioration de la qualité de fonctionnement d'une installation suivie.

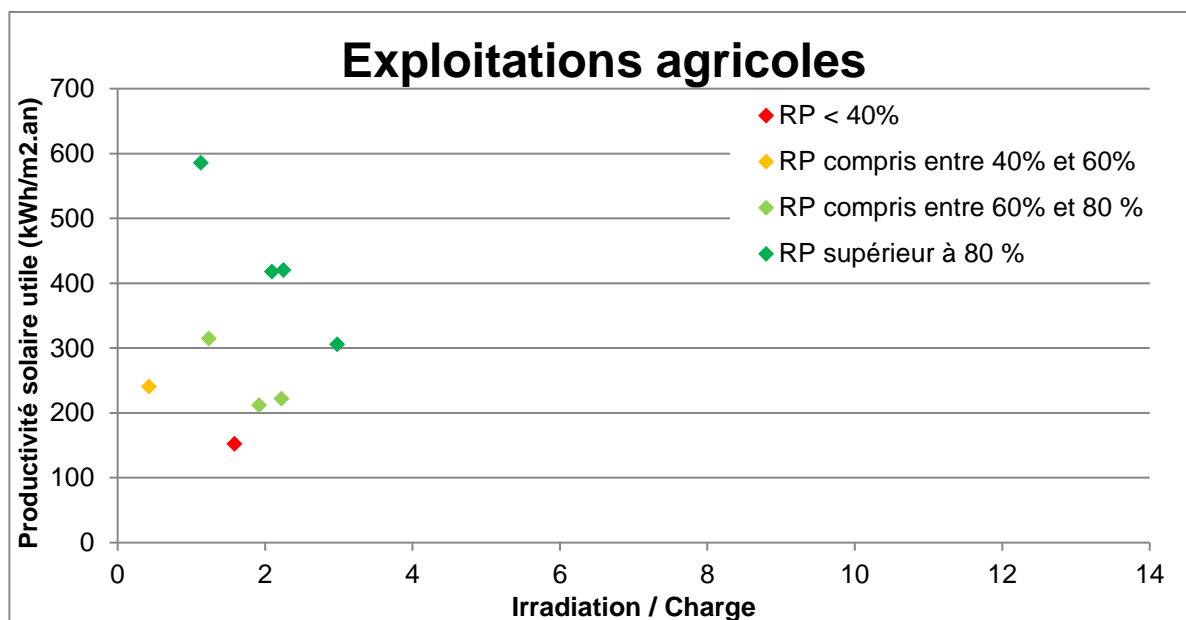
Elle est d'autant plus importante et rapide que :

- les schémas de principe hydraulique sont simples et standards ;
- les exploitants sont bien formés à la maintenance d'une installation solaire thermique ;
- les équipements pour une maintenance facilitée sont présents (cf § 6.1 page 30) ;
- les dysfonctionnements pour lesquels le circuit solaire primaire est à l'arrêt sont récents.



**Figure 16 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Habitations individuelles)**

Les installations individuelles sont souvent « surdimensionnées » du fait des kits proposés par les fabricants indépendamment du nombre d’occupants. Cet obstacle à une productivité élevée offre cependant comme avantages la possibilité de couper totalement l’appoint pendant la période estivale, et un meilleur taux de couverture solaire.



**Figure 17 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Exploitations agricoles)**

Pour les usages agricoles, l’eau chaude est souvent utilisée pour du nettoyage (cuve, etc…) et les besoins sont donc particulièrement constants sur l’année. Malgré quelques problèmes de fonctionnement, la dizaine d’exemple du graphe ci-dessus montre que sur le principe, il est tout-à-fait pertinent d’utiliser l’énergie solaire pour ce type d’applications.

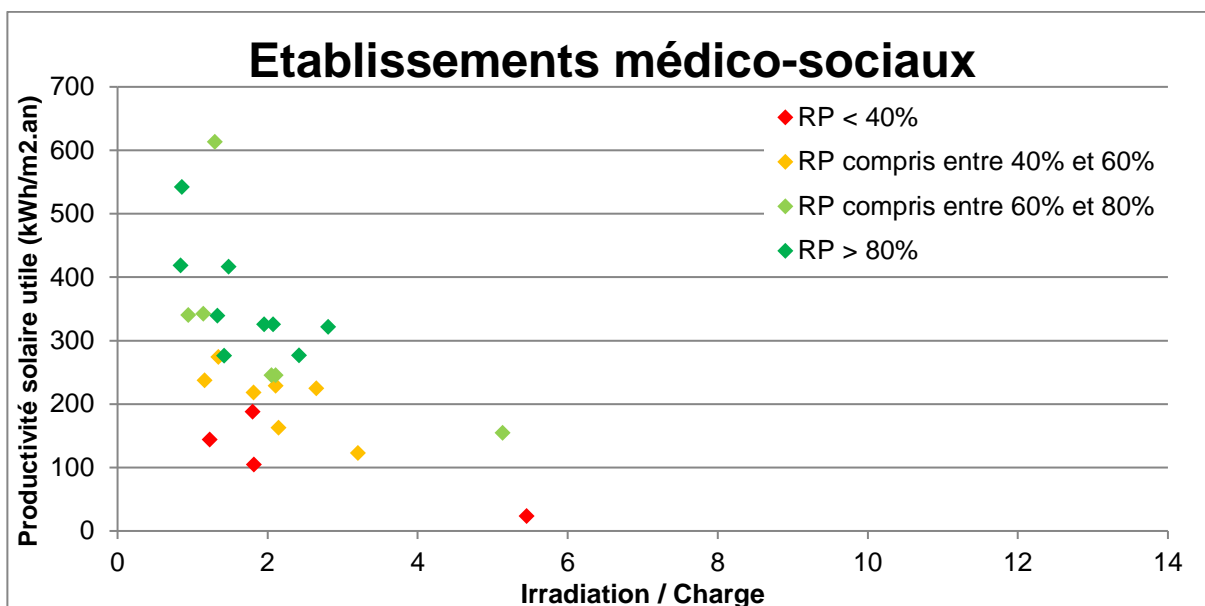


Figure 18 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Etablissements médico-sociaux)

Les foyers, maisons de retraite, maisons médicalisées, etc, comportent généralement un taux d’occupation stable tout au long de l’année.

Mais on observe que pour certains établissements, les besoins ont été surévalués. La consommation d’eau chaude peut effectivement être très variable selon le degré de dépendance des occupants, le personnel présent, etc... Ces points doivent être minutieusement étudiés en amont.

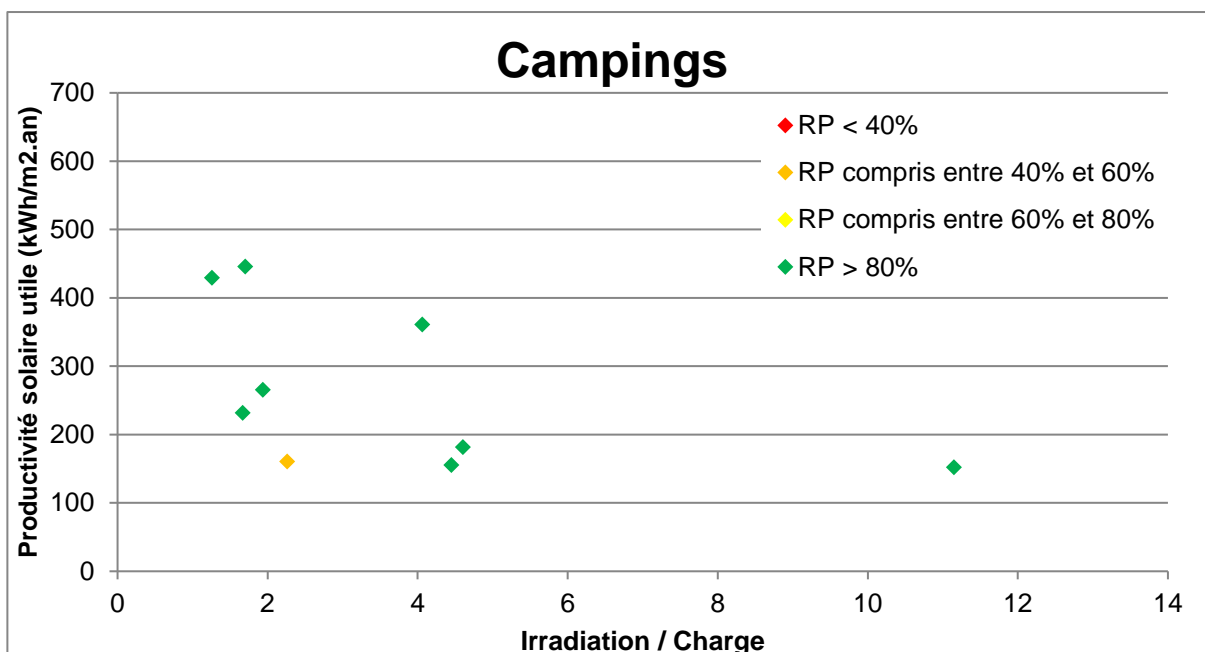


Figure 19 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Campings)

La durée de la période de fermeture, très variable d’un camping à l’autre, conditionne le niveau de productivité que peuvent atteindre ces installations. Pendant ce laps de temps, les fonctions de gestion des excédents d’énergie intégrées la régulation solaire, voire la vidange du circuit solaire peuvent être intéressante pour prolonger la durée de vie du fluide caloporteur (hors système auto-vidangeable).

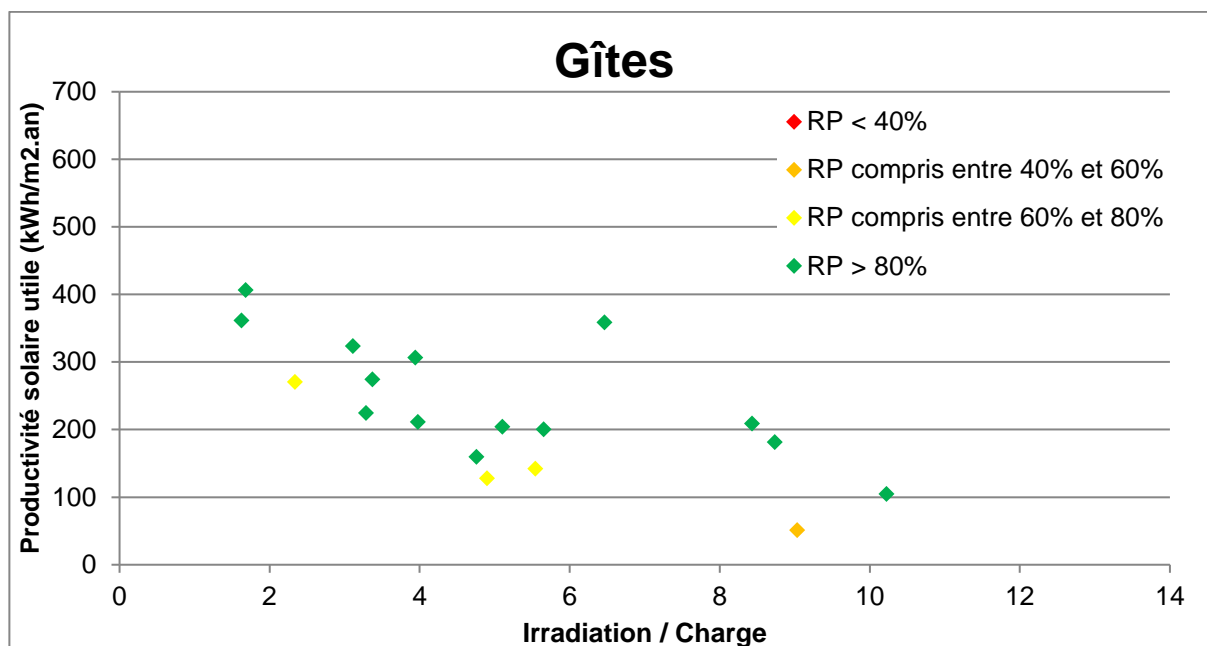


Figure 20 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Gîtes)

On constate que l’occupation moyenne des gîtes participant à TélésuiWeb est faible par rapport au dimensionnement des installations, notamment en raison d’une intermittence importante.

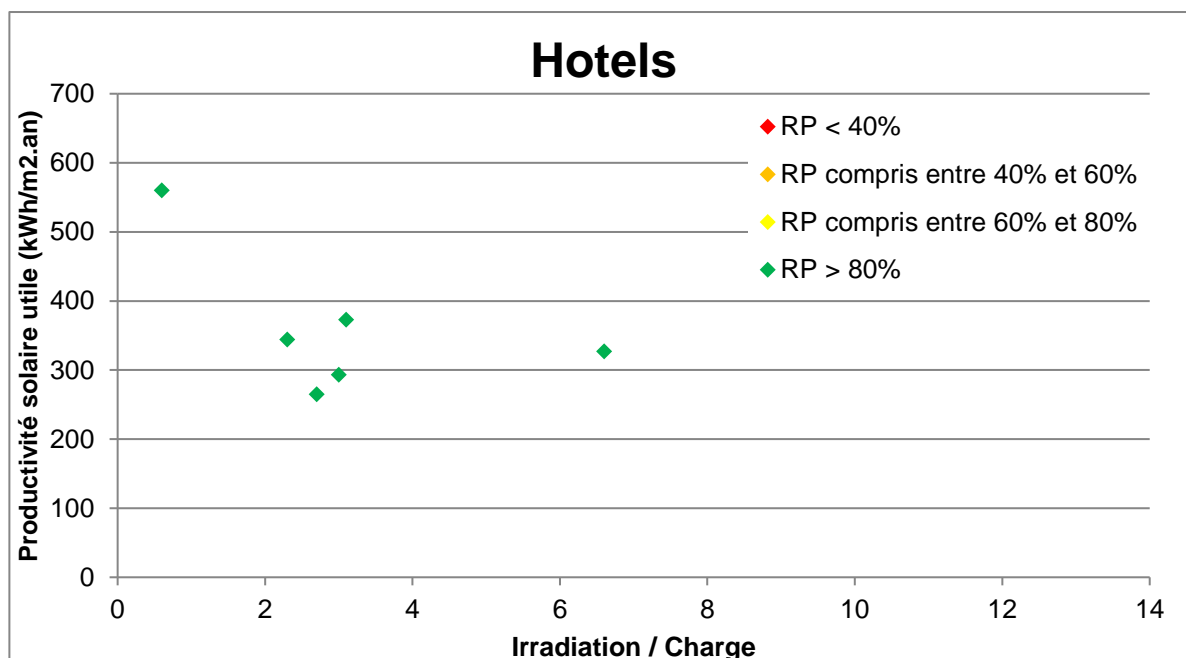
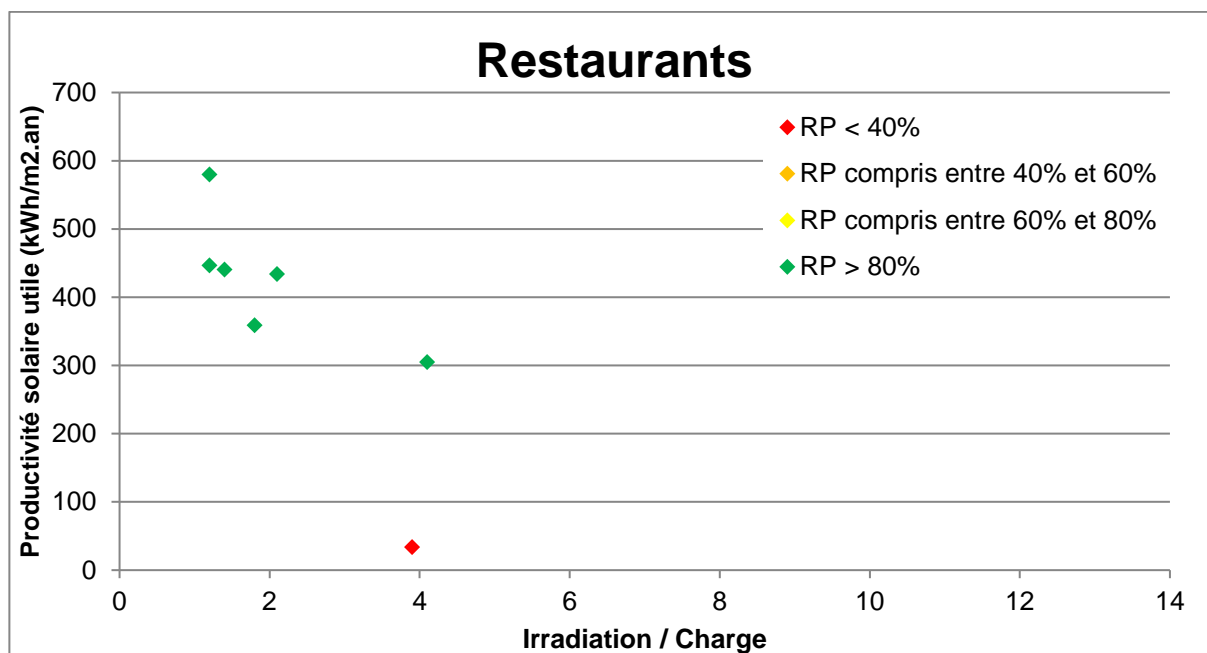


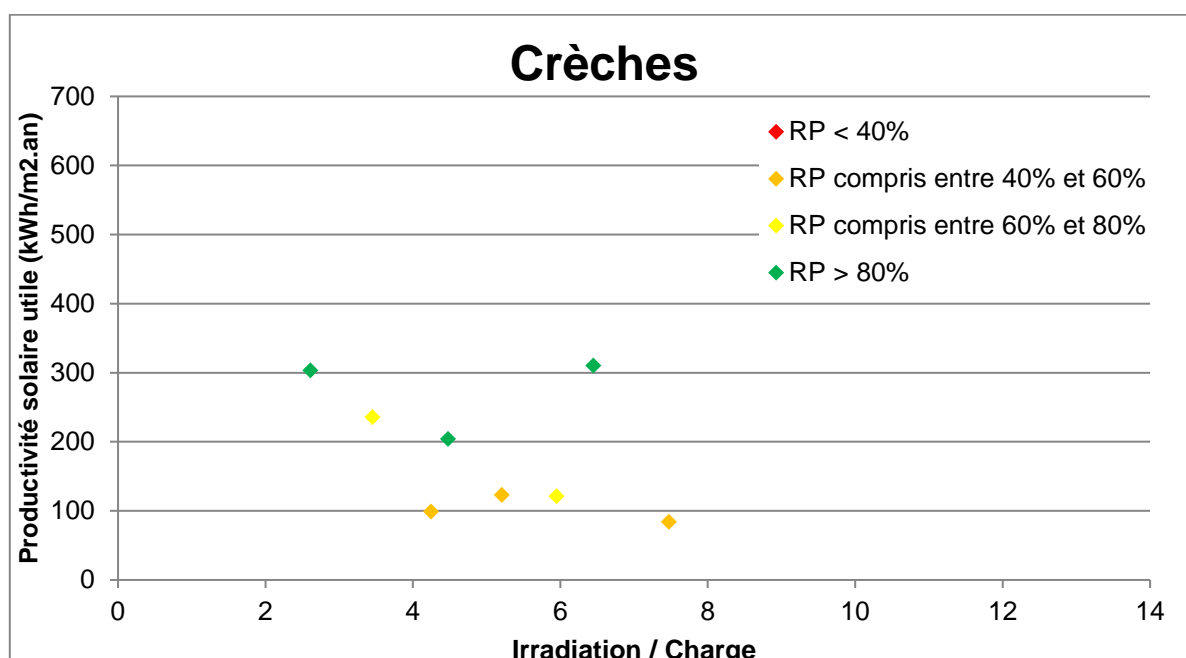
Figure 21 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Hotels)

Parmi les 6 installations suivies, la production d’eau chaude pour l’hôtel est parfois commune avec celle des gérants, habitants à l’année, ce qui permet le cas échéant de valoriser une part non négligeable de l’énergie solaire, même hors saison touristique.



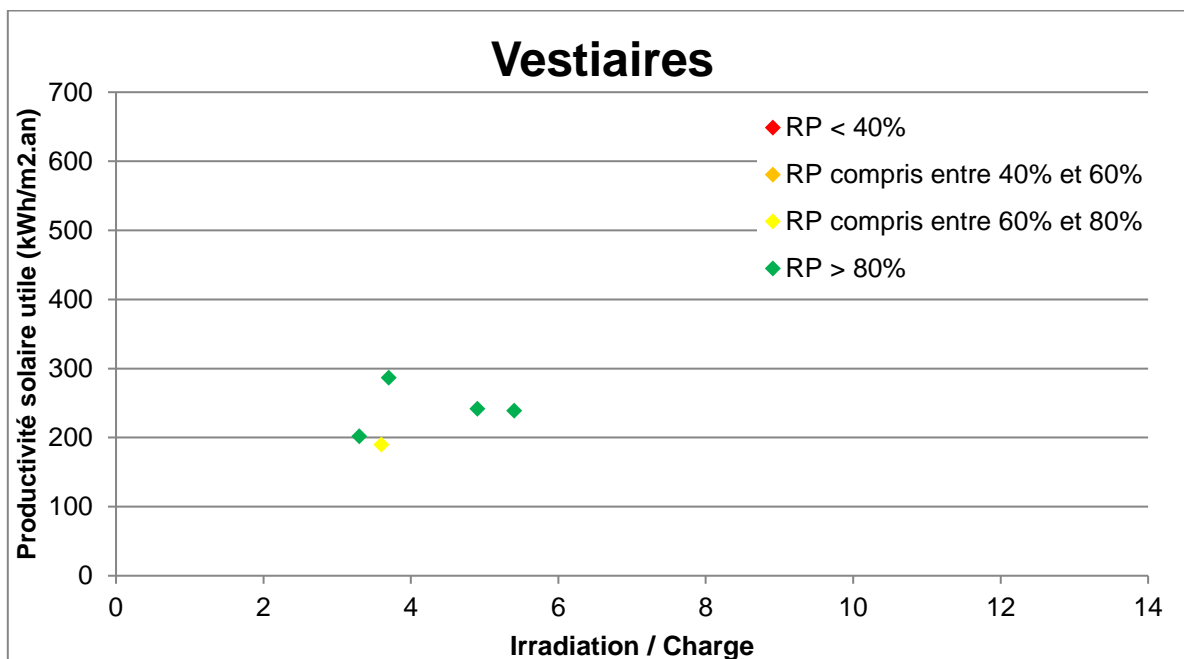
**Figure 22 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Restaurants)**

Les productivités des quelques restaurants suivis au moins une année via TéléSuiWeb sont très encourageantes. Il faut pour cela que les variations de service annuelles et hebdomadaires ne soient pas trop importantes.



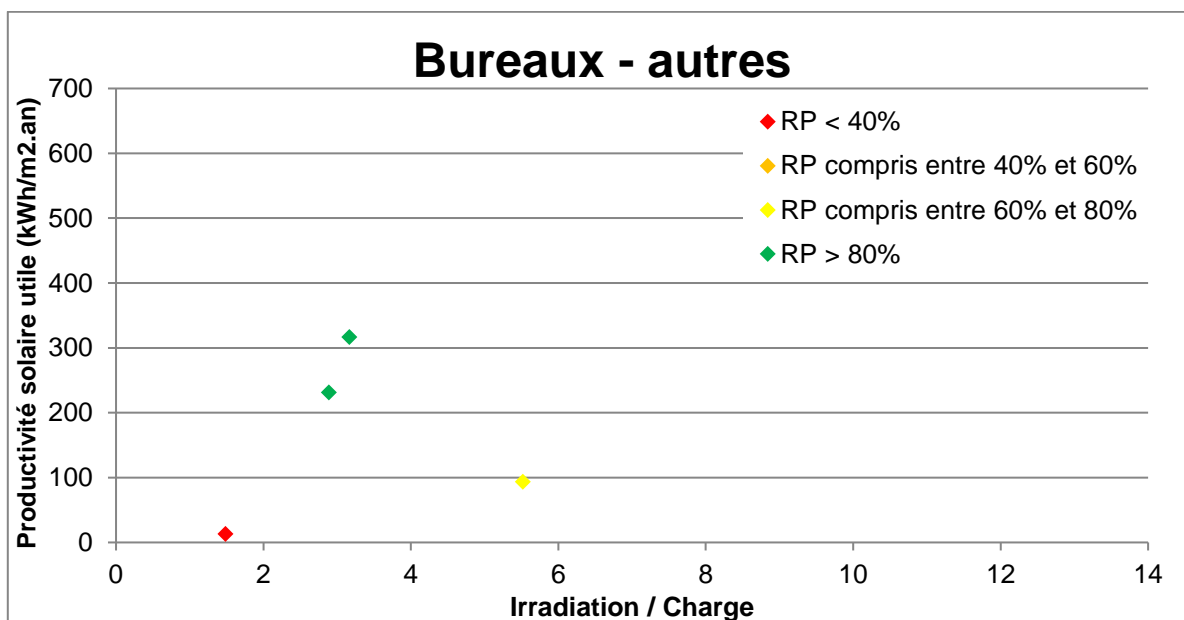
**Figure 23 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Crèches)**

Les crèches ont des faibles besoins en eau chaude sanitaire. Les installations solaires limitées à cet usage sont rarement les plus pertinentes, d'autant plus si elles nécessitent la mise en place d'un bouclage sanitaire énergivore qui pourrait être évité si la production est proche des points de puisage.



**Figure 24 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Vestiaires)**

Ces 5 systèmes alimentent en eau chaude des vestiaires "d'entreprise". Pour toutes ces installations, on constate que les besoins en eau chaude ont été surévalués, le nombre de salariés prenant une douche sur place n'étant pas aussi important qu'escompté. Il en découle une productivité moyenne assez faible, en dépit du bon fonctionnement.



**Figure 25 : Productivité en fonction du rapport irradiation sur charge (Bureaux - autres)**

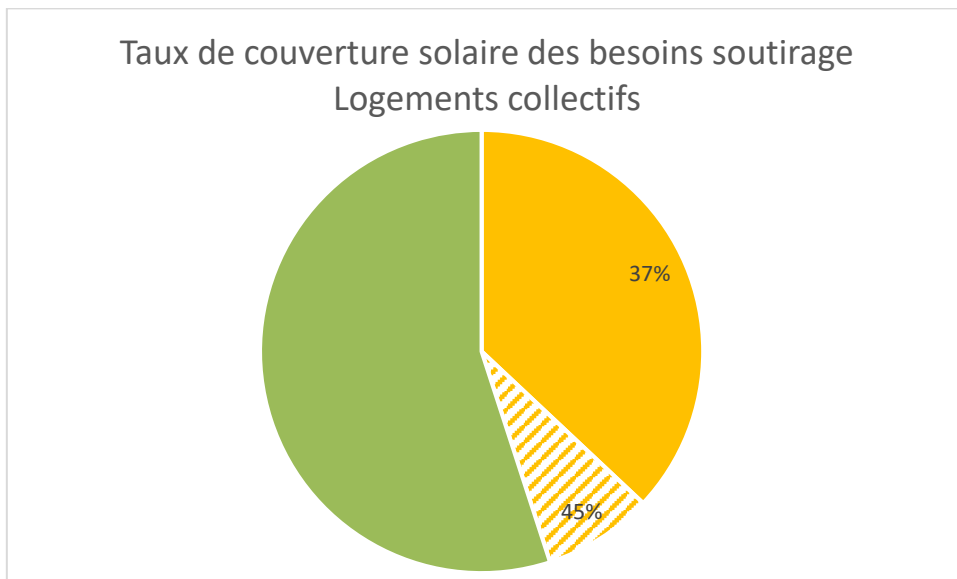
Les bâtiments tertiaires ont souvent des faibles besoins en eau chaude sanitaire. Comme pour les crèches, il faut notamment se méfier d'une installation solaire si, de par son encombrement, elle implique la mise en place d'un bouclage sanitaire qui n'aurait pas eu lieu d'être avec des points de production « décentralisés ».

### 5.3 TAUX DE COUVERTURE

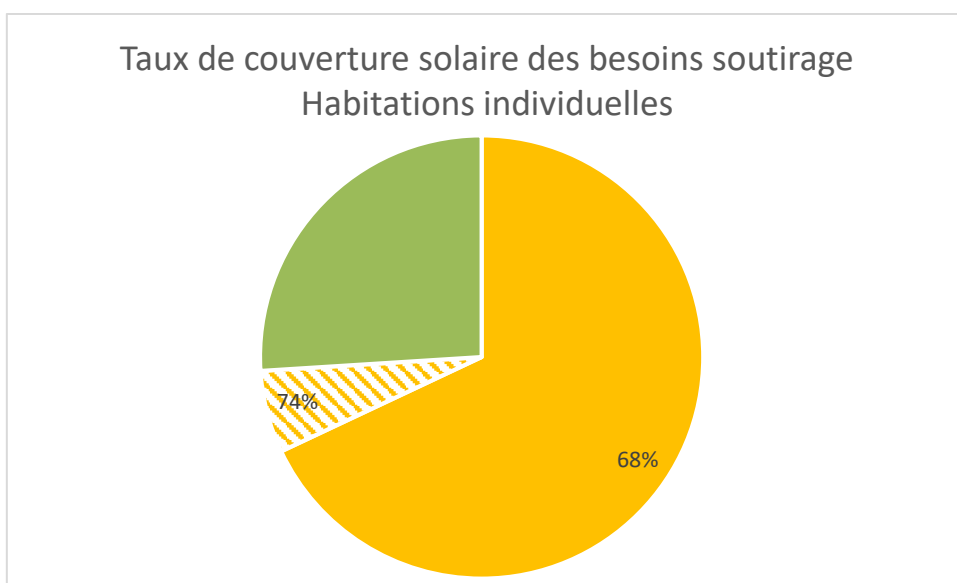
Le taux de couverture correspond à la part des besoins soutirage couverts par le solaire. Il n'inclut ni les pertes thermiques des différents éléments en chaufferie (ballons, échangeurs, tuyauteries, etc...), ni celles du bouclage sanitaire.

Sont indiquées ci-dessous les valeurs moyennes pour les bâtiments d'habitation individuels et collectifs:

- pour l'échantillon total concerné : portion orange pleine
- et pour les installations fonctionnant correctement (ratio de performance > 80%) : portions oranges pleines + hachurées



**Figure 26 : Taux de couverture solaire (logements collectifs)**

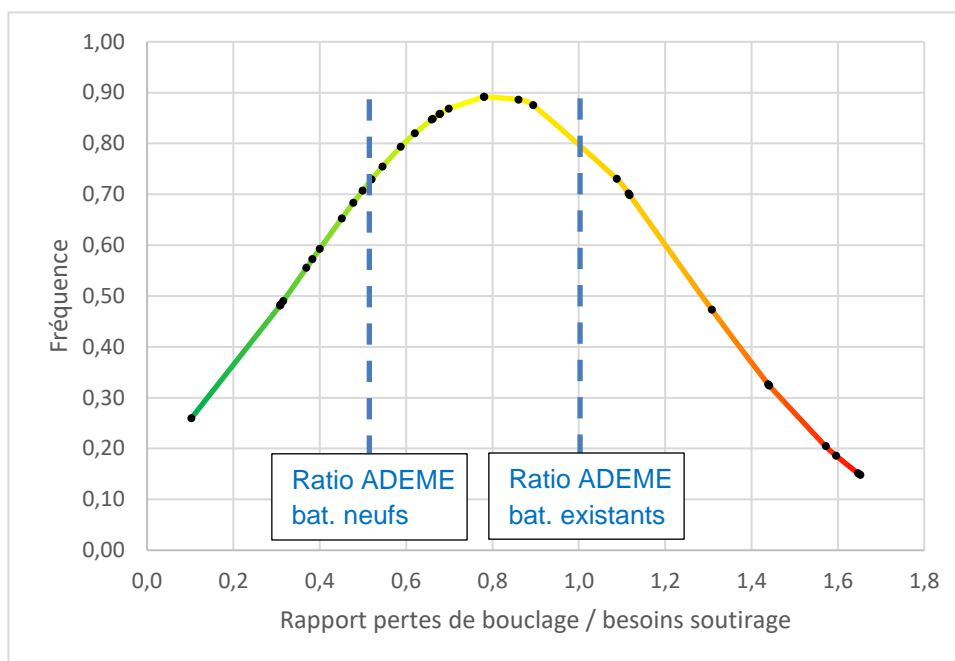


**Figure 27 : Taux de couverture solaire (habitations individuelles)**

## 5.4 PERTES THERMIQUES DU BOUCLAGE

Les déperditions thermiques du bouclage sanitaire sont de plus en plus pointées du doigt dans les analyses de consommation énergétique d'un bâtiment.

Sur 33 installations à appoint intégré, il a été possible de rapporter les pertes thermiques du bouclage aux besoins énergétiques pour le soutirage d'eau chaude sanitaire. La courbe de Gauss (loi normale) ci-dessous présente la répartition de cet indicateur pour les systèmes concernés :



**Figure 28 : Pertes thermiques de bouclage par rapport aux besoins énergétiques soutirage ECS**

En moyenne, les pertes de bouclage s'élèvent à 80% des besoins énergétiques pour le soutirage (écart-type : 0,45).

L'analyse sur ce modeste échantillon conforte l'hypothèse ci-dessus de l'importance de ce poste, et de l'intérêt de calorifuger au mieux les bouclages sanitaires.

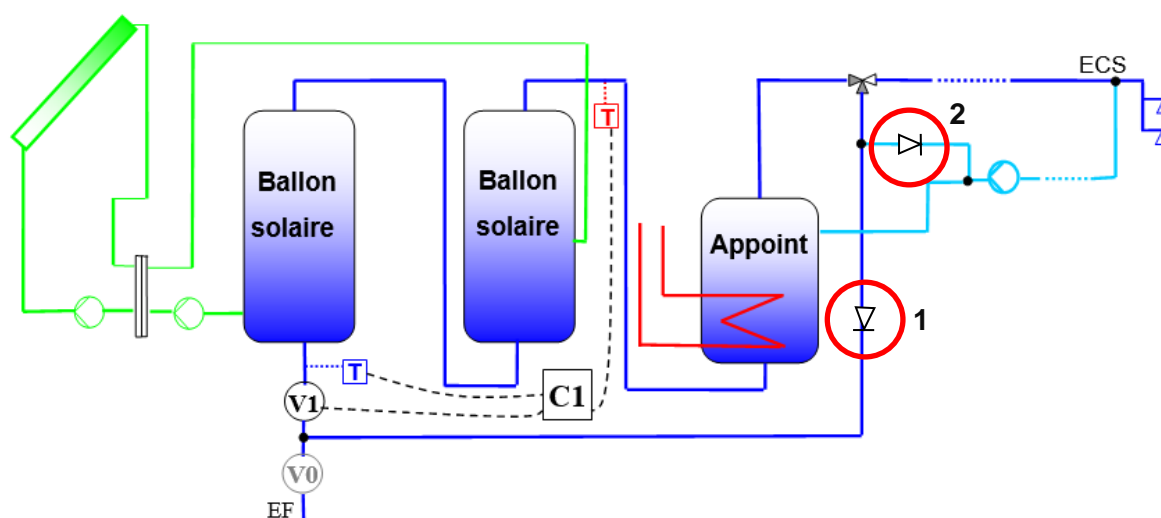
Ces données sont cohérentes avec les ratios retenus par l'ADEME dans le cadre du Fonds Chaleur :

- Ratio de 0,5 pour les bâtiments neufs
- Ratio de 1 pour les bâtiments existants

## 5.5 PROPORTION D'EAU FROIDE SANITAIRE BENEFICIANT DE L'ENERGIE SOLAIRE

La majorité des installations solaires collectives de production d'eau chaude sont équipées d'un mitigeur thermostatique centralisé.

Lorsqu'un bouclage sanitaire est présent également dans le bâtiment et que son montage hydraulique respecte les règles de l'art, le schéma de principe est le suivant :



**Figure 29 : Schéma collectif standard avec mitigeur centralisé et bouclage sanitaire**

Le retour bouclage est réparti entre l'entrée froide du mitigeur thermostatique et le ballon d'appoint, et équipé de 2 clapets anti-retour indispensables, entourés en rouge dans la figure 29 :

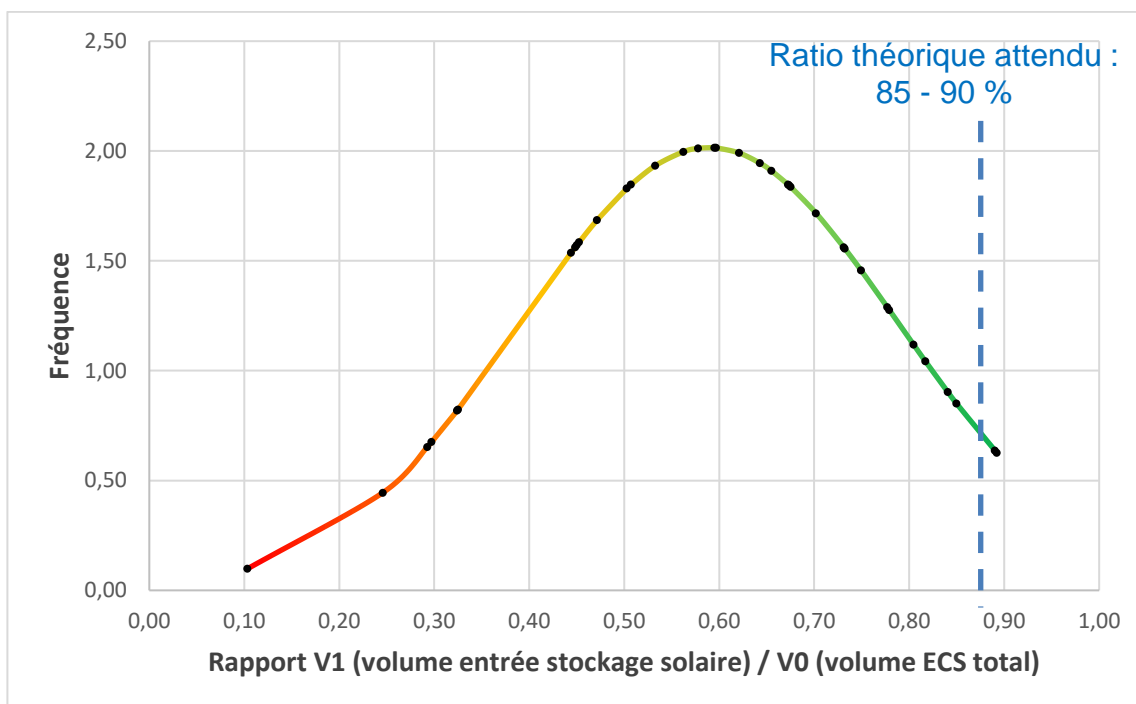
- Le premier permet d'éviter que le retour de boucle, à une température de l'ordre de 50 °C, ne vienne réchauffer le stockage solaire.
- Le deuxième permet d'éviter que l'eau froide sanitaire entre directement dans le ballon d'appoint via la dérivation du retour de boucle vers entrée froide du mitigeur.

Le volume d'eau froide sanitaire dédié à la production d'eau chaude V0 est divisé entre :

- le stockage solaire (volume V1, utilisé pour le calcul de l'énergie solaire utile)
- et le mitigeur thermostatique :  
Ce volume est censé être limité à la quantité nécessaire pour atteindre la consigne de température de l'eau mitigée distribuée à partir de la température en sortie du ballon d'appoint. Pour une eau froide à 15 °C, passer par exemple de 60 °C à 54 °C impliquerait que 13% seulement de l'eau froide court-circuiterait le stockage solaire (donc un rapport V1 / V0 de 0,87)

Or, il est fréquent que ce rapport V1/ V0 soit largement inférieur à celui attendu, dégradant d'autant la valorisation solaire.

Le graphique (figure 30) ci-dessous illustre ce propos, puisque sur les 36 installations pour lesquelles nous disposons de données cohérentes du volume total ECS V0 et du volume entrée stockage solaire V1 sur une durée suffisante (supérieure à une année), **on constate que le rapport V1 / V0 moyen est de 59 %.**



**Figure 30 : Schéma collectif standard avec mitigeur centralisé et bouclage sanitaire**

Les causes sont variées. On peut citer notamment :

- Température de consigne de l'appoint et qualité de mise en œuvre de la régulation associée (sonde de température plongeant bien dans le ballon d'appoint et plaquée/bloquée contre le doigt de gant correspondant, hystérésis pas trop élevé, ...)
- Qualité de l'organe de mitigation, de sa réactivité et de sa fiabilité dans la durée ;
- Débit du bouclage sanitaire ;
- Présence de vannes d'équilibrage sur les 2 branches du retour de bouclage ;
- Pressions du réseau d'eau froide sanitaire et du retour de bouclage au refoulement de la pompe.

L'impact de ces paramètres et de leurs interférences sont complexes et peu documentées, mais voici, de manière pragmatique, quelques recommandations issues des suivis et des retours d'exploitants, pour limiter la quantité d'eau froide sanitaire entrant directement par l'organe de mitigation, et donc court-circuitant le stockage solaire :

- Une vanne-3-voies motorisée à course rapide, asservie à la température d'eau mitigée, est plus efficace et plus fiable dans la durée qu'un mitigeur thermostatique passif.
- Le débit de bouclage doit être réglé le plus faible possible, tout en garantissant une température minimale réglementaire de 50 °C.
- La mise en place de vannes d'équilibrage sur les 2 branches du retour du bouclage sanitaire fait encore débat dans la profession, mais il est suggéré de les mettre en place, afin de pouvoir contrôler les débits correspondant si besoin.

Enfin, une réflexion semble nécessaire dans les prochains temps, au sein de la filière solaire thermique, sur la possibilité de se passer d'organe de mitigation centralisé.

C'est déjà le cas aujourd'hui pour une part importante des installations en eau technique, grâce à l'échangeur de production instantanée.

Elargir cette possibilité au maximum de systèmes nécessiterait par exemple de limiter la température maximale dans le stockage solaire à une valeur plus basse (60 °C - 65 °C - 70 °C ?) que celles usuellement rencontrées aujourd'hui, et donc de se méfier d'autant plus des surdimensionnements. Le retour optionnel du bouclage vers le solaire comporte dans ce cas un intérêt puisque l'énergie solaire peut être valorisée dans ces régimes de température 24h/24. Dans tous les cas, une analyse autour de la réglementation anti-brûlure serait indispensable également.

## 5.6 IMPACT GLOBAL DES INSTALLATIONS

On considère ici l'impact sur les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.

La méthode proposée pour estimer l'impact des installations sur la consommation d'énergie et l'émission de gaz à effet de serre est basée sur l'estimation d'une économie d'énergie à partir des valeurs mesurées d'énergie solaire utile.

### HYPOTHESES

- **Rapport [Energie économisée / Production solaire utile]**

Ce coefficient est basé sur le rendement moyen de génération des systèmes d'appoint installés, ainsi que sur le gain éventuel sur le rendement de stockage.

Il est plus élevé pour les installations individuelles : les taux de couverture atteignant souvent 100% en période estivale, l'appoint peut être totalement arrêté. Il n'a donc plus à supporter les pertes de stockage : un gain supplémentaire est observé.

Type d'installation	Energie d'appoint	Rapport Energie économisée / Production solaire utile
Installations individuelles	Electrique	1,15
	Autres	1,39
Installations collectives	Electrique	1,05
	Autres	1,22

Figure 31 : Rapports Energie économisée / Production solaire utile

- **Emissions standards de gaz à effet de serre pour la production d'eau chaude,** selon l'énergie d'appoint (Source : Méthode 3CL - Diagnostic de Performance Energétique) :

Source d'énergie	Emissions de CO2 (Kg CO2 / kWh énergie finale)
Electricité	0,040
Fioul	0,300
Gaz naturel	0,234
Propane	0,274
Granulés bois	0,013

Figure 32 : Emissions de gaz à effet de serre pour la production d'eau chaude

## RESULTATS

La surface prise en compte est la surface d'entrée du champ de capteurs solaires.

Les valeurs indiquées représentent la moyenne des économies annuelles par m<sup>2</sup> de capteur, pour les installations suivies sans incident sur au moins douze mois consécutifs, avec pour chaque type d'usage :

- Les indicateurs de l'ensemble de l'échantillon concerné ;
- Les indicateurs des installations fonctionnant correctement dans l'échantillon concerné (c'est-à-dire comportant un ratio de performance supérieure à 80% sur la période d'analyse), pour évaluer le « potentiel » du parc suivi si l'on s'affranchit des dysfonctionnements.

Type d'usage	Installations prises en compte (nombre d'installations)	Energie économisée (kWh/m <sup>2</sup> .an)	Emissions GES évitées (kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .an)
Logements collectifs	Toutes (338)	352	87
	Bon fonctionnement (260)	482	112
Habitations individuelles	Toutes (130)	321	38
	Bon fonctionnement (105)	358	39
Exploitations agricoles	Toutes (9)	338	14
	Bon fonctionnement (4)	460	18
Etablissements médico-sociaux	Toutes (28)	323	58
	Bon fonctionnement (11)	466	90
Campings	Toutes (9)	272	36
	Bon fonctionnement (8)	294	44
Gîtes	Toutes (23)	256	41
	Bon fonctionnement (16)	297	49
Hôtels	Toutes (6)	385	62
	Bon fonctionnement (4)	404	68
Restaurants	Toutes (6)	440	88
	Bon fonctionnement (5)	520	105
Crèches	Toutes (8)	226	42
	Bon fonctionnement (3)	333	59
Vestiaires	Toutes (4)	214	20
	Bon fonctionnement (3)	220	25
Bureaux - autres	Toutes (4)	182	22
	Bon fonctionnement (2)	307	40

Figure 33 : Economies d'énergies et émissions de gaz à effet de serre évitées

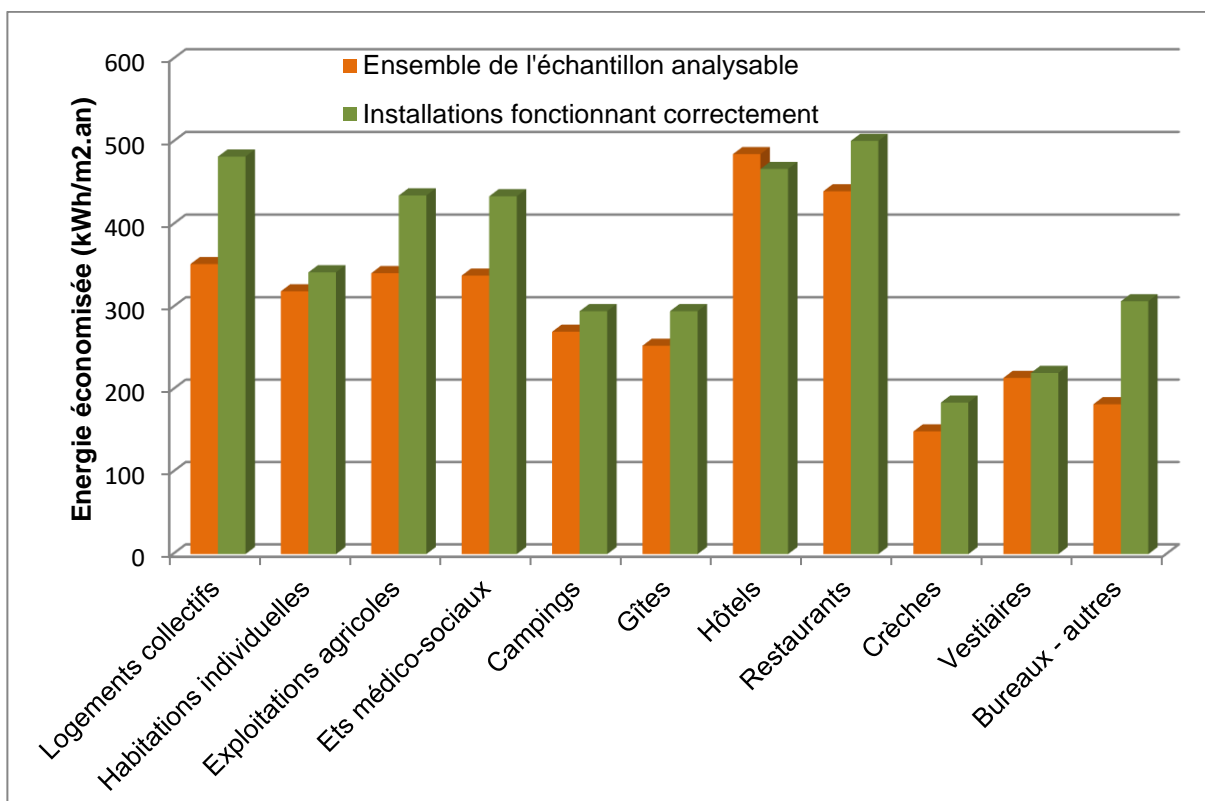


Figure 34 : Energie économisée (graphe)

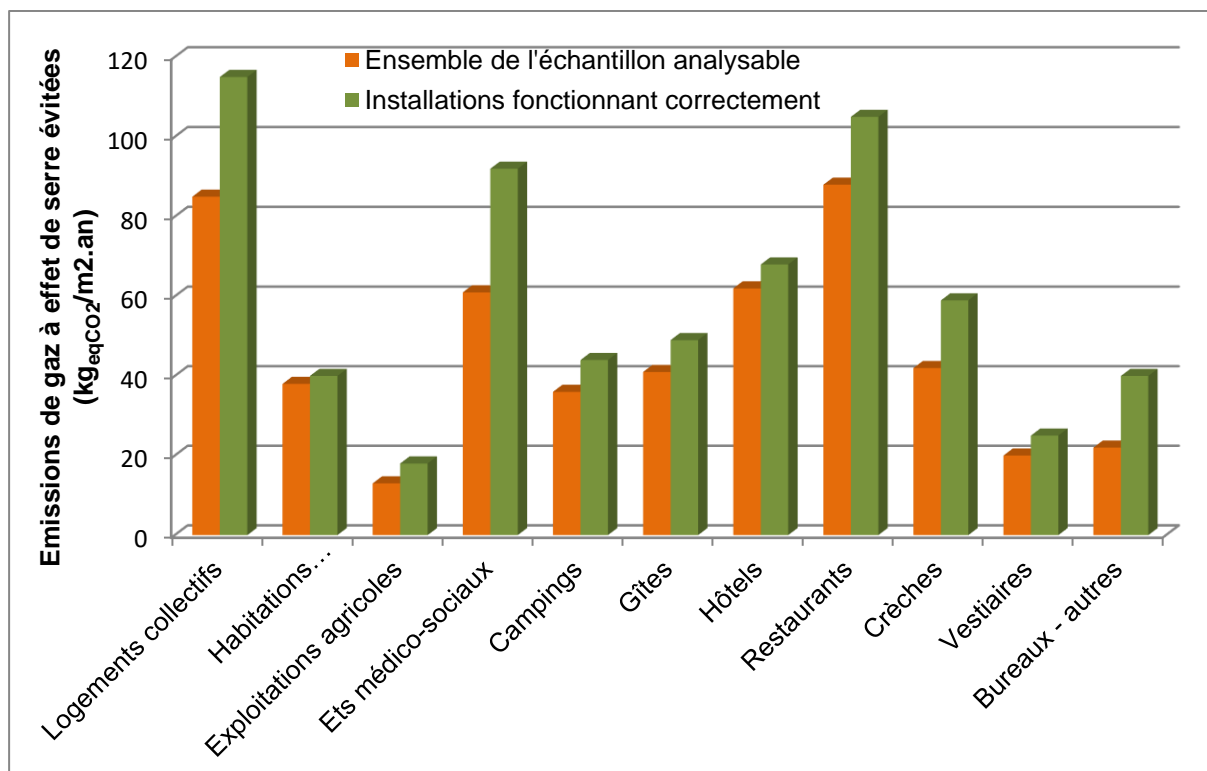


Figure 35 : Emissions de gaz à effet de serre évitées (graphe)

## 6/ QUELQUES ENSEIGNEMENTS

### 6.1 ELEMENTS NECESSAIRES POUR UNE MAINTENANCE FACILITEE

Une fois l'installation solaire collective de production d'eau chaude réceptionnée, l'exploitant prend en charge le fonctionnement du système pendant de nombreuses années.

Quelques éléments à la conception ou à l'installation facilitent son travail. Citons notamment :

- **La simplicité** : maître mot de la filière solaire thermique aujourd'hui. Plus le montage hydraulique et le fonctionnement sont simples et standards, meilleure sera la fiabilité dans la durée.
- **Les organes du circuit solaire primaire**
  - Jeu de vannes adéquat permettant de connecter la station solaire pour le dégazage du circuit solaire, depuis la chaufferie.



Ce jeu de vannes est souvent intégré au groupe de transfert du circuit solaire.

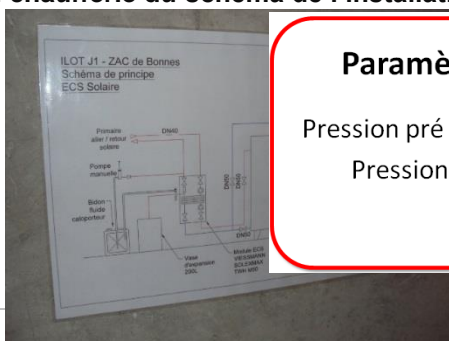
- Organes de lecture et de réglage du débit sur les circuits solaires primaire et secondaire



- Dispositif de déconnexion et de vidange sur la liaison au vase d'expansion solaire, pour un contrôle et un réglage aisé de sa pression de gonflage.



- **Un affichage clair et pérenne en chaufferie du schéma de l'installation et des paramètres essentiels de fonctionnement**



**Paramètres Circuit Solaire**

Pression pré gonflage vase : **2,8** bar

Pression circuit à froid : **3,2** Bar

Débit circuit : **13,3** l/min.

## 6.2 UNE MAINTENANCE PREVENTIVE BIEN DOSEE

Pour la cohérence technico-économique du projet, le contrat de maintenance doit être adapté à la taille de l'installation et à l'économie d'énergie d'appoint qu'elle génère.

Le principe plébiscité aujourd'hui pour des tailles moyennes d'installation (entre 25 et 80 m<sup>2</sup> de capteurs solaires) est d'associer :

- un contrôle de bon fonctionnement simple, dans la durée, type TélésuiWeb ou équivalent ;
- et une maintenance préventive minimisée (montant annuel compris entre 200 à 500 €), complétée par des interventions plus lourdes à bons de commande lorsque nécessaire.

La gamme de maintenance suivante est proposée sur le site de SOCOL ([https://www.solaire-collectif.fr/photo/img/outils/Liste\\_des\\_points\\_de\\_contrôle.pdf](https://www.solaire-collectif.fr/photo/img/outils/Liste_des_points_de_contrôle.pdf)). Les utilisateurs de TélésuiWeb s'en emparent pour progressivement abaisser le coût de maintenance au fil des renouvellements de contrat.

Point de contrôle	Fréquence
Vérification de la pression du circuit primaire	A chaque visite
Relevé des compteurs et des températures de fonctionnement	
Purge du dégazeur éventuel	Tous les ans
Contrôle de la régulation : vérification des sondes de température et des paramètres	
Vérification des débits de fonctionnements des circuits solaires primaire et secondaire (avec une commande de circulateur à 100%)	
Vérification de la densité du fluide caloporteur et mesure de son pH	
Vérification des capteurs (propreté du verre, éventuelle corrosion des supports, ...) et nettoyage éventuel de la vitre des capteurs en cas de salissure exceptionnelle	
Vérification du pincement de l'échangeur et de l'état d'encrassement de chaque échangeur à plaque avec nettoyage si nécessaire.	Selon dureté de l'eau et présence d'adoucisseur. Tous les ans ou 2 ans.
Vérification du vase d'expansion : mesure de la pression de prégonflage (déconnecté, vidangé, à froid) et l'ajuster (si nécessaire) AVANT de réaliser le dégazage.	Tous les 2 ans
Dégazer le circuit solaire primaire en connectant une pompe puissante au jeu de vannes adapté, et en la laissant tourner le temps nécessaire (environ 30 min)	
Vérification du débit du circuit solaire et de chaque batterie de capteurs. Ce contrôle n'est possible que si les différentes branches comportent des débitmètres.	

**Figure 36 : Gamme de maintenance pour une installation ECS solaire collective**

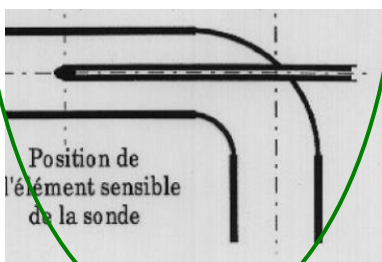
### 6.3 DES MESURES SUFFISAMMENT PRECISES

Ce n'est pas spécifique au suivi solaire : concernant la mesure d'énergie thermique, le plus gros enjeu sur la précision finale est le montage des sondes de température sur les tuyauteries, causant largement plus d'erreurs de mesure et donc d'analyse que l'incertitude intrinsèque des différents éléments.

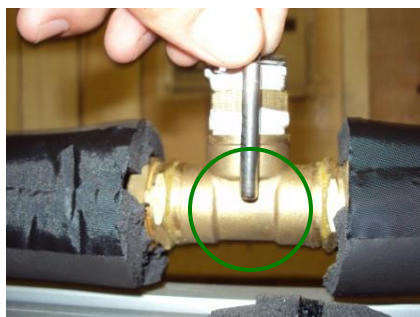
Nous avons mené des tests pour estimer l'erreur de mesure selon le montage, en collaboration avec nos voisins du CEA. En voici les principaux enseignements sur les 3 types de montage rencontrés :

## DIFFERENTS MONTAGES DES SONDES DE TEMPERATURE SUR TUYAUTERIES

**Idéal mais rare**  
= immergée



**Le plus courant**  
= en doigt de gant



La sonde doit impérativement arriver au niveau du flux

Et idéalement : huile ou pâte thermique

**En applique**  
(uniquement sur du cuivre)



Sont nécessaires :  
Pâte thermique  
+ scotch aluminium  
+ isolant bien plaqué

La meilleure précision revient évidemment à la sonde immergée, surtout pendant les régimes transitoires. Mais en respectant les préconisations indiquées, les 2 autres montages donnent de très bons résultats (erreur < 0,5 °C en régime établi pour un fluide à 60 °C et une ambiance à 20 °C).

En revanche, les montages barrés en rouge conduisent à des erreurs pouvant atteindre plus de 5 °C dans les conditions suscitées.

Quoi qu'il en soit, pour minimiser l'erreur de mesure d'une différence de température, les 2 sondes doivent si possible être installées de manière identique.