

2012

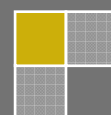
Installations Solaires Collectives pour la production d'ECS

Parties 1&2 – Février 2012

Les installations Solaires Thermiques Collectives Centralisées par capteurs plans vitrés pour la production d'Eau Chaude Sanitaire. Avec une première partie qui traite de l'approche théorique liée aux fondamentaux en matière de solaire collectif, une deuxième partie développe des cas pratiques d'études pour mettre en avant toute l'importance de la détermination des besoins solaires, le dimensionnement et la sélection des différents composants et accessoires solaires, sans oublier d'aborder la productivité d'une installation solaire ... Elaboré en collaboration avec www.Xpair.com, le présent Guide 2012 est une référence à l'attention des professionnels installateurs et bureaux d'études.



Hervé SEBASTIA – ATLANTIC-GUILLOT
En partenariat avec XPAIR
2012



Préface

Ce guide 2012 intitulé « Les installations Solaires Thermiques Collectives Centralisées par capteurs plans vitrés pour la production d'Eau Chaude Sanitaire » est un extrait d'une production dense de l'auteur Hervé SEBASTIA de la Société ATLANTIC-GUILLOT et chargé de mission nouveaux marchés collectifs au sein du service marketing.

La réglementation thermique 2012 impose aux maisons individuelles d'opter pour un système de production de chauffage ou d'eau chaude sanitaire ayant recourt à une source d'énergie renouvelable. D'autant plus rentables sur les bâtiments collectifs, ces solutions devraient devenir incontournables pour l'accès aux différents paliers réglementaires ou labels. En effet, ces systèmes à fortes efficacités énergétiques et performants en termes de récupération d'énergie renouvelables - et « gratuites » - permettent de réduire considérablement la consommation d'énergie primaire.

Les installations Solaires Thermiques Collectives destinées au préchauffage de l'Eau Chaude Sanitaire – poste de consommation d'énergie prépondérant sur la facture énergétique d'un bâtiment performant - en font partie. A ce jour, elles sont souvent prescrites par les bureaux d'études, en neuf ou rénovation. Leur principal intérêt est de faire gagner une part non négligeable d'énergie ; elles devraient connaître un essor encore plus important à l'avenir.

Dans ce Guide, nous allons détailler ce sujet pour mieux appréhender les points clefs d'une installation solaire thermique. Ce Guide 2012 riche en informations a été découpé en deux parties.

Une première partie traite de l'approche théorique liée aux fondamentaux en matière de solaire collectif

Une deuxième partie où sont développés des cas études pour mettre en avant toute l'importance de la détermination des besoins solaires, le dimensionnement et la sélection des différents composants et accessoires solaires, sans oublier d'aborder la productivité d'une installation solaire ...

*Cette édition 2012 est réalisée en collaboration
avec le portail de la performance énergétique
www.XPair.com*

Nota

Les informations ou conseils que vous retrouverez dans cet article ne se substituent pas aux règles professionnelles et aux dispositions règlementaires.

Les différents schémas techniques présentés dans ce document sont des schémas de principe, et tous les organes nécessaires au fonctionnement et à l'exploitation de l'installation ne sont pas représentés. Le schéma de référence pour votre installation restera celui réalisé par le Bureau d'études.

A noter qu'en cas de demande de subventions auprès d'organismes (l'ADEME, la Région, le département, ...), une étude solaire sous un logiciel agréé (Méthode SOLO) devra être fournie. Elle servira ensuite de référence pour comparer les performances solaires calculées à celles mesurées.

Dans tous les cas, il est vivement recommandé de faire réaliser le dimensionnement de l'installation solaire, et l'étude solaire par un bureau d'études spécialisé.

Table des matières

1ère partie : théorique

Préface

Introduction

I - Les règles d'or du Solaire Thermique

II – Principe de fonctionnement d'une installation Solaire thermique Collective Centralisée

III – Les points clefs d'une installation solaire thermique collective centralisée (SCC)

Encadré 1 : Rappel sur les caractéristiques thermiques d'un capteur plan vitré

Encadré 2 : Conséquences de l'inclinaison et l'orientation d'un capteur

Encadré 3 : Conséquences de la variation du volume de stockage solaire

Encadré 4 : Particularité d'un appoint électrique par accumulation

IV - Les réponses à la surchauffe

Encadré 5 – Optimisation d'une installation SCC : le kit bouclage solaire

V - Les réponses relatives à la prévention du risque lié aux légionelles

Encadré 6 - Définitions / Rappels : la légionellose

Encadré 7 : Le kit anti-légionellose

2ème partie : cas d'étude

VI – De l'évaluation des besoins solaires à l'étude solaire

Encadré 8 : Conséquences du sous ou sur dimensionnement solaire

Encadré 9 : Prédétermination rapide du stockage solaire et de la surface de capteurs en résidentiel collectif

VII – Exemple de détermination de l'installation solaire d'un hôtel

VIII - La productivité solaire

IX – Conclusions

Introduction



Le soleil est la source d'énergie des capteurs solaires thermiques. Cette ressource est difficilement maîtrisable et très variable.

Par ailleurs, la quantité d'énergie récupérée peut ne pas correspondre aux besoins d'eau chaude sanitaire, eux aussi fluctuants et dépendants de l'occupation du bâtiment.

Tout ceci se traduit par des sous ou surproductions d'énergie qui sont à prendre en compte dès les phases de dimensionnement et de conception si on veut éviter les contre références en solaire.

Le but de cet article est de rappeler les fondamentaux dans ce domaine - extraits de notre guide technique interne – afin d'optimiser la productivité et atteindre les performances escomptées d'une installation Solaire Thermique Collective Centralisée par capteurs plans vitrés destinée pour la production d'Eau Chaude Sanitaire.

Chapitre I - Les règles d'or du solaire thermique

Avant d'opter pour la décision d'une production d'eau chaude sanitaire à l'aide de l'énergie solaire, il convient de respecter les 4 règles d'or suivantes :

1 – Pertinence des applications

Le bâtiment doit être consommateur d'eau chaude sanitaire avec de préférence des besoins réguliers et continus tout au long de l'année (**Cf. schéma I/1**).

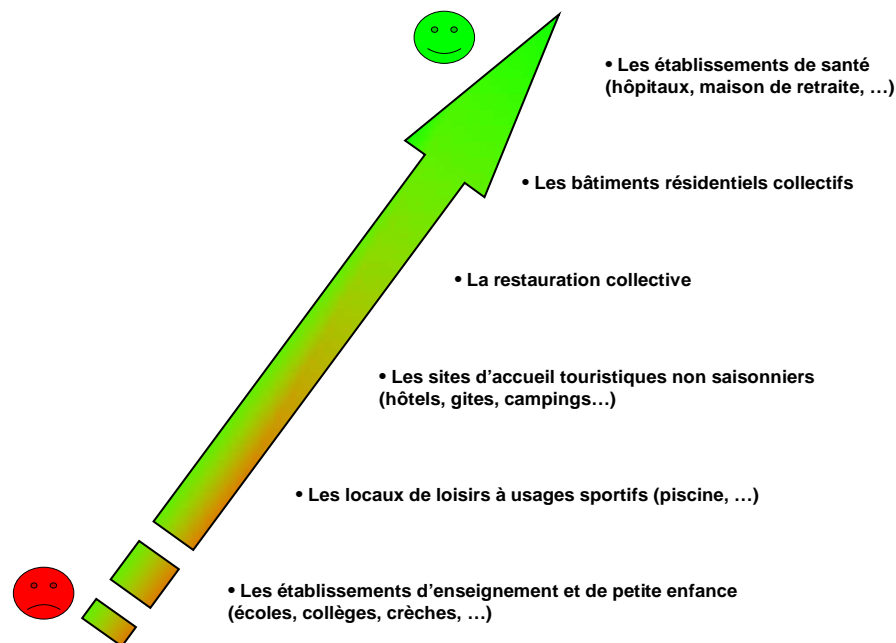


Schéma I/1 – Secteurs d'activités du moins au plus appropriés au solaire thermique

2 – Implantation des capteurs solaires

Le bâtiment doit pouvoir disposer d'une surface nécessaire à l'implantation et l'exploitation des capteurs solaires. Ces capteurs devront être préférentiellement orientés au sud, avec l'inclinaison requise, et un minimum d'effet de masque. Il faudra s'assurer que le poids des capteurs est supportable par la toiture ou étudier la possibilité de les implanter au sol.

3 – Implantation des ballons solaires et de la station hydraulique

Le bâtiment ou les logements doivent pouvoir disposer d'un local adapté (surface, hauteur sous plafond, mur ou dalle supportant le poids du ballon) pour mettre en place le matériel solaire nécessaire.

4 – Raccordements

Il faut disposer ou prévoir un passage pour les liaisons entre les capteurs, le local technique, et les points de puisage. Pour le suivi à distance des performances de l'installation, il faut prévoir un réseau de communication de type Internet, téléphonique (RTC), ou autres.

Chapitre II - Principe de fonctionnement d'une installation Solaire thermique Centralisée

Le principe consiste à récupérer l'énergie solaire grâce à un fluide caloporteur qui circule dans les capteurs (1) (Cf. schéma II/1).

Par l'intermédiaire d'un échangeur thermique (2), l'énergie est transférée dans le ballon solaire collectif (3) pour préchauffer l'eau de ville.

Dès qu'un soutirage est effectué, l'eau froide vient « pousser » par stratification le « front chaud » du ballon solaire collectif vers le ballon d'appoint (4).

L'énergie d'appoint vient compléter « la chauffe », si nécessaire, jusqu'à atteindre la température de consigne souhaitée.

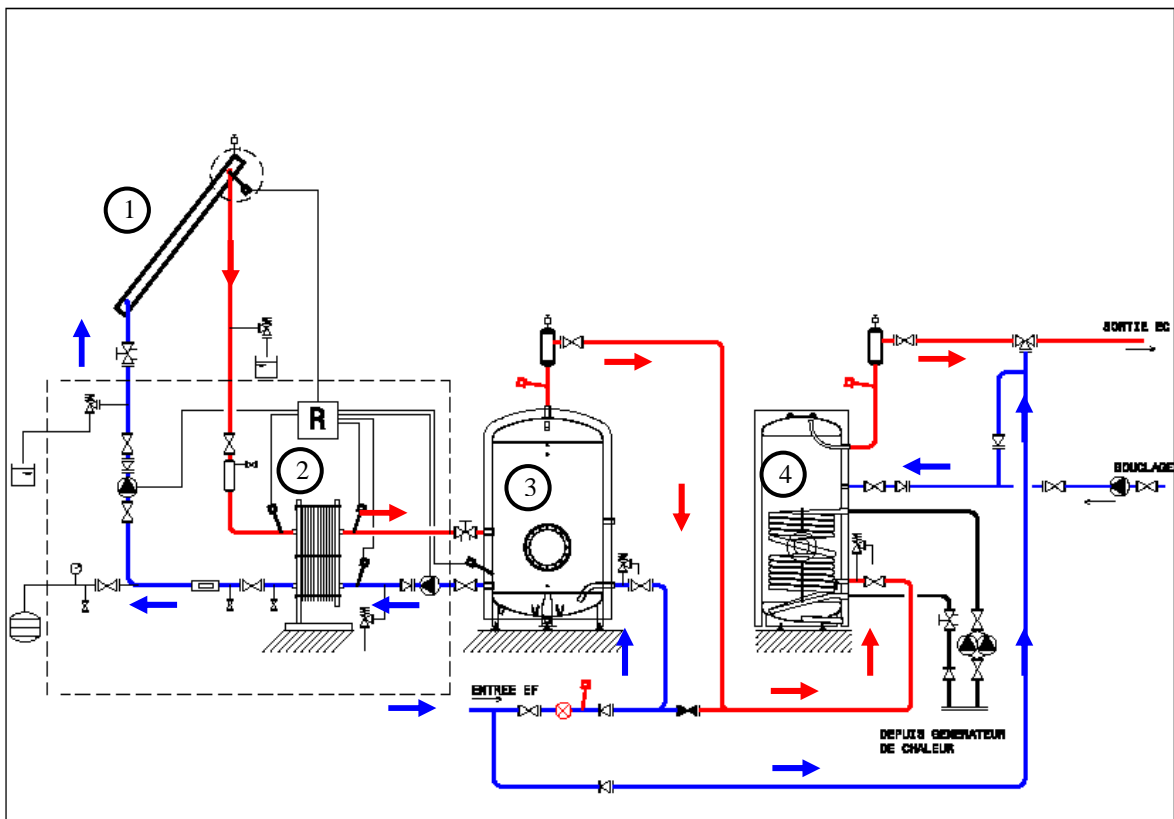


Schéma II/1 – SCC appoint par ballon échangeur

Chapitre III - Les points clés d'une installation Solaire thermique Collective Centralisée

Dans ce chapitre, nous allons détailler le rôle, les principales caractéristiques et les spécificités de chacun des principaux composants et accessoires présents sur une production d'eau chaude sanitaire Solaire Collective Centralisée (SCC). Nous commencerons par les capteurs pour finir par la distribution d'eau chaude sanitaire en respectant l'ordre de numérotation que l'on retrouve sur le **schéma III/1** ci-dessous.

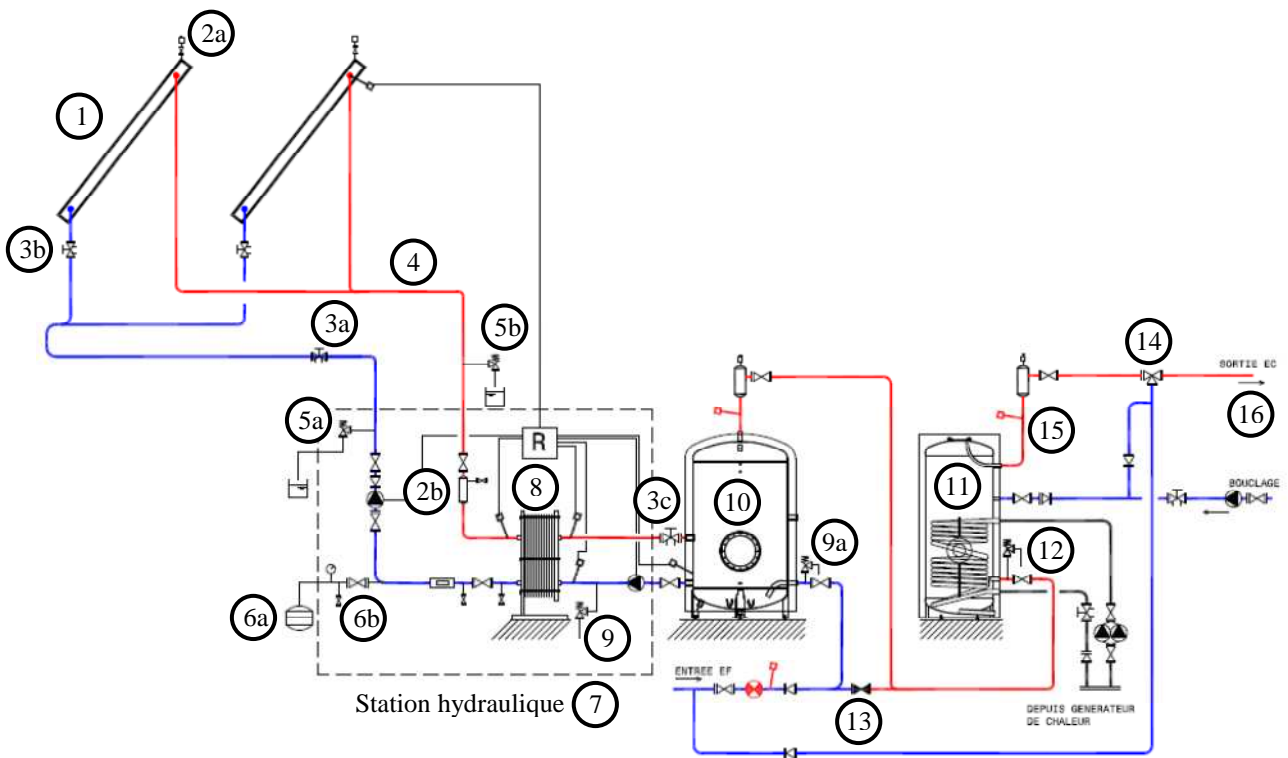


Schéma III/1 – Schéma de principe SCC avec 2 champs de capteurs

Attention : Les composants et accessoires décrits ci-après doivent être spécifiquement adaptés aux systèmes solaires afin de résister au fluide glycolé qui peut atteindre des températures élevées.

Le capteur solaire thermique plan vitré ①

Pour lui assurer des conditions de fonctionnement optimales, il est important de veiller aux deux points suivants :

- 1 - le dégazage au sein d'un champ doit pouvoir s'effectuer correctement ;
- 2 - le débit qui arrive dans un champ doit être réparti d'une façon homogène au sein de chaque capteur.

Pour répondre au **point 1**, il faut privilégier un raccordement en parallèle des capteurs (Cf. **schéma III/2**) plutôt que série (Cf. **schéma III/3**) de façon à éviter les pièges à air.

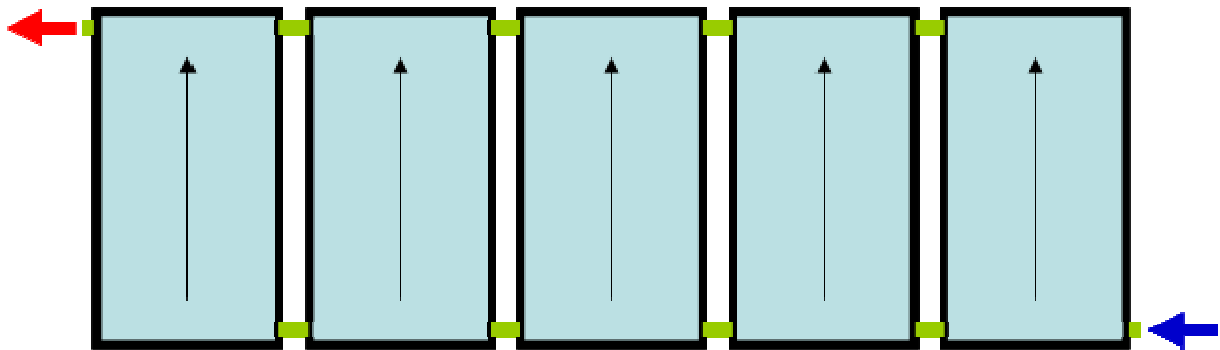


Schéma III/2 - Montage en parallèle de capteurs échelle

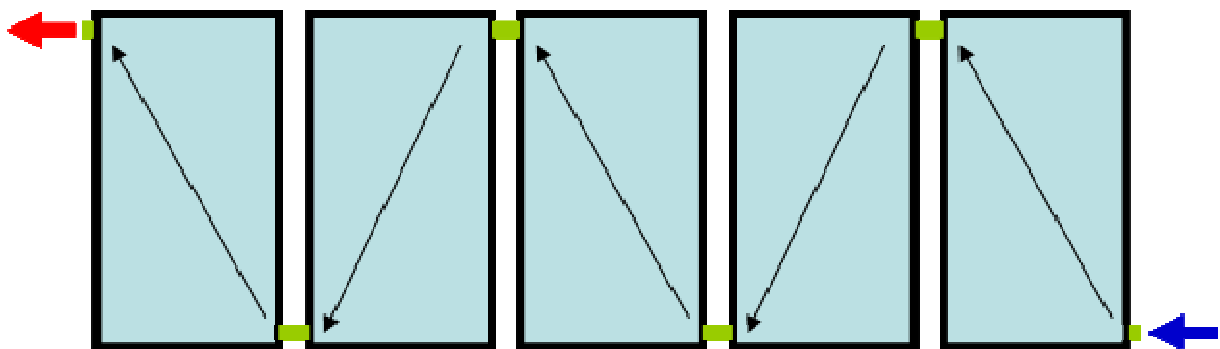


Schéma III/3 - Montage en série de capteurs échelle

Pour répondre au **point 2**, il faut comparer les deux technologies suivantes qui présentent des caractéristiques différentes :

- le capteur méandre est plus « résistant », car le débit nominal qui arrive dans son collecteur ne traverse qu'un seul méandre ou tube d'un diamètre inférieur (Cf. **schéma III/4**), il a donc plus d'autorité ;
- le capteur échelle est peu « résistant », il a moins d'autorité car le débit nominal arrivant dans son collecteur se répartit ensuite en parallèle dans plusieurs tubes (Cf. **schéma III/5**). Dans ces derniers, le débit, la vitesse, et les pertes de charge étant faibles, il a peu d'autorité.

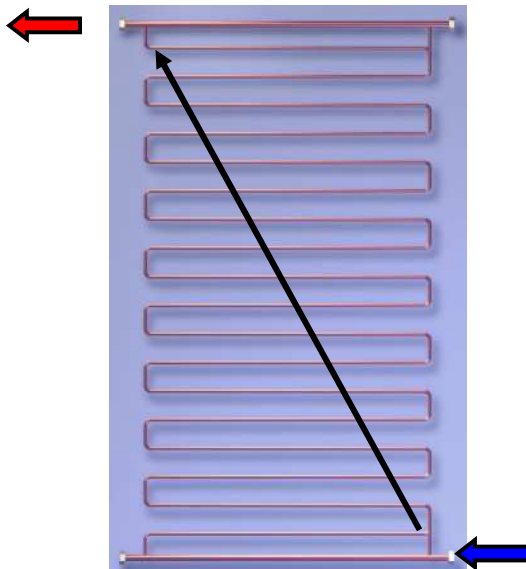


Schéma III/4 - Capteur méandre

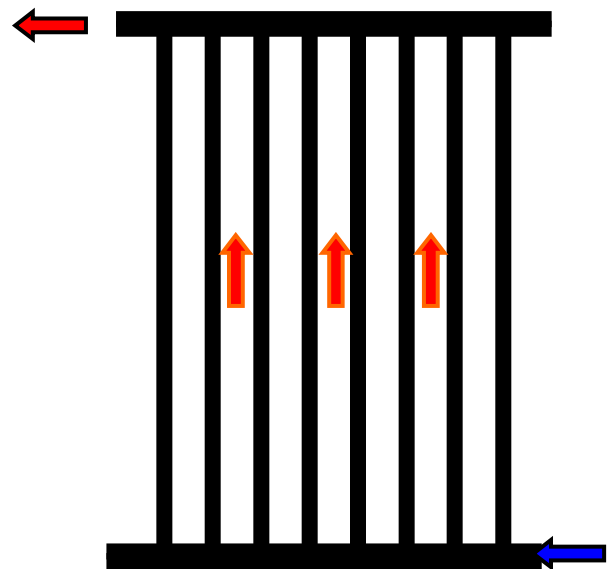


Schéma III/5 - Capteur échelle

Le capteur méandre ayant plus d'autorité, il est moins sensible au déséquilibre. Il est donc plus adapté au solaire collectif pour former des champs de grande surface.

Pour obtenir une perte de charge raisonnable, un capteur méandre doit fonctionner sous faible débit (low flow).

Avec un débit plus faible, on pourrait penser que la productivité solaire diminue ; ce n'est pas le cas. Ainsi à ce régime hydraulique, le capteur fonctionne avec une température moyenne supérieure - écart de température entrée/sortie plus important - ; ce phénomène est compensé côté ballon solaire avec un échange amélioré : température d'alimentation élevée et montée en température du volume à chauffer importante.

Un autre avantage à plus faible débit, l'investissement des liaisons hydrauliques est réduit car le diamètre de tuyauterie et l'épaisseur d'isolant sont théoriquement plus faibles.

Pour assurer un bon fonctionnement et une productivité optimale avec les capteurs méandres que nous utilisons, les études montrent qu'il faut assurer un débit minimum de 20 l/h.m², en évitant de dépasser les 30 l/h.m².

Pour raccorder plusieurs champs de capteurs, nous préconisons un raccordement en parallèle afin de ne pas cumuler les pertes de charge de chacun d'entre eux (**Cf. Schéma III/6**).

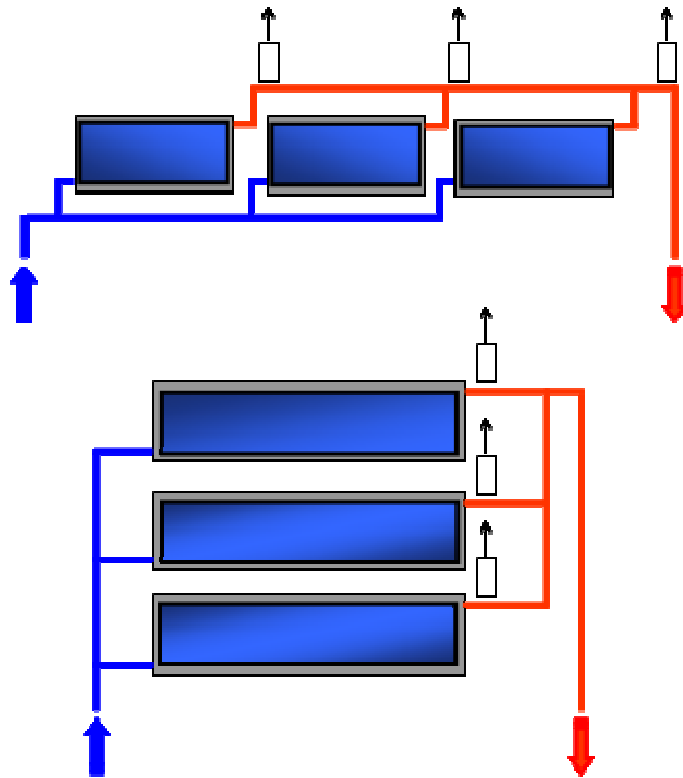


Schéma III/6 – Champs de capteurs méandre raccordés en parallèle

Encadré 1 : Rappel sur les caractéristiques thermiques d'un capteur plan vitré

Sur le **schéma 1/1** ci-dessous, vous retrouverez un exemple qui illustre la variation du rendement global d'un capteur plan vitré en fonction de la différence entre la température moyenne du capteur et la température ambiante, et le niveau d'irradiation reçu. Plus cette différence de température est faible, meilleur sera le rendement.

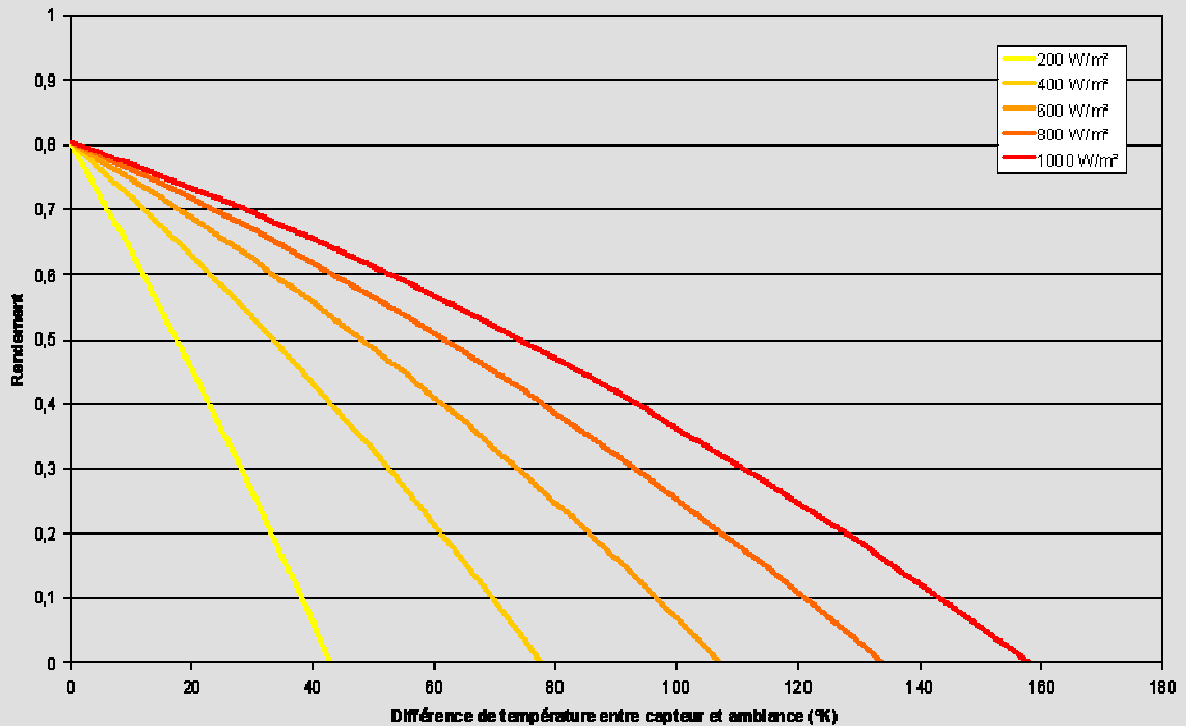


Schéma 1/1 – Rendement global du capteur plan vitré Atlantic Guillot Solar Plan 230 V

Dans l'Avis Technique d'un capteur solaire délivré par le CSTB, figurent les caractéristiques thermiques (internationales) suivantes, rapportées au m² de superficie d'entrée des capteurs :

- le rendement optique η
- le coefficient de perte (par conduction) du 1er ordre a_1 (W/m².K)
- le coefficient de perte (par convection) du 2nd ordre a_2 (W/m².K)

Figurent aussi les caractéristiques thermiques suivantes, rapportées au m² de superficie d'entrée des capteurs, qui sont obtenues par linéarisation de la courbe, et utilisables pour application du logiciel SOLO :

- le facteur optique β
- le coefficient de transmission thermique global K (W/m².K)

Sur le **schéma 1/2** ci-dessous, vous trouverez, à titre d'exemple, les caractéristiques thermiques d'un capteur vertical de 2,3 m² brut.

Le rendement obtenu dépend de l'irradiation (E), et de la différence de température entre la température moyenne du capteur ($T^{\circ}\text{cap}$) et la température ambiante qui l'entoure ($T^{\circ}\text{amb}$).

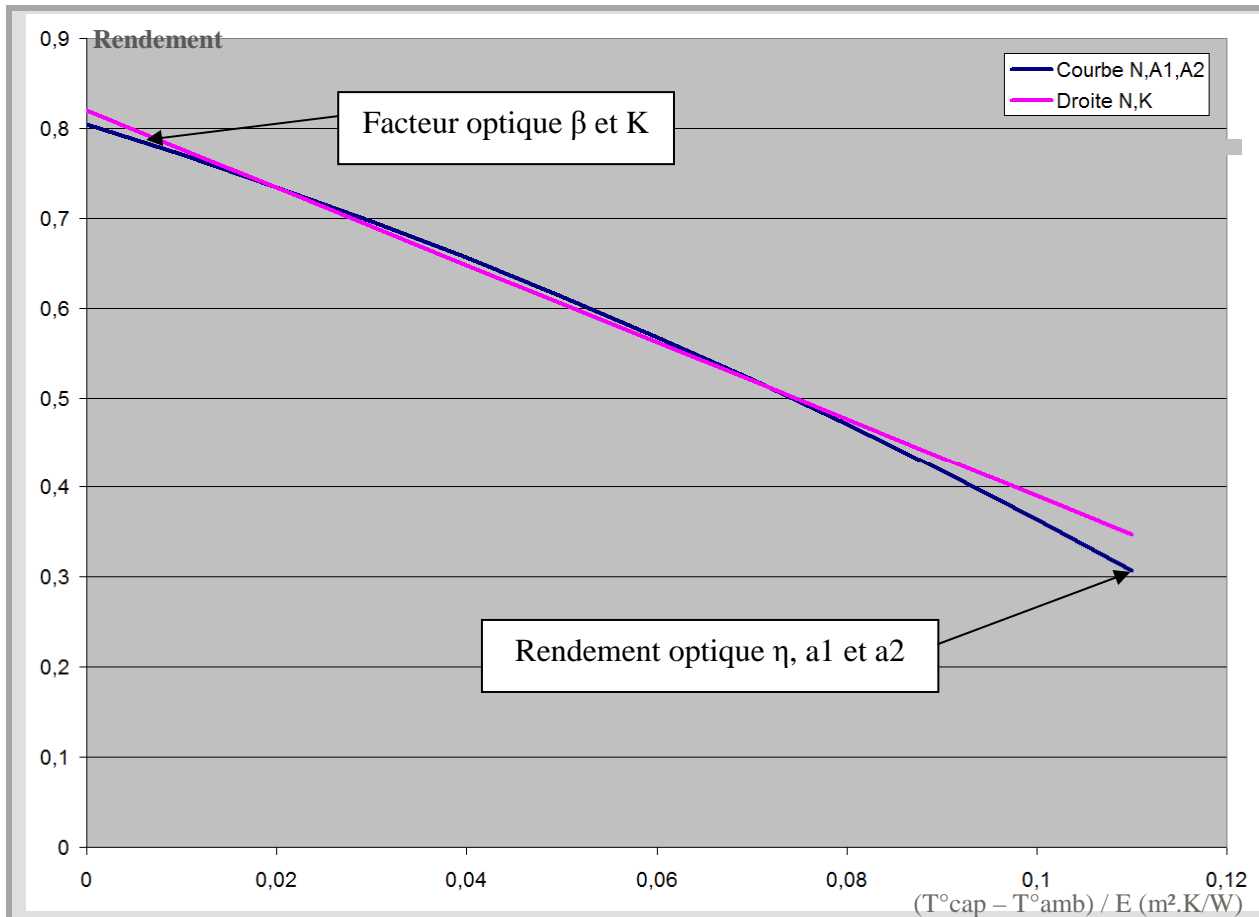


Schéma 1/2 – Caractéristiques thermiques du capteur Atlantic Guillot Solar Plan 230 V

Les caractéristiques thermiques que vous retrouverez dans l'avis technique sont les suivantes :

- caractéristiques thermiques internationales :

→ $\eta = 0,804$, $a1 = 3,235 \text{ W/m}^2\text{.K}$, $a2 = 0,0117 \text{ W/m}^2\text{.K}$

- caractéristiques simplifiées SOLO :

→ $\beta = 0,82$, $K = 4,3 \text{ W/m}^2\text{.K}$

Lorsqu'on souhaite comparer les performances de différents capteurs, il convient donc de bien dissocier les caractéristiques thermiques internationales (η , $a1$, $a2$), des caractéristiques thermiques utilisées sous SOLO (β , K). En effet pour ces dernières si vous prenez « $a1$ » au lieu de « K », vous favoriserez la productivité de l'installation au risque de ne jamais l'atteindre en pratique.

Encadré 2 : Conséquences de l'inclinaison et de l'orientation d'un capteur

Pour étudier ce cas de figure, nous prendrons comme installation solaire de référence celle d'un hôtel 3 étoiles de 45 chambres située à Lyon qui présente les caractéristiques suivantes :

- consommation journalière de 3825 litres
- 74 m² brut de capteurs inclinés à 45° plein Sud
- stockage solaire de 4000 litres

Les résultats de l'étude solaire sont indiqués dans le **tableau 2/1** ci-dessous.

RESULTATS													
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Couverture [%]	21	35	53	66	76	81	84	79	69	48	27	18	53
Besoins [kWh]	7304	6510	6919	6482	6437	5990	6038	6066	6070	6644	6762	7235	78456
Productivité [kWh]	1537	2294	3669	4303	4887	4823	5043	4802	4161	3220	1840	1326	41905
Productivité /m ²	24	36	57	67	76	75	79	75	65	50	29	21	655

Tableau 2/1 – Résultats de l'étude solaire de référence inclinaison 45°/orientation Sud

Le tableau 2/2 ci-dessous, nous montre que la productivité annuelle est proche de l'optimum lorsque les capteurs sont orientés plein Sud avec une inclinaison à 45°. Par contre, la perte varie de 4,5 à 6,3 % lorsque les capteurs ont :

- une inclinaison comprise entre + 15° et + 60°
- une orientation comprise entre - 45° et + 45° par rapport au Sud

Sur le terrain les contraintes d'installations font que la position des capteurs pour une récupération solaire optimale n'est pas toujours possible. En restant sur ces plages d'inclinaison et d'orientation, la perte de productivité est raisonnable et ne remet pas forcément en cause la viabilité de l'installation solaire.

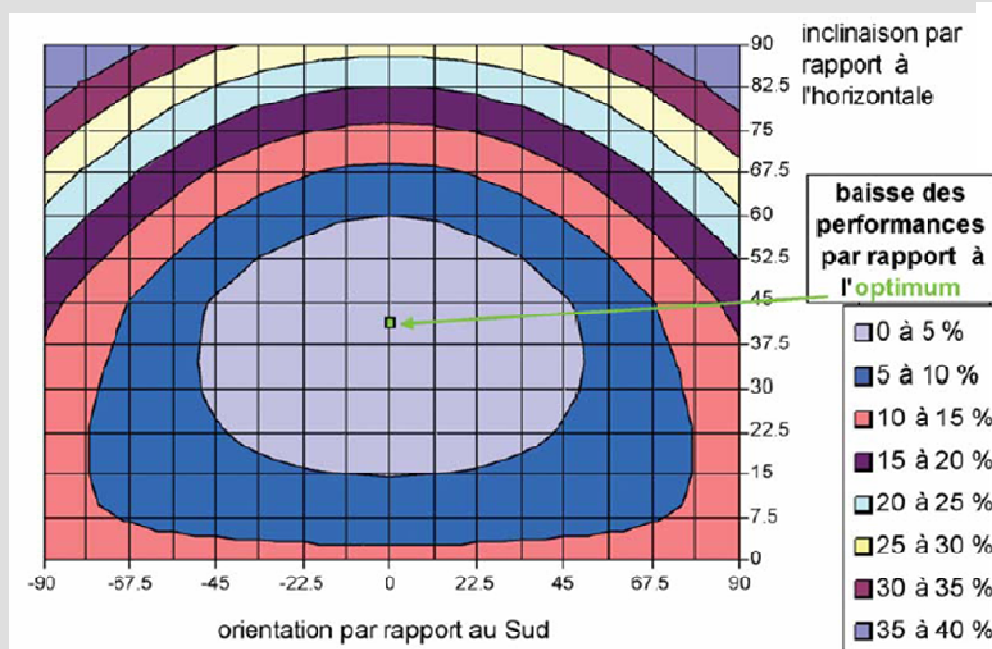
	Janvier	Février	Mars	Avril	mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Annuel	Perte de productivité annuelle / Référence
Prod. Référence (kWh)	1534	2294	3669	4303	4887	4823	5043	4802	4161	3220	1840	1326	41905	
Inclinaison 45° - Plein Sud														
Taux de couverture (%)	21	35	53	66	76	81	84	79	69	48	27	18	53	
Prod. inclinaison 15°	1192	1895	3341	4273	5093	5062	5231	4837	3905	2706	1433	1015	39982	-4,6%
Gain (kWh) / Référence	-342	-399	-328	-30	206	239	188	35	-256	-514	-407	-311	-1923	
Gain (%) / Référence	-22,3%	-17,4%	-8,9%	-0,7%	4,2%	5,0%	3,7%	0,7%	-6,2%	-16,0%	-22,1%	-23,5%	-4,6%	
Taux de couverture (%)	16	29	48	66	79	85	87	80	64	41	21	14	51	
Prod. inclinaison 60°	1565	2278	3514	3976	4415	4347	4610	4432	3939	3158	1856	1357	39448	-5,9%
Gain (kWh) / Référence	31	-16	-155	-327	-472	-476	-433	-370	-222	-62	16	31	-2457	
Gain (%) / Référence	2,0%	-0,7%	-4,2%	-7,6%	-9,7%	-9,9%	-8,6%	-7,7%	-5,3%	-1,9%	0,9%	2,3%	-5,9%	
Taux de couverture (%)	21	35	51	61	69	73	76	73	65	48	27	19	50	
Prod. orientation - 45°	1356	2046	3364	4062	4706	4674	4893	4600	3874	2889	1624	1166	39255	-6,3%
Gain (kWh) / Référence	-178	-248	-305	-241	-181	-149	-150	-202	-287	-331	-216	-160	-2650	
Gain (%) / Référence	-11,6%	-10,8%	-8,3%	-5,6%	-3,7%	-3,1%	-3,0%	-4,2%	-6,9%	-10,3%	-11,7%	-12,1%	-6,3%	
Taux de couverture (%)	19	31	49	63	73	78	81	76	64	43	24	16	50	
Prod. orientation + 45°	1358	2064	3420	4154	4834	4817	5021	4703	3947	2924	1629	1166	40038	-4,5%
Gain (kWh) / Référence	-176	-230	-249	-149	-53	-6	-22	-99	-214	-296	-211	-160	-1867	
Gain (%) / Référence	-11,5%	-10,0%	-6,8%	-3,5%	-1,1%	-0,1%	-0,4%	-2,1%	-5,1%	-9,2%	-11,5%	-12,1%	-4,5%	
Taux de couverture (%)	19	32	49	64	75	80	83	78	65	44	24	16	51	

Tableau 2/2 – Variation de l'inclinaison et l'orientation d'un capteur

Pour les sites qui ont des besoins ECS plus importants sur la période estivale, il peut être judicieux d'opter pour une inclinaison à 15° car la productivité mensuelle sur les mois de Mai à Juillet est supérieure à l'installation de référence et chute considérablement sur la période hivernale. Pour rester avec un taux de couverture mensuel non supérieur à 85%, la surface de capteur peut être réduite.

Au contraire, pour des sites avec des besoins ECS plus importants sur la période hivernale, l'inclinaison à 60° pourrait être plus appropriée car la productivité est supérieure pour les mois de Novembre à Janvier et chute sensiblement l'été.

Sur le **schéma 2/3** ci-dessous, vous retrouverez l'incidence de l'inclinaison et l'orientation des capteurs sur la productivité annuelle. Plus on s'éloigne de l'optimum, plus la perte s'accroît.



Source Ines

Schéma 2/3 – Pertes de performance d'un capteur

Le purgeur (2a) et le séparateur d'air (2b)

Pour qu'une installation solaire puisse fonctionner correctement, elle doit être bien « dégazée ». C'est généralement dans les capteurs, en point haut de l'installation, que l'air est piégé. Chose absolument à éviter, puisque cela est synonyme de non circulation.

A la mise en service, le dégazage doit s'effectuer en point haut de chaque champ de capteurs à l'aide d'un purgeur (2a).

La mise en service effectuée, chaque purgeur doit pouvoir être isolé à l'aide d'une vanne ¼ de tour, pour éviter d'évacuer du fluide glycolé, en cas de fuite ou de vaporisation.

Vous pourrez trouver aussi dans certaines de nos stations hydrauliques un séparateur d'air (2b) qui fonctionne en continu pour piéger l'air et l'évacuer.

Les vannes d'équilibrage (3a) (3b) (3c)

Les vannes d'équilibrage (Cf. schéma III/7) spécifiques solaires, différentes de celles utilisées en chauffage, doivent résister à de fortes températures et disposer de prises de mesure sécurisées pour éviter de se brûler. Elles peuvent être garanties jusqu'à 5 ans.



Schéma III/7 – Vanne d'équilibrage solaire

Pour un fonctionnement correct de l'installation solaire et l'atteinte d'une performance optimum, il est essentiel d'équilibrer l'installation solaire pour éviter d'avoir de grandes variations de températures entre champs. En effet, avec une régulation solaire par double différentiel, seule la température d'un champ est prise en compte, considérant que la température des autres champs est identique.

Sur le schéma de principe III/1 ci-avant, vous retrouverez les vannes d'équilibrage à prévoir sur une installation solaire. Le rôle de chacune est détaillé ci-après :

→ Vanne d'équilibrage générale (3a)

Il faut prévoir une vanne d'équilibrage sur le départ général, côté le plus froid et à proximité des champs de capteurs pour faciliter les réglages. Ses principaux intérêts sont les suivants, elle permet :

- de mesurer et de régler le débit nominal pour obtenir le point de fonctionnement de la pompe solaire et diminuer ainsi sa consommation électrique ;
- de faire travailler les vannes d'équilibrage situées en aval et sur chaque champ sur une plage d'ouverture optimale (> 25%), précise, évitant ainsi leur encrassement prématuré ;
- de gagner un temps non négligeable lors de la mise en service dans le cadre de l'utilisation de la méthode d'équilibrage REGIS.

→ Vanne d'équilibrage par champ de capteurs (3b)

Elles permettront de régler et répartir avec précision le débit imposé dans chaque champ sur une plage restreinte en « Low Flow » de 20 à 30 l/h.m².

En leur présence, il ne sera plus nécessaire de créer une boucle de Tichelmann qui est consommatrice de longueurs de tuyauterie supplémentaires (Cuivre + isolation + protection).

→ Vanne d'équilibrage côté secondaire (3c)

Les échangeurs à plaques solaires que nous proposons sont définis avec un équidébit entre le primaire et le secondaire. Afin de respecter nos préconisations, une vanne d'équilibrage est nécessaire entre l'échangeur et le ballon solaire.

Les tuyauteries et l'isolation du circuit solaire ④

Les tuyauteries doivent être soudées, les raccords à visser avec joint plat en fibre haute température doivent être limités au montage des accessoires.

Il est recommandé d'utiliser des tuyauteries en cuivre, et pour les gros diamètres en acier noir.

Pour limiter les pertes de calories « gratuites », il convient de prévoir une isolation résistante aux hautes températures. Sur les tronçons extérieurs, l'isolation doit résister au rayonnement ultraviolet et aux attaques aviaires, elle est donc recouverte d'une protection.

La Norme EN 12977- 2, Tableau A.2 page 24 sur le **schéma III/8** ci-dessous, nous indique le diamètre des tuyauteries et l'épaisseur d'isolant minimum à respecter si ces données ne sont pas spécifiées dans le manuel du constructeur ou calculées par le bureau d'études :

Tableau A.2 — Diamètre extérieur des tuyaux et épaisseur de l'isolation pour des installations à circulation forcée

Débit dans le circuit de capteur $l\cdot h^{-1}$	Diamètre extérieur du tuyau ^{a)} mm	Épaisseur du tuyau mm	Épaisseur d'une isolation en une seule couche ^{b)} mm
< 90	10	1	20
90 à 140	12	1	20
140 à 235	15	1	20
235 à 405	18	1	20
405 à 565	22	1	20
565 à 880	28	1,5	30
880 à 1 445	35	1,5	30
1 445 à 1 500	42	1,5	39
> 1 500	Tel que la vitesse d'écoulement est d'environ $0,5\text{ ms}^{-1}$	1,5	Identique au diamètre intérieur du tuyau

a) Tolérance de 1 mm.
b) Tolérance de 2 mm.

Schéma III/8 – Epaisseur de l'isolation en solaire

Les soupapes de sécurité solaire ⑤a ⑤b ⑤c

Cet organe de sécurité est obligatoire. Il doit être raccordé à l'échappement sur un bac de récupération. Son rôle est de protéger tous les organes de l'installation solaire.

Son tarage ou sa pression d'ouverture doit tenir compte de la pression du composant le plus sensible et de la hauteur statique de l'installation.

Les capteurs ne doivent en aucun cas être isolés de la soupape de sécurité solaire (selon la norme EN 12977-2). C'est pour cette raison que sa position dans les stations hydrauliques est normalement après la vanne d'isolement départ vers les capteurs, de façon à toujours être en relation avec des derniers, et du côté le plus froid pour ne pas subir des températures excessives.

Mais sur le terrain, on retrouve au moins deux cas probables d'isolement des champs de capteurs qu'il faut absolument éviter.

1er cas rencontré : vannes d'équilibrage (3a) et (3b) sur l'entrée froide des capteurs (Cf. schéma de principe III/1)

Lors d'une intervention, si elles sont fermées (position mini) et que la station hydraulique est isolée, les champs de capteurs sont « coupés » de la soupape de sécurité (a) présente sur le départ de la station.

→ **Solution :** soupape de sécurité secondaire (5b) raccordée à un bac de rétention, située le plus loin possible sur la tuyauterie générale en sortie des champs de capteurs (Cf. schéma III/1).

2ème rencontré : vannes d'isolement sur l'entrée/sortie de chaque champ de capteurs identifiées et sur (A) et (B) III/9 ci-dessous.

Risques identiques au 1^{er} cas, même si les poignées des vannes d'isolement ont été retirées.

→ **Solution :** soupape de sécurité haute température (5c) raccordée à un bac de rétention, pour chaque champ comme représenté sur le schéma III/9 ci-dessous. Sinon déposer les vannes d'isolement présentes.

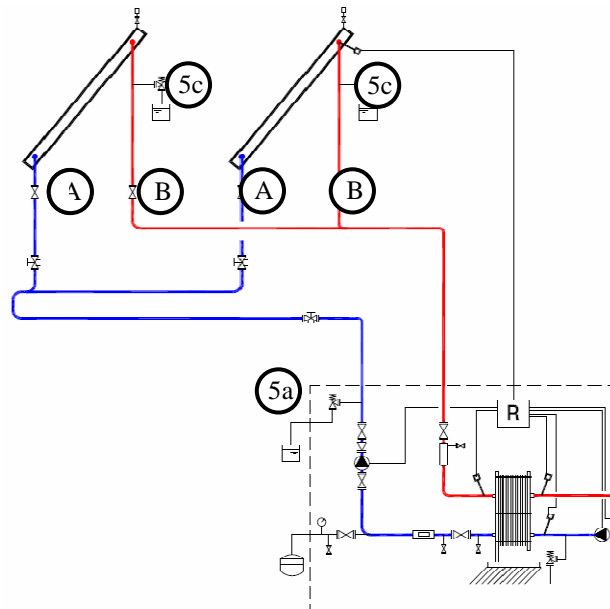


Schéma III/9 – Position des soupapes de sécurité solaires

Les soupapes (5b) et (5c) étant situées à la sortie des capteurs, du côté le plus chaud, devront résister à des niveaux de températures plus élevés que celles situées dans les stations hydrauliques (5a).

Le vase d'expansion solaire (6a)

Tout manque de pression dans une installation solaire peut se traduire par une mauvaise irrigation des capteurs situés en point haut et risquant d'entraîner une surchauffe.

On choisira de préférence un vase muni d'une vessie en butyle pour réduire le phénomène d'entrée d'air par perméabilité et limiter l'usure liée aux effets mécaniques de la dilatation sur le sertissage, par rapport à un modèle à membrane.

Le rôle du vase d'expansion est de maintenir une pression constante - en compensant la dilation ou la contraction du fluide glycolé qui évolue en fonction de la température - mais pour cela il doit être correctement dimensionné.

La méthode de détermination d'un vase solaire est plus complexe qu'en chauffage. Elle nous donne généralement des volumes supérieurs, et nécessite de connaître les paramètres suivants :

- les caractéristiques du glycol utilisé (températures minimum et maximum d'utilisation, pression de vaporisation, coefficient d'expansion, ...)
- le volume de fluide glycolé contenu dans les capteurs et le reste de l'installation hydraulique ;
- un volume complémentaire dans le vase prévu pour réceptionner le volume de fluide glycolé contenu dans les capteurs lors des phases de surchauffe ;
- la hauteur statique de l'installation ;
- la pression de tarage de la soupape de sécurité solaire.

Pour régler et contrôler la pression de gonflage du vase, il est indispensable de prévoir en amont une vanne d'isolement et de vidange (6b).

Pour ne pas dégrader la vessie en butyle, il faut éviter les températures inférieures à 5°C et supérieures à 70°C. Dans le cas d'une installation où le volume de fluide glycolé contenu dans les capteurs est supérieur à celui de leur tuyauterie de raccordement depuis le vase, ce dernier doit être protégé par un réservoir tampon en amont (6c) comme représenté sur le schéma III/10.

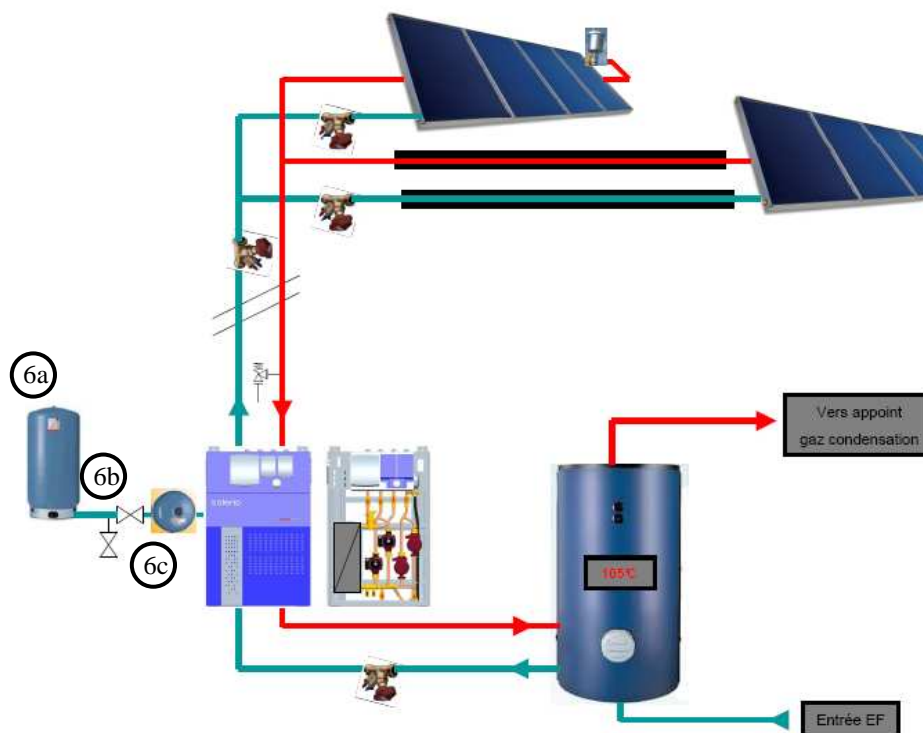


Schéma III/10 – Ballon tampon pour vase d'expansion solaire

La station hydraulique ⑦

Elle permet le transfert de l'énergie des capteurs vers le ballon solaire, qui est géré par une régulation intégrée. Elle comprend une grande partie des éléments nécessaires au bon fonctionnement et à la sécurité de l'installation. C'est un ensemble compact, livré monté pour un raccordement facilité.

Il existe deux types de station hydraulique :

- . celle où l'échangeur à plaques solaire est intégré et raccordé sur un ballon de stockage comme représentée sur le **schéma de principe III/1**. Elle se sélectionne selon les caractéristiques des pompes (débit / hauteur manométrique) et la puissance de l'échangeur intégré qui limite à une surface maximale de capteurs. Elle est destinée à de grandes comme de petites installations solaires ;

- . celle dont l'échangeur solaire ① est intégré au ballon à serpentin comme représente sur le **schéma III/11** ci-dessous ; dans ce cas ce sont les caractéristiques de la pompe (débit / hauteur manométrique) qui permettent de sélectionner la station appropriée. Elle est destinée généralement aux petites et moyennes installations solaires.

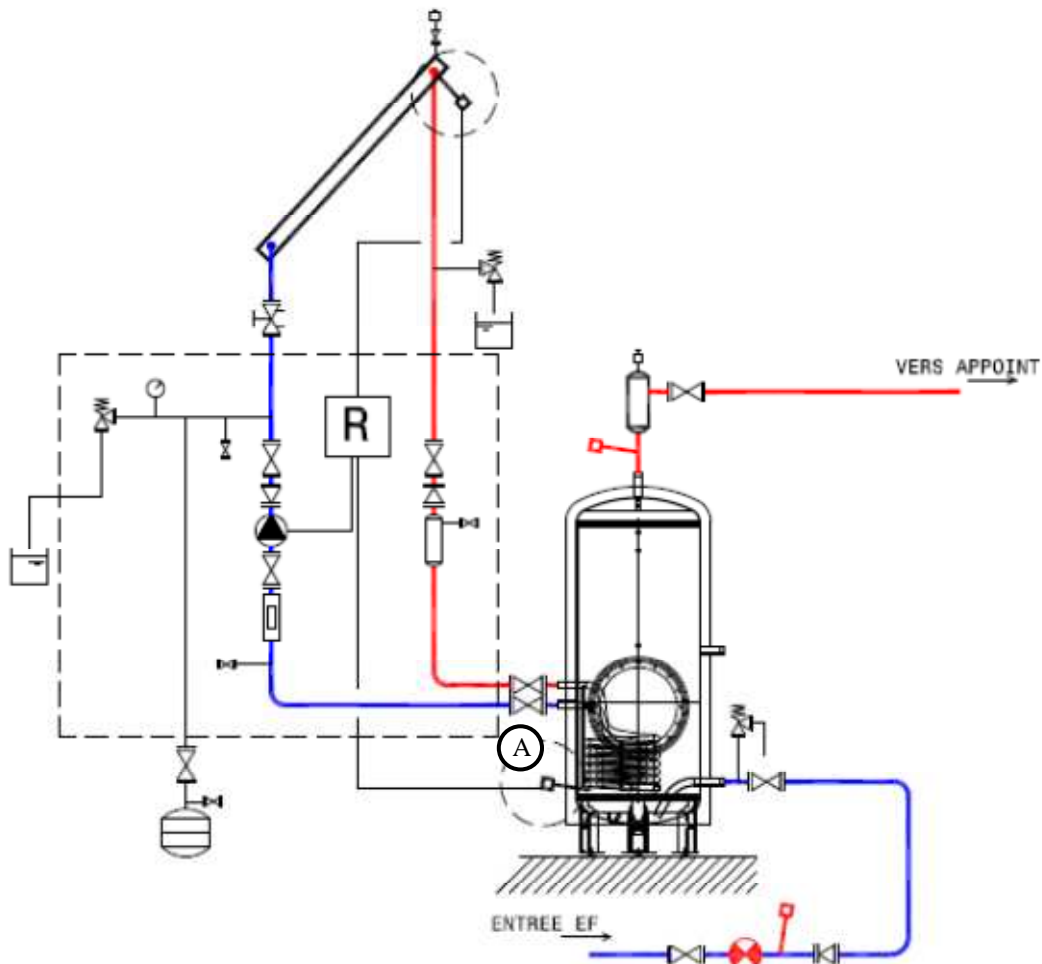


Schéma III/11 – Station hydraulique pour ballon solaire avec échangeur intégré

L'échangeur solaire ⑧

Comme précisé précédemment qu'il soit intégré au ballon solaire ou à la station hydraulique, il doit être soigneusement sélectionné pour limiter les pertes de performance. Sa surface d'échange est conséquente car il est dimensionné avec une température primaire faible (40°C) - qui correspond à une température sur une année de service - et un pincement de 5°C maximum entre l'entrée primaire et la sortie secondaire. Une soupape de sécurité ⑨ protège en cas d'isolement.

Le stockage solaire ⑩

➤ Sélection du stockage solaire

Il faut veiller à sélectionner un ballon qui puisse résister à des températures élevées ($\geq 95^{\circ}\text{C}$). Pour assurer une productivité optimum, il faut éviter de sous ou sur dimensionner le volume solaire par rapport à la surface de capteurs installés, il est conseillé de respecter le ratio moyen de 50 litres/m² de capteurs (Cf. Encadré 3). La soupape de sécurité ⑨a permet de protéger ce ballon si sa pression maximale de service est inférieure à celle de l'échangeur à plaques solaire . ⑧

Dans le schéma III/11 ci-dessous, sont présentés les différents types de stockages solaires que vous pouvez préconiser.

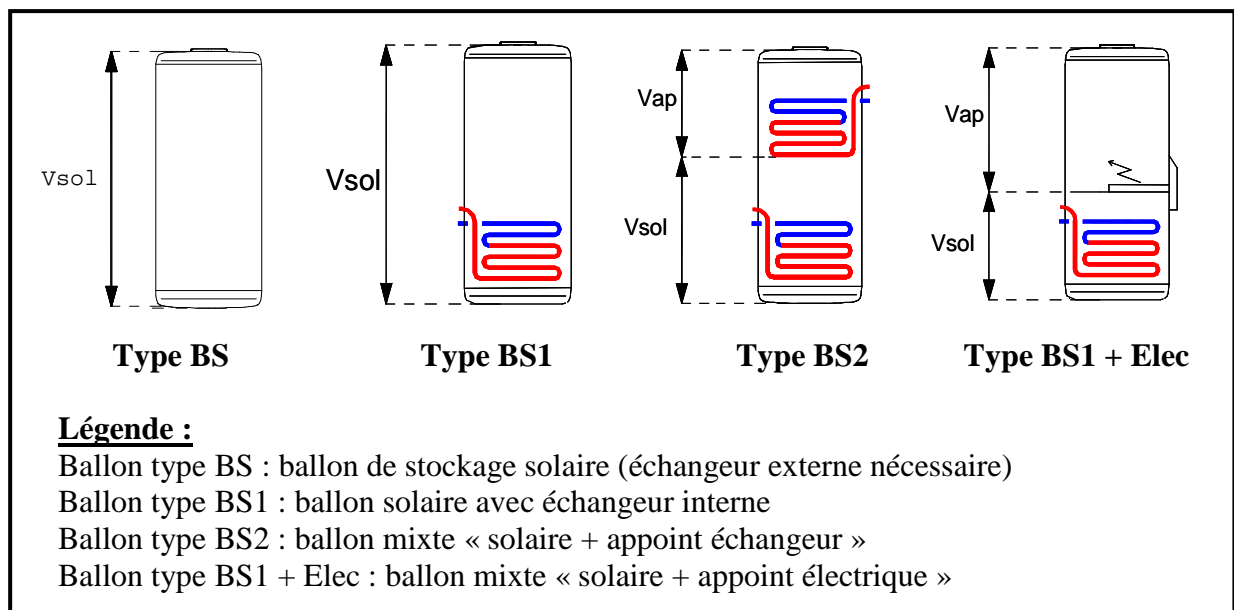


Schéma III/11 – Les différents types de ballons solaires

Ballon type BS ...

Le ballon de stockage solaire de type BS associé à un échangeur externe a une capacité nominale qui profite pleinement au stockage solaire. Ce principe est adaptable à tout type d'installation avec de faible comme d'importante surface de capteurs. Un seul échangeur peut alimenter plusieurs ballons de stockage solaires raccordé en série.

Ballon type BS1 ...

L'installation peut se simplifier, on peut diminuer la surface au sol et l'investissement, en optant pour un ballon solaire avec échangeur interne de type BS1. Près de 40 m² peuvent être associés à la plus grosse capacité de 2000 litres, et cette surface peut doubler en raccordant deux ballons en parallèle.

Les capacités des ballons BS1 sont limitées à 2000 litres pour conserver un bon compromis capacité/performance.

En effet, le fait qu'à puissance égale le volume occupé par un serpentin est plus important que celui d'un échangeur à plaques, a des conséquences. Pour conserver une bonne efficacité, il faut que le serpentin ne réduise pas de trop le volume solaire disponible, qu'il soit placé au plus bas de la cuve et qu'il occupe une hauteur la plus faible possible afin de baigner dans l'eau la plus froide pour conserver un échange optimum.

Ballon type BS2 ou BS1 + Elect ...

Destinés aux installations solaires de petites tailles, les ballons mixtes solaires de type « BS2 ou BS1 + Elec » permettent de gagner davantage en surface au sol et en investissement car l'appoint est intégré.

Mais attention, leur capacité nominale ne correspond pas au volume solaire, ce dernier s'arrête là où commence le volume d'appoint ! On raccordera donc un nombre de capteurs inférieur.

Avec ces ballons, le transfert de l'énergie solaire vers l'énergie d'appoint est continu et s'effectue par stratification naturelle (Cf. schéma III/12, figure B), contrairement à un ballon solaire et un ballon d'appoint séparés où un soutirage est nécessaire (Cf. schéma III/12, figure A).

Les ballons mixtes peuvent donc emmagasiner plus d'énergie solaire. La partie appoint des ballons mixtes doit être prévue pour satisfaire 100% des besoins ECS, sans tenir compte des apports solaires qui sont parfois nuls au cours de la saison (Cf. le chapitre suivant « L'appoint »).

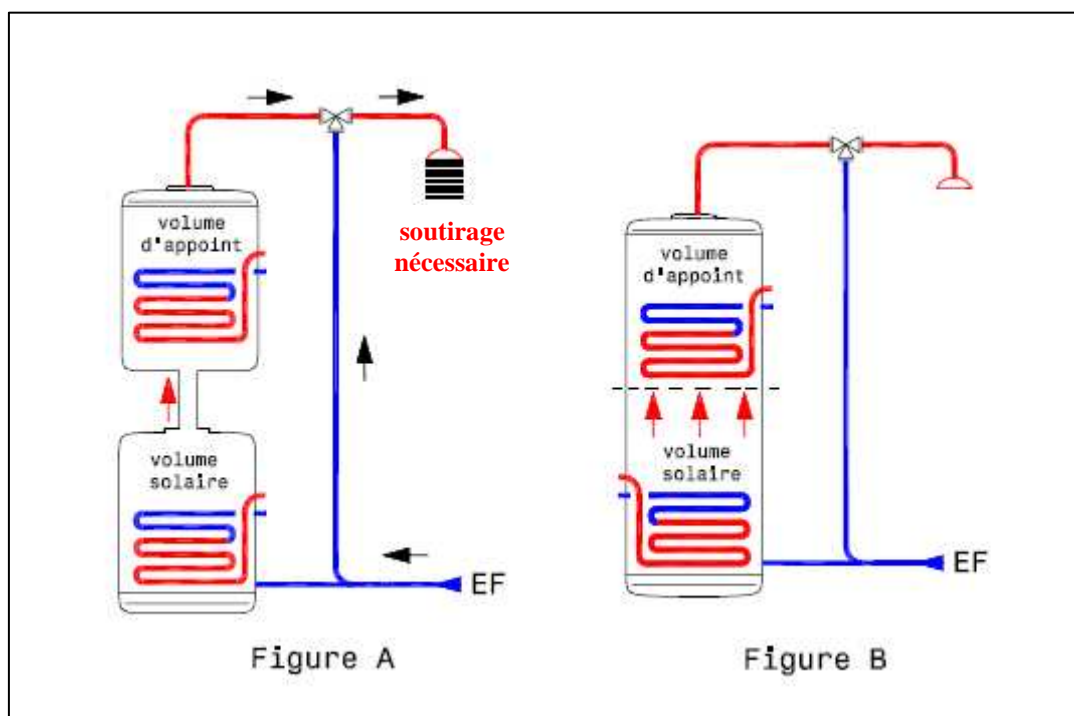


Schéma III/12 – Transfert d'énergie entre un ballon mixte et deux ballons séparés

➤ Raccordement de plusieurs ballons solaires

Au-delà d'une certaine capacité solaire, ou pour des contraintes de hauteur sous plafond du local technique, le volume solaire journalier ne peut-être contenu dans un seul ballon.

Raccordement des ballons solaires à échangeur externe ...

Concernant les ballons de type BS, il convient de les connecter en série, afin de garantir une stratification optimum (Cf. schéma III/13). Cela revient « à empiler » les ballons les uns sur les autres comme s'il n'y en avait qu'un seul. Par principe, quelque soit le nombre de ballons connectés, le ballon où arrive l'eau froide est le plus froid, celui où arrive la sortie de l'échangeur à plaques est le plus chaud.

Le raccordement hydraulique entre les ballons ne doit surtout pas être équipé de clapet anti-retour car dans cette tuyauterie le fluide est amené à circuler dans les deux sens selon si on se trouve dans une phase de charge des ballons ou une phase de soutirage.

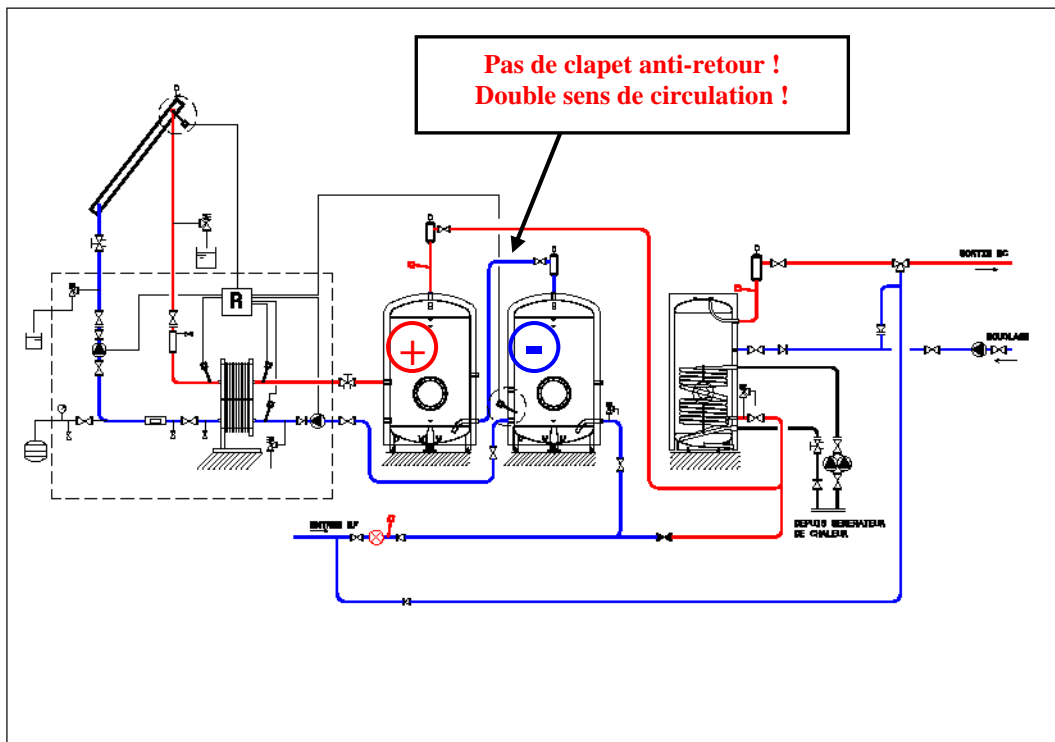


Schéma III/13 – SCC avec 2 ballons de stockage solaires

Raccordement des ballons solaires à échangeur interne ...

En présence de ballons de type BS1 ou BS2, il est préférable de les connecter en parallèle au niveau primaire et secondaire, afin que les échangeurs solaires situés dans le bas des ballons « baignent » dans l'eau la plus froide possible, optimisant ainsi l'échange (Cf. schéma III/14). Sur chaque ballon, il faudra prévoir des organes d'équilibrages tant au niveau primaire (A) que secondaire (B) et une soupape de sécurité (C) en cas d'isolement de celui-ci.

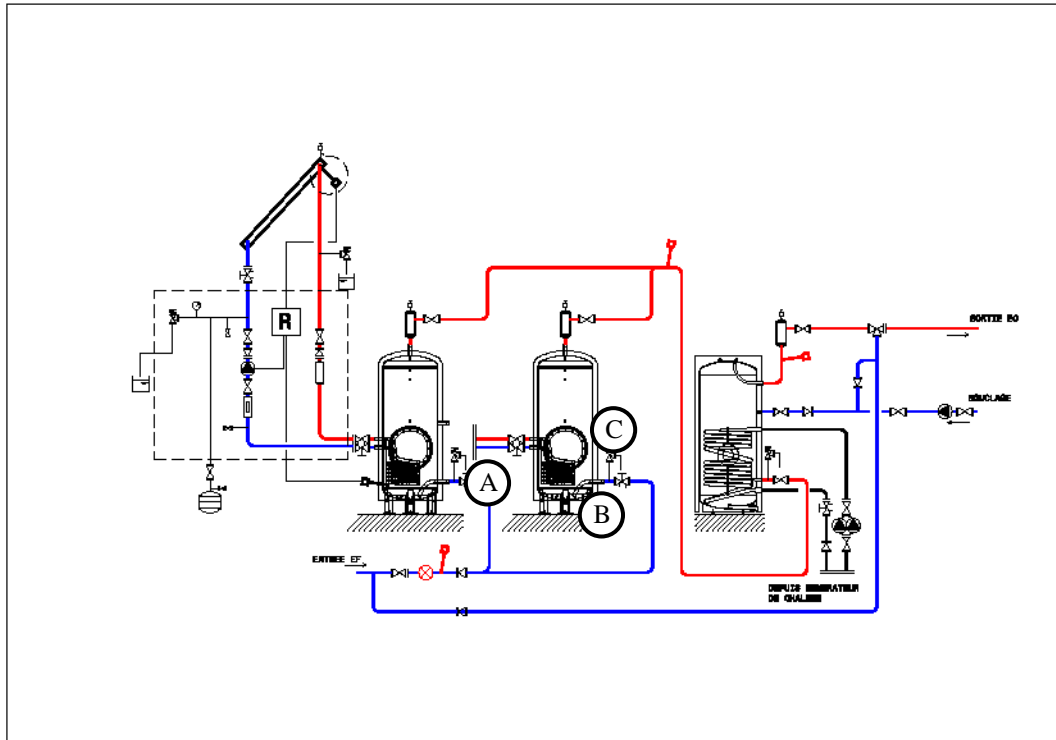


Schéma III/14 – SCC avec 2 ballons solaires à échangeur interne

Encadré 3 : Conséquences de la variation du volume de stockage solaire

L'installation solaire dans un hôtel 3 étoiles de 45 chambres située à Lyon présente les caractéristiques suivantes :

- consommation journalière de 3825 litres
- 74 m² brut de capteurs inclinés à 45° plein Sud
- stockage solaire de 4000 litres

En faisant varier seulement le volume de stockage solaire, on constate sur le **schéma 3/1** ci-dessous que l'optimum est atteint vers les 4000 litres, ce qui correspond à un ratio de 54 l/m² de capteurs.

Avec un volume inférieur, on voit la productivité annuelle chuter significativement.

Avec un soutirage bien étalé pendant la période d'ensoleillement, il n'y a pas de risque de surchauffe car son volume ne cesse de se régénérer. Cela peut être différent si le soutirage ne se produit qu'en fin de journée par exemple.

Avec un volume supérieur, la productivité annuelle a tendance à chuter à nouveau, l'investissement n'est pas rentable.

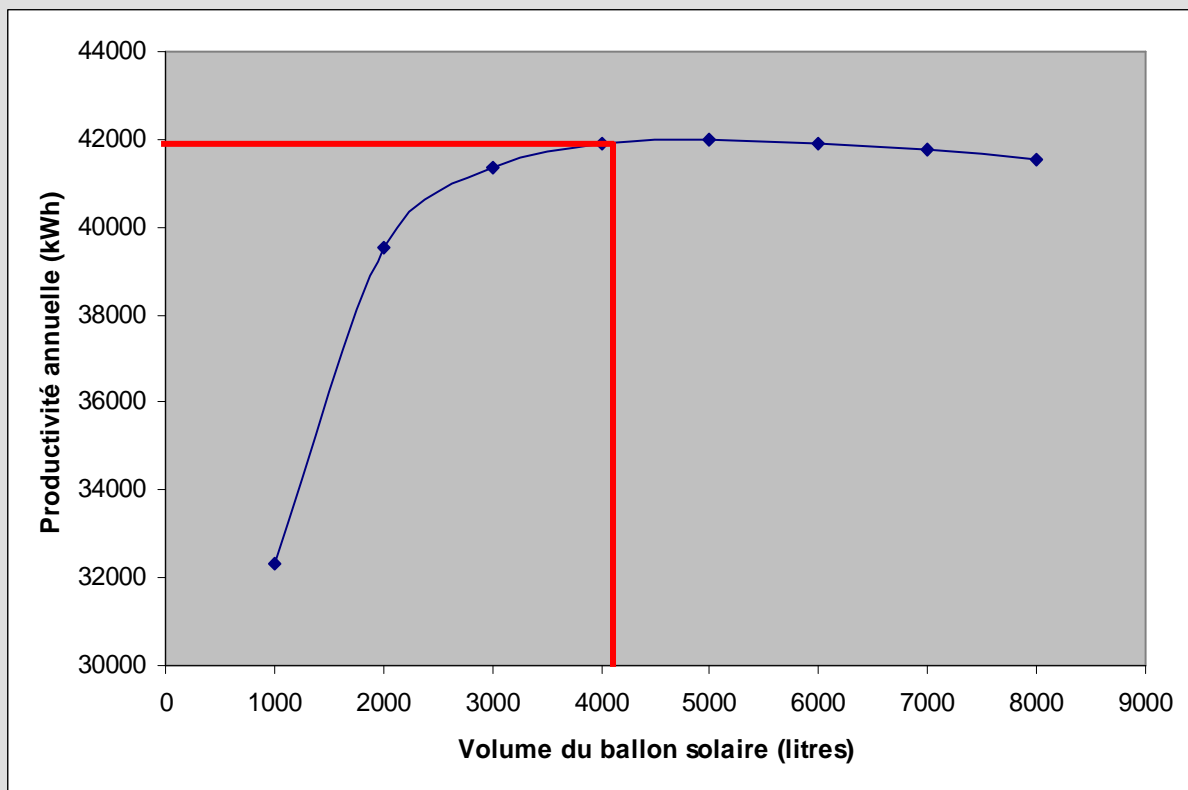


Schéma 3/1 – Variation du volume solaire

L'appoint ⁽¹¹⁾

Il est raccordé en série avec le stockage solaire, il doit donc résister à des températures élevées. Dans le cas contraire, il faudra prévoir un mitigeur spécifique solaire sur son entrée d'eau, réglé à la température maximale qu'il peut accepter.

Une soupape de sécurité sanitaire ⁽¹²⁾ - qui résiste aux températures élevées de sortie des ballons solaires - doit être mise en place sur son entrée eau froide en s'assurant qu'elle ne puisse être isolée de la source de production de chaleur.

Le dimensionnement de l'appoint doit être prévu pour satisfaire 100% des besoins ECS, sans tenir compte des apports solaires qui sont parfois nuls au cours de la saison. Cela consiste à

sélectionner un produit dont le rapport volume/puissance permet de satisfaire le besoin d'eau chaude sanitaire le plus contraignant soit :

- en instantané, semi-instantané ou semi accumulé : le débit de pointe et le débit horaire
- en accumulé : un volume correspondant au minimum aux besoins totaux journaliers et une puissance permettant de le réchauffer sur une période définie

Lors d'une intervention sur le volume de stockage solaire, la vanne (13) normalement fermée permet de le by-passer et utiliser ainsi l'appoint en venant directement l'alimenter avec le réseau d'eau froide.

Encadré 4 : Particularité d'un appoint électrique par accumulation

Pour stocker la totalité des besoins d'eau chaude sanitaire journaliers, plusieurs ballons peuvent être nécessaires, il convient alors de prévoir un local technique d'une dimension adaptée.

Afin de garantir une stratification optimum, il est préférable de raccorder les ballons en série.

Cela revient « à empiler » les ballons les uns sur les autres comme s'il n'y en avait qu'un seul.

Par principe, quelque soit le nombre de ballons connectés, le ballon où arrive l'eau préchauffée solaire est le plus froid, celui où est connecté le départ ECS, est le plus chaud (Cf. schéma 4/1).

Pour combattre les déperditions du bouclage ECS, il est préférable de prévoir un réchauffeur de boucle électrique autonome (A) comme représenté sur le schéma 4/1.

Il permet d'éviter un débit de retour plus froid dans le volume d'appoint au risque de « casser » sa stratification et ne plus assurer les 55°C minimum imposé à sa sortie.

Les vannes (B) normalement fermées permettent de by-passer un ballon d'appoint en cas d'intervention.

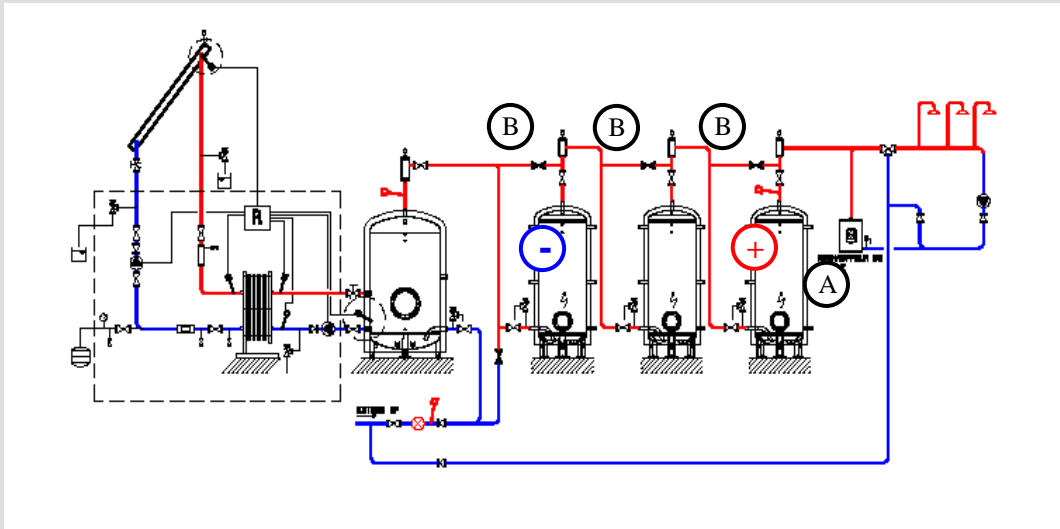


Schéma 4/1 – SCC avec 3 ballons d'appoint électrique

Le dimensionnement du volume d'appoint en accumulé doit correspondre au minimum au besoin d'eau chaude sanitaire journalier le plus fort de l'année. En effet, les résistances ne sont pas dimensionnées pour chauffer rapidement jusqu'à la consigne un manque de volume. Dans ce cas là, il est difficile de maintenir les 55°C en continu à la sortie de l'appoint et satisfaire l'arrêté du 30 novembre 2005 (résumé dans le chapitre V ci-après).

Pour éviter ce risque, les ratios de dimensionnement ou méthodes de calculs donnés par les organismes comme Promotelec ou Qualitel peuvent être majorés.

Le mitigeur thermostatique ⑭

Sur une installation solaire, la température en sortie du ballon d'appoint peut être élevée (>80°C). Pour éviter tout risque de brûlure, le ou les mitigeurs thermostatiques situés entre l'appoint et les différents points de puisage devront être équipés d'une cartouche thermostatique spécifique solaire pour résister à de hautes températures.

La tuyauterie de distribution ECS

La tuyauterie ⑮ située à la sortie de l'appoint est généralement en cuivre (ou en acier noir pour les diamètres importants) de façon à pouvoir résister à des températures élevées. Celle située après le mitigeur thermostatique ⑯ est protégée par la température de consigne de celui-ci. La distribution peut être réalisée en cuivre ou en PER.

Chapitre IV - Les réponses à la surchauffe

IV - 1 - Définition

La surchauffe est un phénomène que l'on peut rencontrer sur une installation solaire lors de périodes de fort ensoleillement pour au moins deux raisons principales :

- lorsque l'énergie solaire récupérée n'est plus transmise au volume de stockage solaire, en cas de panne de la pompe, d'encrassement de l'échangeur, ou tout simplement de panne électrique ;
- lorsque l'énergie solaire récupérée n'est pas « consommée », en cas de période d'inoccupation du bâtiment, ou de surdimensionnement de l'installation solaire par exemple.

La surchauffe se traduit par une montée en température dans les capteurs jusqu'à ce que le fluide glycolé se vaporise et chasse la partie liquide vers le vase d'expansion. Le fluide glycolé reprendra sa place seulement au refroidissement de l'installation solaire, soit à la disparition du soleil. Le fonctionnement ne reprendra pas avant la prochaine période d'ensoleillement.

Si le vase n'a pas été correctement dimensionné et ne peut absorber tout le volume de fluide nécessaire, la pression augmente dans l'installation jusqu'à dépasser le tarage de la soupape de sécurité qui s'enclenche. Au refroidissement de l'installation, une intervention est nécessaire car l'installation est en panne par manque de fluide. Pour éviter d'intervenir après chaque phase de surchauffe, il faudra envisager l'augmentation du volume du vase d'expansion.

Pendant chaque phase de surchauffe, les capteurs « vidangés » atteignent leur température de stagnation généralement aux alentours des 200°C.

Si le phénomène est répétitif, les composants d'installation peuvent se détériorer plus rapidement, et le fluide glycolé s'altérer prématurément.

Après des phases de surchauffe, l'exploitant devra veiller à ce que :

- les raccords et les composants ne présentent pas de fuites
- les organes liés au bon fonctionnement et la sécurité de l'installation fonctionnent parfaitement (vase et soupape)
- le fluide glycolé est conservé ses caractéristiques (pH et point de congélation), dans le cas contraire il faudra vidanger et nettoyer l'installation (recycler le fluide) avant d'effectuer un nouveau remplissage.

Dans ces conditions, l'amortissement de l'installation solaire devient critique.

Il faut donc prendre toutes les mesures nécessaires dès les phases dimensionnement et conception pour éviter de se retrouver dans de telles situations.

IV - 2 - Les réponses à la surchauffe

Pour éviter la surchauffe, il est donc impératif de respecter quelques règles fondamentales en considérant les préconisations et étapes suivantes :

Etape 1 - Le dimensionnement

Il faut veiller dès la conception au bon dimensionnement de l'installation solaire. Il faut se fixer ou récupérer auprès du maître d'ouvrage les hypothèses de consommations annuelles d'eau chaude sanitaire les plus proches de la réalité.

Contrairement à l'appoint qui doit être dimensionné pour satisfaire le jour où les besoins ECS sont les plus importants, une installation solaire est dimensionnée pour satisfaire un besoin moyen journalier, le besoin solaire. Il tient compte de la période où la récupération est la plus forte, et l'occupation la plus faible.

Après avoir défini le besoin solaire, une installation correctement dimensionnée devrait respecter les caractéristiques suivantes :

- un volume de stockage solaire correspondant au minimum au besoin solaire journalier avec un ratio de 50 litres/m² de capteurs en moyenne
- les taux de couverture mensuels que l'on retrouve dans l'étude solaire ne devraient pas excéder les 85%
- la productivité annuelle par m² de surface utile de capteurs devrait se situer au minimum dans une fourchette de 450 à 650 kWh/m²

Etape 2 - L'inclinaison des capteurs

Ce paramètre est à figer dès la conception, en fonction de l'utilisation, des périodes d'inoccupations, voire de faibles fréquentations du bâtiment.

Considérant qu'un capteur a une productivité annuelle optimum lorsque son inclinaison est proche de 45°, et qu'elle peut diminuer de 5% pour un angle compris entre 15 et 60°, deux cas de figures se présentent (cf. **Encadré 2**) :

- une inclinaison des capteurs supérieure à 45°, diminuera la récupération estivale où le soleil est plus haut, et favorisera la récupération hivernale. Cette solution peut être retenue pour un bâtiment à moindre occupation durant l'été comme certains hôtels en station de ski par exemple.
- une inclinaison des capteurs inférieure à 45°, diminuera la récupération hivernale où le soleil est plus bas, et favorisera la récupération estivale. Cette solution peut être retenue pour un bâtiment où l'occupation est la plus forte durant l'été comme certaines résidences de vacances près de la mer par exemple.

Pour des bâtiments tels des maisons de retraite où les besoins ECS sont constants et réguliers sur l'année, une inclinaison des capteurs à 45° restera optimum.

Etape 3 – Le kit bouclage solaire

Avant d'enclencher des modes de décharge, consommateurs d'énergie primaire et détaillés dans les étapes suivantes, il existe une solution à privilégier et à prévoir systématiquement sur les installations Solaires Collectives Centralisées (SCC) : le kit bouclage solaire (cf. **Encadré 5**).

Il permet de décharger l'excès d'énergie solaire pendant les périodes de non soutirage tout au long de la journée.

Encadré 5 – Optimisation d'une installation SCC : le kit bouclage solaire

Dissiper l'excès d'énergie solaire dans la nature au travers des capteurs ou d'un système de décharge extérieur n'est pas optimum et représente un coût d'énergie primaire !

Avant d'en arriver là, il existe une solution à privilégier : le kit bouclage solaire (Cf. schéma 5/1). Elle permet de diminuer la consommation d'énergie de l'appoint, d'améliorer la productivité solaire, et de plus, elle est simple à mettre en œuvre et à moindre investissement.

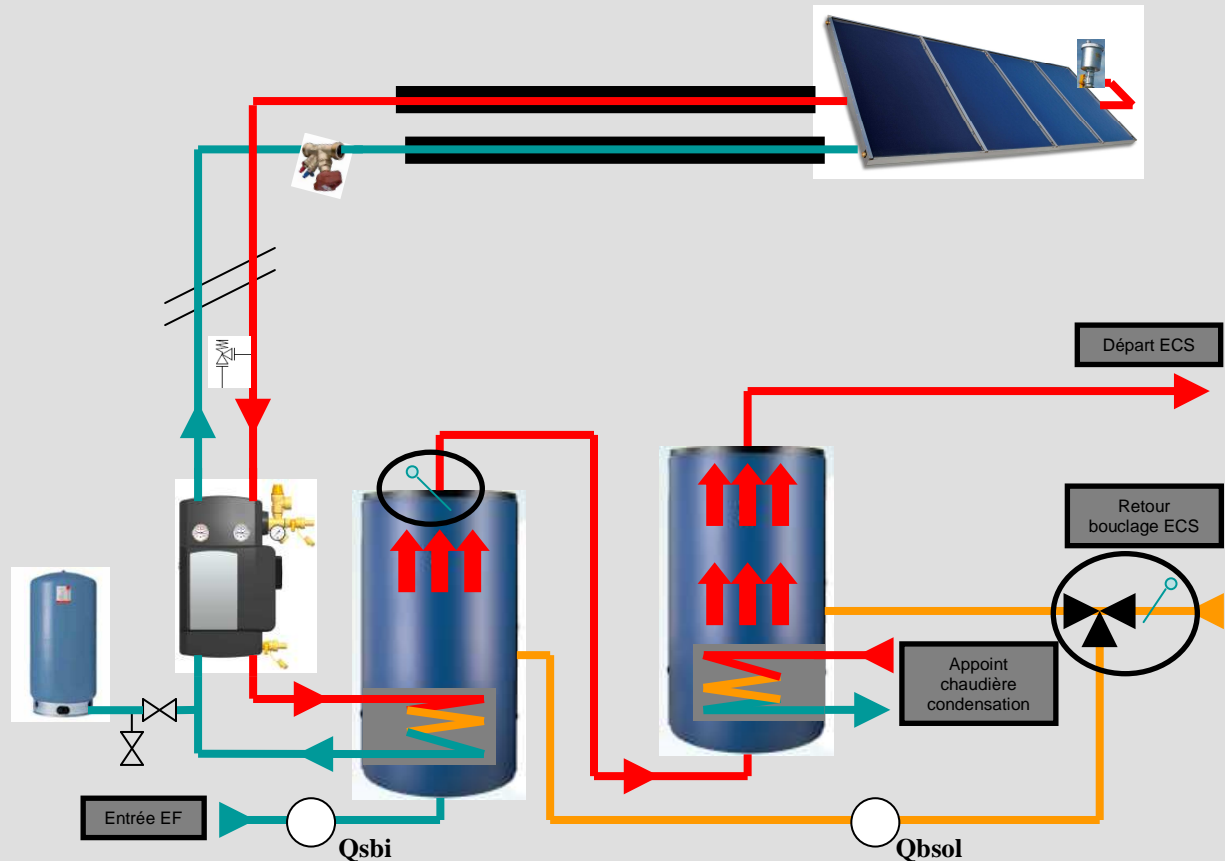


Schéma 5/1 – SCC avec kit bouclage solaire

Pendant les périodes d'ensoleillement et de non soutirage, le bouclage ECS est dévié vers le ballon solaire (via la vanne trois voies) si ce dernier stocke de l'énergie en excès (température ballon solaire > température retour bouclage ECS). La quantité d'énergie récupérée peut alors compenser tout ou partie des déperditions du bouclage d'eau chaude sanitaire et du ballon de stockage ECS, auxquelles doit faire face habituellement l'appoint.

Pour un faible investissement supplémentaire (une vanne trois voies et deux sondes), cette option est très appréciable pendant ces périodes critiques car elle revient finalement à réduire la surface des capteurs. Non seulement la consommation de l'appoint est réduite mais la productivité solaire est améliorée. En effet, le ballon solaire travaillant à une température moyenne inférieure, ses déperditions sont moindres, et le rendement des capteurs supérieurs.

En présence d'un comptage d'énergie sur le ballon solaire Qbsi (Cf. schéma 5/1, sondes entrée/sortie ballon solaire non représentées), l'ajout d'un comptage Qbsol avec le kit bouclage solaire s'avère absolument nécessaire. Dans le cas contraire, la productivité solaire mesurée serait inférieure à la réalité, puisque l'énergie puisée dans le ballon solaire pendant les périodes de non soutirage n'aura pas été comptabilisée.

Nota : le kit bouclage solaire n'est pas à prévoir en présence d'un ballon mixte « solaire + appoint », et d'un bouclage d'eau chaude sanitaire qui revient dans la partie appoint, le transfert d'énergie du volume solaire vers le volume d'appoint s'effectuant en continu par stratification naturelle.

Etape 4 - Les modes anti-surchauffe de la régulation solaire

Si l'option bouclage solaire n'a pas suffi pour décharger la totalité de l'excès d'énergie, il faut prévoir une régulation qui intègre et enchaîne les 3 modes anti-surchauffe décrit ci-après. Ils s'avèrent être efficaces pour permettre à l'installation solaire de passer la période de fort ensoleillement.

- 1 - le mode de refroidissement du ballon solaire** – plus communément appelé refroidissement nocturne - consiste à dissiper l'excès d'énergie solaire accumulé dans le ballon solaire au travers des capteurs. Ce mode s'enclenche dès lors que le ballon solaire atteint une température supérieure à sa consigne et que la température des capteurs est inférieure ;
- 2 - le mode refroidissement des capteurs** consiste à dissiper l'excès d'énergie solaire accumulé dans les capteurs au travers du ballon solaire. Ce mode s'enclenche dès lors que les capteurs atteignent une température excessive (consigne ajustable) et que la température du ballon solaire est comprise entre sa consigne et sa température maximale ;
- 3 - le mode de protection du circuit capteurs** consiste à interdire le fonctionnement de la pompe lorsque le seuil maximum de température dans les capteurs est atteint. Cela permet de protéger d'une température excessive les autres composants du circuit. Dans le cas d'une installation surdimensionnée, la température capteurs peut continuer à augmenter jusqu'à atteindre la température de vaporisation du fluide glycolé. On passe alors en surchauffe, à moins que le mode décharge capteurs décrit dans l'étape suivante ait été prévu ...

Etape 5 - Le mode décharge capteurs

Cette option est l'ultime recours et c'est la garantie pour une installation solaire de ne pas monter à des températures déraisonnables (sauf en cas de pannes électriques ou de mauvais entretien de la pompe ou de l'échangeur du circuit « décharge capteurs »), et donc ne pas se dégrader ou altérer prématurément le fluide glycolé.

Cette option est une solution pour répondre au cas d'une installation solaire surdimensionnée, ou placée sur un bâtiment inapproprié, avec des périodes d'inoccupations sans soutirage pendant une partie de la période estivale, notamment dans les écoles ou dans certains gymnases.

Ainsi, au-delà d'un seuil de température atteint dans le ballon solaire et les capteurs, l'option décharge capteurs consiste à ne plus diriger les calories vers le ballon solaire, mais à les évacuer.

Plusieurs types de décharge sont possibles, et consistent à :

- soit évacuer l'excès de calories solaires à l'extérieur, au travers d'une boucle de décharge aérotherme, radiateur, ou enterrée dans le sol par exemple ;
- soit récupérer l'excès de calories solaires pour préchauffer l'eau d'une piscine par exemple (= énergie valorisée).

Il est évident que les décharges qui consistent à valoriser l'excès d'énergie solaire sont à privilégier, plus que celles qui consistent à l'évacuer vers l'extérieur en consommant de l'énergie primaire !

Remarque : le fait de prévoir une décharge sur le circuit capteurs contribue à augmenter le volume de fluide glycolé de l'installation. Il faudra veiller à tenir compte de ce volume supplémentaire lors du dimensionnement du vase d'expansion.

IV - 3 - Conclusions

L'association et la prise en compte des diverses préconisations, du kit bouclage solaire, et des différents modes de régulation cités précédemment, doivent permettre à l'installation solaire de passer la période de fort ensoleillement sans déclencher la phase surchauffe.

Nous avons rencontré des exploitants qui ont mis en place des solutions qui permettent de motoriser l'orientation des capteurs afin d'optimiser la récupération ou occulter tout ou partie de leur surface, ceci reste valable à condition que se soit rentable ...

Chapitre V - Les réponses relatives à la prévention du risque lié aux légionelles

Encadré 6 - Définitions / Rappels : la légionellose

La légionellose est une infection respiratoire provoquée par la bactérie du genre *Legionella* qui se développe dans les milieux aquatiques naturels ou artificiels. Les sources de contamination le plus souvent incriminées sont les installations dont la température de l'eau est comprise entre 25 et 42°C et qui produisent des aérosols (Cf. schéma 6/1).

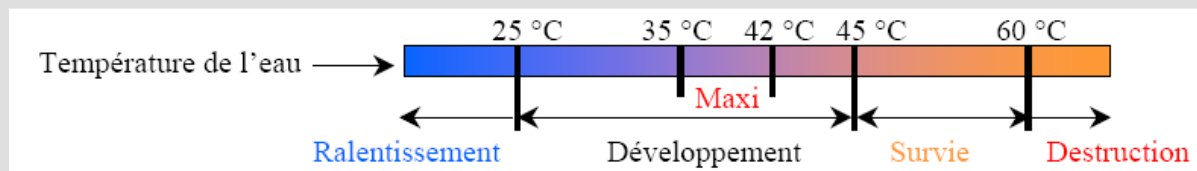


Schéma 6/1 - Conditions de vie et développement de la bactérie *Legionella*

Pour limiter le développement des légionelles, il convient de mettre en place les actions préventives suivantes :

- éviter la stagnation de l'eau et en assurer une bonne circulation (bouclage ECS);
- lutter contre l'entartrage et la corrosion par une conception et un entretien adaptés à la qualité de l'eau et aux caractéristiques de l'installation ;
- maintenir l'eau à une température élevée dans les installations, depuis la production et tout au long des circuits de distribution et mitiger l'eau au plus près des points d'usages.

Ces actions permettent de limiter voire supprimer la nécessité de réaliser des interventions curatives (chocs chlorés ou chocs thermiques) qui ne garantissent pas une réduction durable de la contamination. En outre, de telles mesures peuvent avoir parfois pour conséquences un déséquilibre de la flore microbienne et la dégradation des installations, favorisant ainsi la création de nouveaux gîtes favorables à la prolifération des légionelles.

Source circulaire DGS du 28/10/2005 et arrêté du 30/11/2005

V - 1 – Les textes réglementaires

Les arrêtés et circulaires relatifs à la prévention du risque lié aux légionelles sont les suivants.

V - 1.1 – Résumé et conséquences de l'arrêté du 30/11/2005 relatif aux installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments d'habitation, les locaux de travail ou les locaux recevant du public. Cet arrêté complet est consultable sur internet : www.sante.gouv.fr.

Afin de limiter le risque de brûlure ...

- T° = 50°C aux points de puisage des pièces destinées à la toilette
- T° = 60°C max. autre pièces
- T° = 90°C max. cuisines, buanderies ERP

Afin de limiter le risque lié au développement des légionelles ...

A respecter dans les 24h précédent un soutirage :

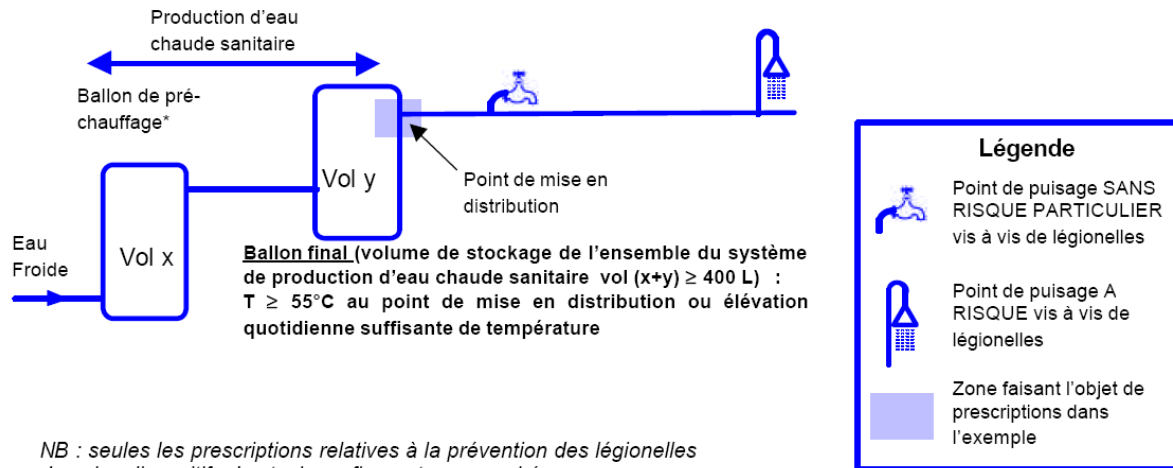
- **Si volume d'eau > 3 litres** (~ 15m DN15) entre point de mise en distribution et point de puisage le plus éloigné : **T° = 50°C min.** en tout point du système de distribution
- **Si le volume total des équipements de stockage ≥ 400 litres** à l'exclusion des ballons de préchauffage :
 - soit **T° ≥ 55°C** en permanence à la sortie des équipements de stockage
 - soit **choc thermique 1x/24h** (2' 70°C, 4' 65°C, 60' 60°C)

→ conséquences :

- dans les installations collectives, on dépasse facilement, dans les canalisations, des volumes d'eau > à 3 litres, le bouclage d'eau chaude sanitaire devient alors obligatoire, il peut le devenir aussi dans les logements ;
- pour assurer une T° de 55°C à la sortie du stockage, il convient de stocker l'eau à une température encore supérieure, et de disposer judicieusement le retour de boucle ECS (qui doit revenir au minimum à 50°C), pour ne pas casser la stratification ;
- il devient nécessaire de disposer d'organes supplémentaires (limiteurs de température, ...) entre le réseau de distribution qui doit avoir un départ à 55°C minimum et les pièces destinées à la toilettes où l'eau ne doit pas être distribuée à plus de 50°C ;
- comme précisé dans **l'encadré 6**, il faut privilégier les traitements préventifs aux traitements curatifs : le maintien continu en température des volumes de stockage (> 55°C) est préférable aux chocs thermiques.

V - 1.2 – Résumé et conséquences de la circulaire du 3/04/2007 relative à la mise en œuvre de l'arrêté du 30/11/2005. Cette circulaire complète est consultable sur internet : www.sante.gouv.fr (Cf. schéma V/1).

Illustration n° 3 : Ballons de stockage en production avec maintien de température dans le ballon le plus en aval



*Les prescriptions de l'arrêté ne s'appliquent pas à la sortie du ballon de préchauffage.

Schéma V/1 – Cas d'un ballon solaire et d'un ballon d'appoint

→ conséquences :

Cette circulaire impacte directement les systèmes de préchauffage, ou de récupération d'énergie (solaire ou à condensation).

Sur une installation solaire, on ne doit plus considérer seulement le volume du ballon d'appoint collectif situé en chaufferie, ou individuel situé dans chaque logement, mais venir ajouter celui du ballon solaire en amont.

Dans ce cas de figure, le volume des 400 litres est très vite atteint, et l'arrêté du 30/11/2005 doit être respecté en tout point.

Il faut donc prêter une attention particulière au dimensionnement des ballons d'appoint électrique, qui ne disposent pas d'une puissance de résistance suffisante pour régénérer rapidement leur température.

V - 1.3 – Résumé et conséquences de la circulaire du 28/10/2005 relative aux installations d'eau chaude sanitaire dans les établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées. Cette circulaire complète est consultable sur internet : www.sante.gouv.fr.

Cette circulaire est composée de 4 fiches de recommandations.

La fiche n°1 est la plus intéressante car les recommandations concernent directement la conception et la maintenance des installations de distribution d'eau chaude.

Ce qu'il faut retenir vis-à-vis des réservoirs de stockage d'eau chaude, où l'eau peut être préchauffée à l'aide d'un système de récupération d'énergie tel le solaire :

- à la conception, il faut préférer les dispositifs par échanges thermiques ;
- il faut supprimer tous les stockages d'eau préchauffés ou non à une température inférieure à 55°C .

→ conséquences :

Dans ces établissements, il faut séparer le circuit solaire du circuit sanitaire par un échangeur à plaques instantané. Cela correspond au kit anti-légionellose détaillé dans l'encadré 7.

Encadré 7 – Le kit anti-légionellose

Le risque de développement des légionelles, lié aux températures variables du stockage solaire, est à prendre en compte dès la conception selon la destination du bâtiment, ou pour répondre à des exigences particulières.

C'est le cas des établissements sociaux ou médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées qui doivent respecter la **circulaire du 28/10/2005**;

La solution qui permet d'y répondre est le « kit Anti-Légionellose » représenté sur le **schéma 7/1** ci-dessous.

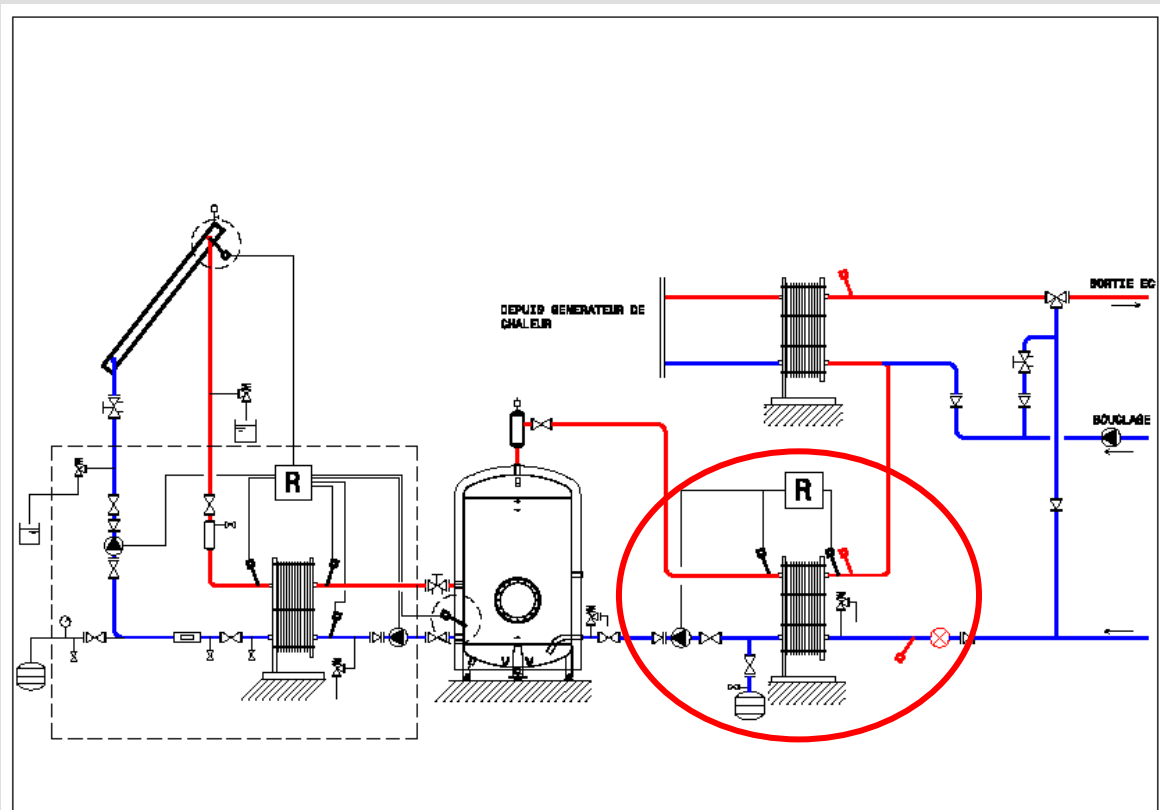


Schéma 7/1 – SCC avec kit anti-légionellose

Ce type de raccordement permet d'éviter tout risque de développement des légionelles au contact du stockage solaire en le séparant du circuit sanitaire par un échangeur à plaques.

Dans cette logique, il est préférable de privilégier une production d'ECS instantanée (sans stockage).

En effet, rien ne nous assure que le débit traversant un ballon d'appoint resterait suffisamment longtemps dans le stockage à une température nécessaire pour éliminer les légionelles.

L'avantage de disposer d'un échangeur dédié et qui échange directement avec l'alimentation d'eau froide permet de récupérer la moindre calorie dans le ballon solaire en présence d'un soutirage. En effet la température d'alimentation d'eau est toujours inférieure à celle en position haute du ballon.

Par ailleurs, le fait de créer un circuit supplémentaire génère une baisse de la productivité solaire. Pour la limiter la température d'entrée dans le ballon solaire doit être au plus proche de celle de l'alimentation d'eau froide. Pour cela, il faut veiller à respecter les deux points suivants :

→ dimensionner l'échangeur à plaques en tenant compte des caractéristiques ci-dessous :

- température entrée primaire 50°C maximum
- pincement de 5°C maximum entre température entrée primaire et sortie secondaire ;
- pertes de charges primaire/secondaire de 2 mCE maximum
- équidébit primaire/secondaire avec un débit correspond au débit de pointe ECS

→ utiliser un principe de régulation adapté en tenant compte au minimum :

- de l'enclenchement de la pompe primaire seulement en présence d'un débit ECS au secondaire pour éviter de perturber la stratification du ballon solaire et limiter les pertes par l'échangeur à plaques
- en présence du kit bouclage solaire (cf. Encadré 5), d'enclencher la pompe primaire lorsque le débit de bouclage ECS arrive sur l'échangeur anti-légionellose (Cf. schéma 7/2)

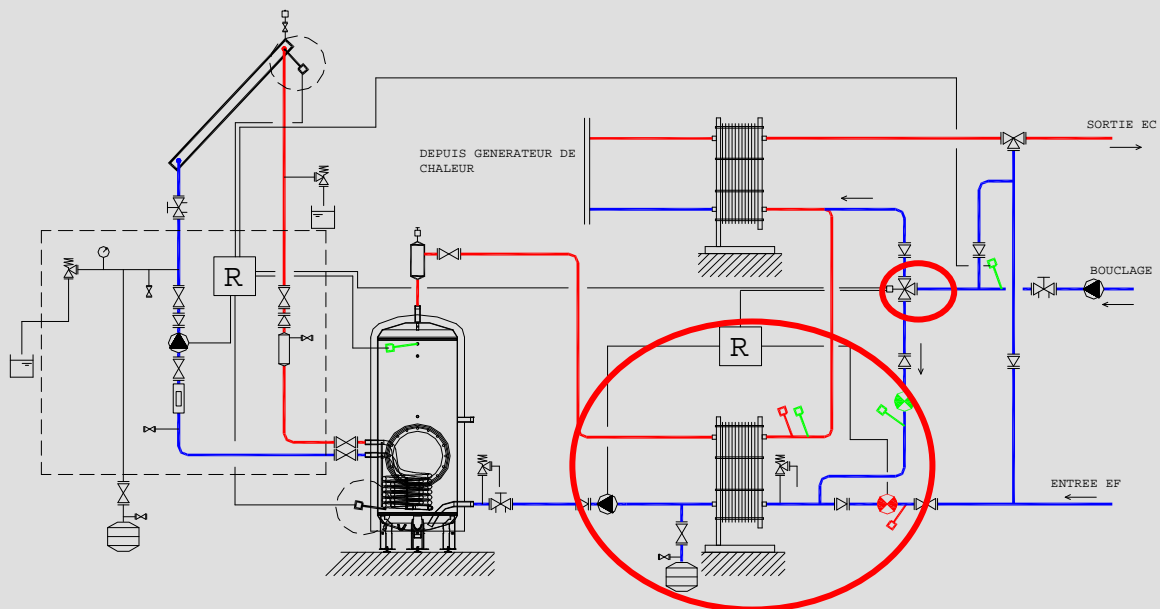


Schéma 7/2 – SCC avec kit anti-légionellose et bouclage solaire

A noter : quelque soit les solutions proposées, privilégier les systèmes qui permettent :

- d'avoir une température d'entrée dans le ballon solaire toujours inférieure à celui-ci et la plus faible possible
- de récupérer en continu sur l'année la moindre calorie dans le ballon solaire

Dans le cas contraire, la productivité solaire risque de fortement se dégrader au point de remettre en cause l'intérêt même du solaire ...

V - 1.4 – Résumé de l'arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire. Cet arrêté complet est consultable sur internet : www.sante.gouv.fr.

Ce texte relatif à la surveillance des légionelles pour les installations ECS listées ci-avant, et possédant des points d'usage à risque.

Il est applicable à partir du 1/07/2010 au 1/01/2012 selon le type de bâtiment concerné.

Les bâtiments concernés sont les suivants : établissements de santé, sociaux médico-sociaux, pénitentiaires, hôtels, résidences de tourisme, campings et autres établissements ERP.

Il est obligatoire de mettre en place une surveillance comprenant des mesures de températures et des campagnes d'analyses de légionelles réalisées par un laboratoire accrédité.

Le seuil *Legionella pneumophila* à ne pas dépasser est de 1000 unités formant colonie par litre.

V - 2 – Actions préventives vis-à-vis des installations Solaires Collectives

Les ballons de stockage solaires sont soumis à des températures variables pouvant aller d'une plage de 5 à 95°C, et peuvent donc être un lieu où se développe la légionellose.

Pour limiter le développement des légionelles dans les installations de production d'eau chaude sanitaire solaire, quelques actions préventives supplémentaires sont à prendre en considération :

- la légionelle est présente dans l'eau froide. Pour qu'elle ne se développe pas, il faut que la température d'eau n'excède pas 20°C. Par conséquent, il convient d'isoler séparément les canalisations d'eau froide et d'eau chaude ;
- lutter contre l'entartrage et la corrosion par une conception et un entretien adaptés à la qualité de l'eau et aux caractéristiques de l'installation ;
- privilégier donc les traitements préventifs aux traitements curatifs : le maintien continu en température des volumes de stockage (> 55°C) est préférable aux chocs thermiques ;
- veiller à ce que les volumes de stockage solaire se régénèrent le plus souvent possible, éviter dans ce cas les bâtiments avec de longues périodes d'inoccupations surtout lorsque le ballon est soumis à une température ambiante supérieure à 25°C ;
- s'assurer que le débit qui provient du ballon solaire et qui traverse l'appoint reste suffisamment longtemps dans le stockage et à la température nécessaire pour éliminer les légionelles (2' à 70°C, 4' à 65°C ou 60' à 60°C) ;
- il est possible de séparer le circuit solaire du circuit sanitaire par un échangeur à plaques instantané à l'aide du kit anti-légionellose. Le fait d'y associer un appoint instantané, élimine le point de vigilance précédent.

Chapitre VI - De l'évaluation des besoins solaires à l'étude solaire

VI – 1 - Le dimensionnement solaire

Le **surdimensionnement** est l'ennemi premier d'une installation solaire. Il engendre un surinvestissement, une perte de productivité, et est souvent à l'origine du phénomène de « la surchauffe » (cf. **chapitre IV – Partie 1**)

C'est pourquoi, il est important de bien dissocier le dimensionnement d'une production d'eau chaude sanitaire, de celui d'une installation solaire :

- Une production d'eau chaude sanitaire est dimensionnée pour satisfaire le jour où les besoins ECS sont les plus importants : on retiendra le besoin maximum ;
- Une installation solaire est dimensionnée pour satisfaire un besoin moyen journalier – appelé plus communément besoin solaire - qui tient compte de la période où la récupération est la plus forte, et l'occupation la plus faible : on retiendra le besoin minimal.

A titre d'exemple, en maison de retraite, les besoins ECS journaliers par lit peuvent atteindre 70 litres à 60°C, alors que les besoins solaires sont estimés à 30 litres à 60°C.

Pour évaluer au mieux le besoin solaire, nous vous conseillons :

- dans l'existant, de récupérer auprès du maître d'ouvrage les profils de consommation journaliers ou les mesurer au préalable,
- dans le neuf, de récupérer dans différentes littératures, des ratios ou des profils de consommation selon l'usage du bâtiment
- de tenir compte de la variation des soutirages sur l'année et des périodes d'inoccupation.

Afin de mieux appréhender les conséquences du sous ou sur dimensionnement d'une installation solaire, reportez-vous à l'**encadré 8**.

Encadré 8 – Conséquences du sous ou sur dimensionnement solaire

Pour illustrer ce cas de figure, nous reprendrons comme exemple l'installation solaire d'un hôtel 3 étoiles de 45 chambres situé à Lyon qui présente les caractéristiques suivantes :

- . consommation ECS journalière de 3825 litres à 60°C
- . 74 m² brut de capteurs inclinés à 45° plein Sud
- . stockage solaire de 4000 litres

Sur le **schéma 8/1** ci-dessous, le point d'intersection des deux courbes correspond aux besoins journaliers de référence soit 3825 litres qui nous donnent une productivité de 655 kWh/m² utile de surface de capteurs.

Sur cet hôtel, si la consommation d'eau chaude sanitaire journalière est supérieure, cas d'une installation solaire sous dimensionnée :

la productivité augmente car la température moyenne du ballon solaire est inférieure, son volume se régénérant plus souvent ;

le taux de couverture diminue car la surface des capteurs a été dimensionnée pour un besoin journalier inférieur.

Si la consommation d'eau chaude sanitaire journalière est inférieure, cas d'une installation solaire sur dimensionnée, c'est le phénomène inverse qui se produit avec une productivité qui chute et un taux de couverture qui augmente.

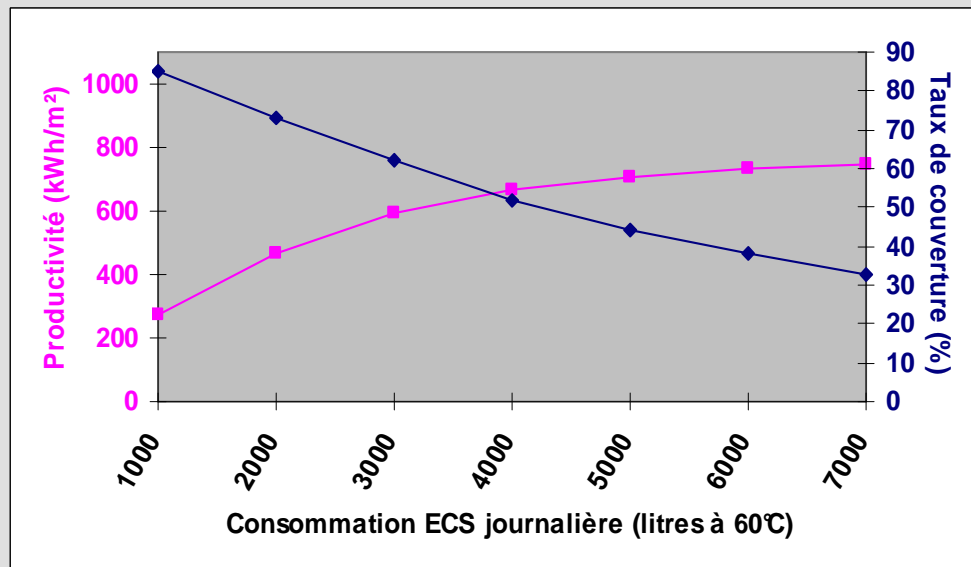


Schéma 8/1 – Variation de la consommation ECS sur la productivité et le taux de couverture

Nota : à consommation ECS journalière constante, la variation de la surface de capteurs nous donnerait des résultats qui ont la même tendance.

Les résultats obtenus montrent que fixer comme repère ou cible un taux de couverture maximal sans tenir compte de la productivité n'est pas forcément le reflet d'une installation solaire optimisée. Le risque de surdimensionnement est important, et d'autant plus avec des besoins variables sur l'année - le fait de limiter le taux de couverture mensuel dans les études solaires à 85% va dans le bon sens.

Par expérience, avec des besoins ECS variables sur la saison (en logements collectifs), le taux de couverture annuel d'une installation solaire correctement dimensionnée se situe généralement aux alentours de 40 à 50%. Avec des besoins ECS constants (en maison de retraite), il est plutôt entre 50 et 60%.

Contrairement à la rénovation, dans le neuf l'estimation des besoins reste un exercice difficile. Il y a plus d'avantages à sous dimensionner l'installation solaire car elle s'amortit plus rapidement. En effet, son investissement est moindre et sa productivité supérieure. Ce sont d'ailleurs les deux principaux critères d'éligibilités à satisfaire pour prétendre à l'obtention de subventions ADEME.

V – 2 - Tableau de détermination des besoins solaires journaliers à 60°C

A défaut d'historique de consommations ECS réelles, le **tableau VI/1** ci-après indique les ratios que nous utilisons pour déterminer les besoins solaires d'un bâtiment selon l'application. Ils vous sont données à titre indicatif, sont basés sur notre retour d'expérience, et recoupés avec les valeurs que nous avons pu trouver dans les différentes « littératures solaires ».

On pourra aussi se reporter à l'**encadré 9** pour un exemple de prédétermination rapide du stockage solaire et de la surface de capteurs en résidentiel collectif

Applications	Critères	Ratios journaliers à 60°C											
Résidentiel collectif <small>* Source ADEME / ICO</small>	Typologie en litres	T1	T2	T3	T4	T5							
		40	55	75	95	125							
		Coefficient de variation des besoins journaliers											
		jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
		1,15	1,1	1,05	1,1	1,03	1,02	0,91	0,77	0,92	0,95	1,03	1,07
Maison de Retraite	par lit avec repas	30 litres											
Hôpitaux	par lit sans repas	50 litres											
	par lit avec repas	60 litres											
Restauration	par repas												
	collective (réchauffage)	3 litres											
	collective (préparation)	5 litres											
	traditionnelle gastronomique	7 litres 10 litres											
Hôtellerie	par chambre												
	sans étoile	30 litres											
	1 et 2 étoiles	50 litres											
	3 étoiles	65 litres											
	4 étoiles	75 litres											
	+ par repas												
	sans étoile	3 litres											
	1 et 2 étoiles	5 litres											
	3 étoiles	7 litres											
	4 étoiles	10 litres											
Camping	par emplacement	45 litres											
	ou par personne	12 litres											
Piscine	par personne	8 litres											
Internat	par personne	20 litres											
Foyer	par chambre	50 litres											

Tableau VI/1 – Tableau de détermination des besoins solaires journaliers

Nota :

L'évaluation du besoin solaire journalier permet de déterminer le volume de stockage solaire. Afin d'assurer un bon dimensionnement et un bon fonctionnement de l'installation, il faut veiller à ce que le ou les ballons solaires respectent bien le ratio moyen suivant :

→ **50 litres/m² de capteurs** au minimum (40 à 60 litres selon la zone climatique)

Encadré 9 – Prédétermination rapide du stockage solaire et de la surface de capteurs en résidentiel collectif

Hypothèses : cas d'un bâtiment résidentiel de 19 logements composé de : 1 T2 + 9 T3 + 9 T4

Prédétermination des besoins solaires ...

Avec un ratio de 55 litres pour un T2, 75 litres pour un T3, et 95 litres pour un T4, les besoins solaires journaliers sont de :

$$(1 \times 55) + (9 \times 75) + (9 \times 95) = 1585 \text{ litres à } 60^{\circ}\text{C}$$

Coefficient de variation des besoins solaires journaliers selon les mois de l'année :

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Coef.	1.15	1.1	1.05	1.1	1.03	1.02	0.91	0.77	0.92	0.95	1.03	1.07
Besoins	1823	1744	1664	1744	1633	1617	1442	1220	1458	1506	1633	1696

Les besoins solaires que nous retiendrons sont ceux qui se situent sur la période estivale, où l'occupation est la plus faible, soient 1220 litres/jour.

La méthode à retenir nous amène donc prendre environ 80% des besoins solaires journaliers soit : 80% de 1585 ~ 1270 litres à 60°C

Prédétermination du stockage solaire ...

Il doit correspondre au minimum aux besoins solaires retenus précédemment. Il faudra donc prévoir un ballon solaire de 1500 litres avec une isolation de 100 mm afin de limiter au maximum les déperditions par les parois.

Estimation rapide avant étude de la surface de capteurs nécessaire ...

Dans une phase de faisabilité, il est nécessaire d'estimer approximativement la surface des capteurs à mettre en place, pour cela, il suffit de procéder de la façon suivante :

$$\text{Volume ballon solaire} / \text{ratio moyen de } 50 \text{ l/m}^2 \text{ de capteurs} = 1500 / 50 = 30 \text{ m}^2 \text{ de capteurs}$$

Etude solaire ...

Afin de déterminer exactement la surface et le volume solaire à mettre en place, une étude solaire est nécessaire.

Elle permettra d'obtenir les valeurs mensuelles et annuelles suivantes :

- l'énergie totale pour chauffer l'eau jusqu'à la consigne
- l'énergie « gratuite » apportée par le solaire
- le taux de couverture
- la productivité/m² utile de capteurs

Afin d'éviter tout risque de surchauffe, nous sélectionnons une surface de capteurs pour que le taux de couverture mensuel se situe entre 80 et 85 % maximum.

Vous trouverez ci-après (**Schéma 9/1**), l'étude solaire pour ce bâtiment résidentiel de 19 logements situé à Lyon, qui a été réalisée avec le logiciel en ligne de Tecsol (méthode SOLO).

Lyon, Latitude: 45.42	13/01/2012
-----------------------	------------

Donnees meteo

Mois	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T extérieure	2,2	3,6	7,9	11	14,8	18,5	20,7	20,2	17,2	11,8	6,9	3,2
T eau froide	6,9	7,6	9,7	11,3	13,2	15	16,1	15,9	14,4	11,7	9,2	7,4

T eau froide : Methode ESM2

Installation

Capteurs		Stockage	
Surface	24m ²	Situation	Interieur (18 C)
Solario F3 et F3-Q Atlantic Industrie (12 x 2 m ²)			
Inclinaison	45 /Horiz	Temperature ECS	60 C
Orientation	0 /Sud	Volume de stockage	1500 Litres
Coefficient B	0,83	Cste de refroidissement	0,063 Wh/jour.l. C
Coefficient K	4,43Wh/m ² . C	Type d'installation	Circulation forcee, échangeur moye

	Irradiation capteurs (Wh/m ² .jour)	Besoins (kWh/mois)	Apports (kWh/mois)	Apports (kWh/jour)	Taux (%)	Volume (litres)
Janvier	1580	3489	618	19,9	17,7	1823
Fevrier	2357	2975	823	29,4	27,7	1744
Mars	3576	3017	1350	43,6	44,8	1664
Avril	4464	2962	1633	54,4	55,1	1744
Mai	4897	2754	1804	58,2	65,5	1633
Juin	5270	2538	1829	61,0	72,1	1617
Juillet	5717	2282	1867	60,2	81,8	1442
Aout	5098	1939	1612	52,0	83,1	1220
Septembre	4714	2319	1580	52,7	68,1	1458
Octobre	3342	2622	1219	39,3	46,5	1506
Novembre	1745	2893	664	22,1	23,0	1633
Decembre	1132	3215	457	14,8	14,2	1696

Taux couverture solaire	46,8	%	Apport solaire annuel	15457	kWh/m ² .an
Besoin annuel	33005	kWh/m ² .an	Productivité annuelle	644	kWh/m ² .an

calcul realise sur www.tecsol.fr

Schéma 9/1 – Etude solaire Résidence 19 logements Lyon

La surface d'entrée de capteurs obtenue est de 24 m², soit une surface brute de 27,6 m² pour des capteurs Atlantic Guillot de type Solario F3-Q (surface légèrement inférieure à l'estimation précédente).

Le taux de couverture annuel obtenu est de 46,8 % (pour des taux mensuels ne dépassant pas les 85 %) pour une productivité annuelle de 644 kWh par m² utile de capteurs et par an (bien supérieure au minimum exigé par l'ADEME sur cette zone climatique = 400 kWh/m².an).

Chapitre VII - Exemple de détermination de l'installation solaire d'un hôtel

VII - 1 - Introduction

La méthode décrite ci-après vous permettra d'identifier les différentes étapes qui sont nécessaires pour définir une installation solaire.

D'après les éléments et caractéristiques techniques du bâtiment récupérés auprès du maître d'ouvrage, nous procéderons en 3 étapes :

- détermination des besoins solaires
- réalisation de l'étude solaire
- sélection des principaux composants et accessoires

Pour illustrer l'exemple qui suit, l'étude solaire a été réalisée avec SOLO 2000, logiciel du CSTB et téléchargeable à partir de leur site (<http://enr.cstb.fr>).

VII - 2 – Caractéristiques du bâtiment et de l'installation solaire

Dans cet exercice, nous allons définir et dimensionner l'installation solaire d'un hôtel de 45 chambres. Les hypothèses prises en compte sont les suivantes :

- Bâtiment :
 - hôtel 3 étoiles de 45 chambres avec 2 repas en moyenne par chambre et par jour
 - sous-sol + Rdc + 5 étages
 - construction située à Lyon
- Local technique :
 - situé au sous sol (non chauffé)
 - hauteur statique/capteurs = 21 m CE
 - pression de service maxi = 6 bars
- Capteurs plans vitrés de faibles hauteurs posés en terrasse :
 - horizontaux de 2,3 m² bruts ou 2 m² utiles
 - surface disponible pour 4 champs maximum (10 capteurs/champ maximum)
 - orientation plein Sud / inclinaison 45°
 - masque solaire créé par un bâtiment existant sur l'Est/capteurs
 - fluide glycolé utilisé : TYFOCOR L à 45%
 - débit maximum = 30 l/h.m² de surface brute de capteurs
 - température maxi capteurs = 124°C
- Tuyauteries solaires ou « boucle de captage » :
 - matière = cuivre
 - isolation mousse polyuréthane avec protection lorsque située à l'extérieur
- Stockage solaire :

ballon de stockage sans échangeur interne
jaquette souple M1 isolation 100 mm

- Station hydraulique :
avec échangeur intégré et pompes doubles à rotor noyé
- Eau sanitaire :
débit de pointe maxi = 4 m³/h
débit de bouclage eau chaude sanitaire = 1 m³/h

VII - 3 – Schéma de principe de l'installation solaire

Vous trouverez ci-dessous le schéma de principe de l'installation solaire où sont indiqués les différents accessoires avec le vocabulaire que l'on retrouve dans le logiciel SOLO 2000.

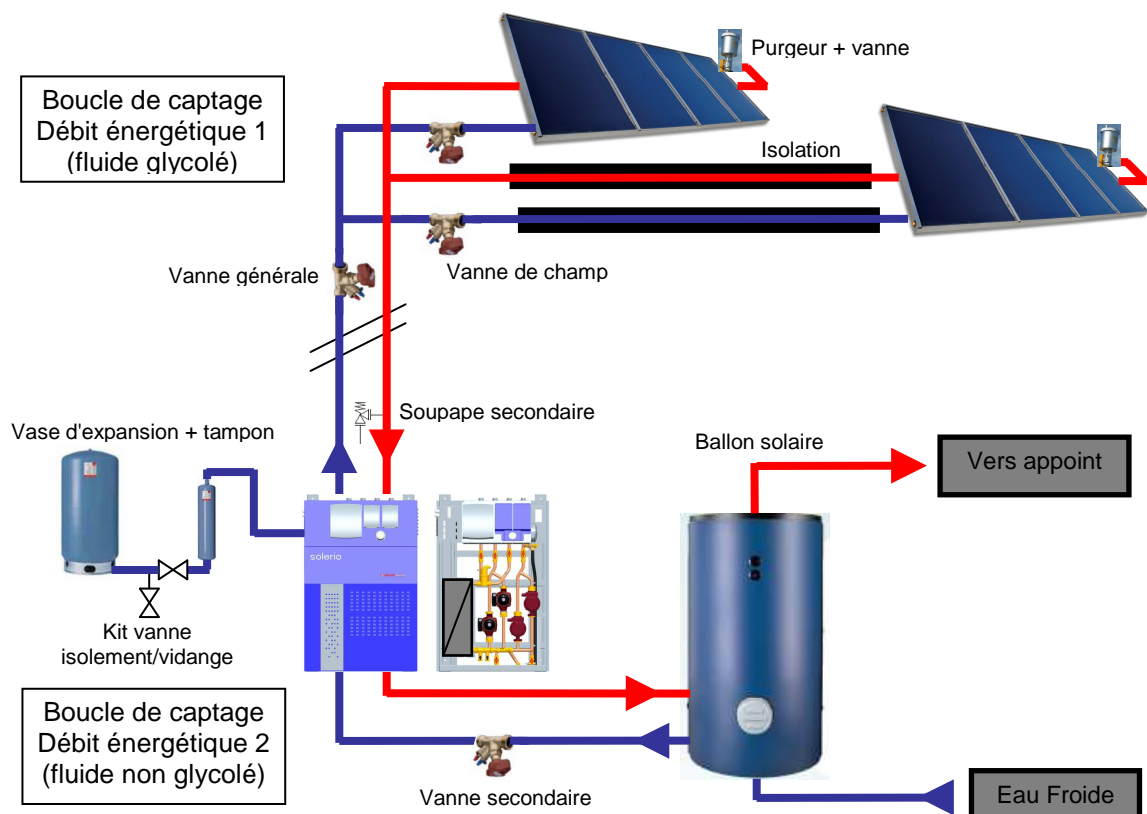


Schéma VII/1 – Schéma de principe de l'installation solaire

VII - 4 – Détermination des besoins solaires

Pour un hôtel 3 étoiles, nous prenons un ratio de 65 litres/chambre auquel nous rajoutons 20 litres/chambre pour les repas journaliers, soit :

$$\rightarrow (65 + 20) \times 45 = \mathbf{3825 \text{ litres à } 60^\circ\text{C}}$$

Les besoins solaires sont considérés comme étant constants tout au long de l'année.

VII - 5 – Prédétermination des principaux composants avant l'étude solaire

Avant de commencer l'étude solaire, nous avons besoins de définir :

- la surface des capteurs à installer, leurs caractéristiques thermiques et leur débit
- le stockage solaire
- pour la tuyauterie solaire, les longueurs intérieures/extérieures au bâtiment, les diamètres, l'épaisseur et le type d'isolant utilisé
- le relevé du masque solaire

Surface des capteurs ...

$$\begin{aligned} \rightarrow \quad & \text{Volume ballon solaire / ratio de } 50 \text{ l/m}^2 \text{ de capteurs} \\ & = 3825 / 50 \approx 77 \text{ m}^2 \text{ de capteurs} \end{aligned}$$

Soit **34 capteurs** horizontaux Solerio F3-Q d'une surface totale brute de **78.2 m²**, ou 68 m² utile.

On considérera qu'ils sont alimentés avec le débit maximum de 30 l/h.m², soit un débit total de **2346 l/h**. En toiture, la surface totale des capteurs est divisée en **2 champs de 9 capteurs** alimentés chacun avec un débit de **621 l/h**, et **2 champs de 8 capteurs** alimentés chacun avec un débit de **552 l/h**.

Le stockage solaire ...

Son volume doit correspondre au minimum aux besoins solaires journaliers retenus précédemment (environ 4000 litres) ; soit avec un ou plusieurs ballons. Nous retenons **deux ballons solaires de 2000 litres**, correspondant à un modèle **BS 2000** dans le **tableau VII/2** ci-dessous. Avec une isolation de 100 mm, la constante de refroidissement est de $C_r = \mathbf{0.06 \text{ Wh/24h/1}^\circ\text{K}}$.

Modèle BS		500	750	1000	1000 TB	1500	2000	2000 TB	2500	2500 TB	3000	3000 TB	4000	5000
Capacité nominale	l	500	750	1000	1000	1500	2000	2000	2500	2500	3000	3000	4000	5000
Poids à vide jaq. souple	kg	125	185	225	260	345	445	485	590	567	690	621	933	1107
Poids à vide jaq. Tôlée	kg	165	215	275	275	400	500	535	675	629	770	698	1020	1200
Poids à vide jaq. TOP	kg	130	190	230	270	350	450	/	/	/	/	/	/	/
Pression de service	bar	6												
Cst. de refroidissement Jaquette souple M1 ou M0 ep. 100 mm	(Wh/24h/L/K)	0,143	0,105	0,088	0,087	0,070	0,060	0,059	0,053	0,054	0,048	0,048	0,048	0,048
Cst. de refroidissement Jaquette tôle M0 ep. 50 mm	(Wh/24h/L/K)	0,213	0,161	0,138	0,137	0,114	0,100	0,099	0,090	0,091	0,081	0,082	0,080	0,072
Cst. de refroidissement Jaquette TOP ep 100 mm	(Wh/24h/L/K)	0,130	0,095	0,080	0,079	0,063	0,055	/	/	/	/	/	/	/

TB : taille basse

Tableau VII/2 – Ballon solaire - Documentation technique solaire Atlantic Guillot

Longueurs intérieures/extérieures au bâtiment et diamètre de la tuyauterie solaire ou de la « boucle de captage » ...

Pour déterminer la longueur Aller/Retour (A/R) de la tuyauterie solaire, nous avons besoins des caractéristiques des capteurs Solerio F3-Q (hauteur de raccordement, largeur des champs, distance entre champs, ...) afin de réaliser un plan de calepinage en toiture (Cf. **Schéma VII/3**).

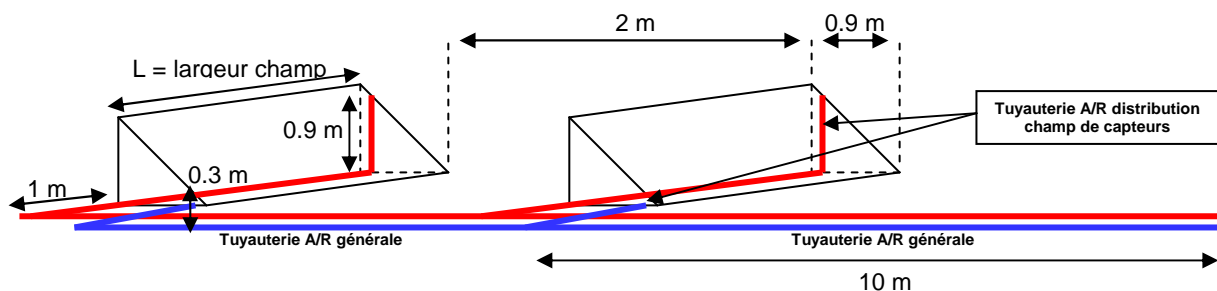


Schéma VII/3 – Plan de calepinage en toiture

Nous obtenons les longueurs A/R suivantes :

- tuyauterie de distribution des champs de 9 capteurs : 22 m
- tuyauterie de distribution des champs de 8 capteurs : 20 m
- tuyauterie générale située à l'extérieur pour alimenter 4 champs : 38 m
- tuyauterie générale située à l'intérieur du bâtiment : 52 m

Pour alimenter le champ de 9 capteurs le plus distant, en incluant les incidents de parcours ou pertes de charge singulières, nous considérerons une longueur A/R équivalente de :

- 90 m pour la tuyauterie générale
- 22 m pour la tuyauterie qui alimente ce champ

Connaissant les débits et longueurs de tuyauterie, nous sommes en mesure de déterminer les diamètres de la « boucle de captage » solaire.

Il faut prêter une attention particulière à la détermination du diamètre de la tuyauterie solaire afin de se situer dans la plage de débit appropriée pour le bon fonctionnement des capteurs (20 à 30 l/h.m²).

Nota :

Le logiciel de détermination de la tuyauterie doit tenir compte des caractéristiques du fluide glycolé utilisé, elles sont listées ci-dessous :

- température moyenne de fonctionnement ;
- pourcentage de glycol ;
- masse volumique ;
- viscosité cinématique.

Pour cette installation, le logiciel que nous avons élaboré pour les formations solaires, prochainement utilisable « en ligne » par accès privatif, nous indique un diamètre intérieur/extérieur de **40/42 mm** pour la tuyauterie générale en cuivre (Cf. **Schéma VII/4**). L'alimentation de chaque champ de capteurs sera réalisée en diamètre cuivre **20/22 mm**.

Détermination de la tuyauterie solaire Cuivre ou Acier :											
<p>Renseigner les caractéristiques de l'installation suivantes :</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Débit total :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">2,35 m³/h</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Longueur équivalente tuyauterie A/R ** :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">90 ml</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Pdc tuyauterie maxi à respecter :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">2,60 mCE</td> </tr> </table> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">** la longueur équivalente tuyauterie Aller/Retour en mètre linéaire (ml) comprend les incidents de parcours (Pdc singulières = coudes, tés, ...)</p>	Débit total :	2,35 m ³ /h	Longueur équivalente tuyauterie A/R ** :	90 ml	Pdc tuyauterie maxi à respecter :	2,60 mCE	<p>Choisissez le diamètre de tuyauterie :</p> <p>Ø normalisé int. x ext : Cu 40 x 42</p>				
Débit total :	2,35 m ³ /h										
Longueur équivalente tuyauterie A/R ** :	90 ml										
Pdc tuyauterie maxi à respecter :	2,60 mCE										
<p>Messages :</p> <div style="background-color: #e0ffff; height: 20px; width: 100%;"></div>	<p>Résultats des calculs :</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Pdc tuyauterie :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">1,15 mCE</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Pdc linéaires tuyauterie :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">12,74 mmCE</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Vitesse du fluide glycolé :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">0,52 m/s</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Volume tuyauterie :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">113,1 litres</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Extension tuyauterie possible :</td> <td style="border: none; background-color: #e0ffff;">114,1 ml</td> </tr> </table>	Pdc tuyauterie :	1,15 mCE	Pdc linéaires tuyauterie :	12,74 mmCE	Vitesse du fluide glycolé :	0,52 m/s	Volume tuyauterie :	113,1 litres	Extension tuyauterie possible :	114,1 ml
Pdc tuyauterie :	1,15 mCE										
Pdc linéaires tuyauterie :	12,74 mmCE										
Vitesse du fluide glycolé :	0,52 m/s										
Volume tuyauterie :	113,1 litres										
Extension tuyauterie possible :	114,1 ml										

Schéma VII/4 – Logiciel de détermination de la tuyauterie solaire - Atlantic Guillot

Lors de la saisie, il faut entrer une longueur de tuyauterie extérieure pour un seul diamètre équivalent. Nous considérons dans notre exemple une longueur totale de **80 m** en diamètre extérieur de **42 mm**.

Isolation de la tuyauterie solaire ...

Pour ce qui concerne l'épaisseur d'isolant, la Norme EN 12977- 2, Tableau A.2 page 24, nous indique qu'elle doit correspondre avec une tolérance de 2 mm à :

- 39 mm pour un diamètre de tuyauterie cuivre de 40/42 mm
- 20 mm pour un diamètre de tuyauterie cuivre de 20/22 mm

Cet isolant doit résister à de hautes températures, et lorsqu'il est situé à l'extérieur être protégé des UV et des attaques aviaires, ce qui amène à le recouvrir d'une protection.

Relevé du masque solaire ...

Le bâtiment existant situé à l'Est des champs de capteurs nous donne le relevé de masque solaire suivant :

Azimuts	-130	-116,32	-102,63	-88,95	-75,26
Hauteurs angulaires	30	30	30	30	30

Ce masque solaire aura pour effet de diminuer la récupération d'énergie ou la productivité solaire.

IV - 6 – Réalisation de l'étude solaire

Afin de déterminer plus précisément les composants et les caractéristiques de performance de l'installation, une étude solaire est nécessaire.

Cette dernière permettra d'obtenir les valeurs mensuelles et annuelles suivantes :

- l'énergie totale pour chauffer l'eau jusqu'à la consigne (besoins)
- l'énergie apportée par le solaire (productivité)
- le taux de couverture
- la productivité/m² utile de capteurs

Nous ne passerons pas en revue dans cet article les différentes étapes et subtilités à connaître à l'utilisation d'un logiciel solaire, tous ces détails sont développés dans les formations que nous proposons.

Vous trouverez sur le **schéma VII/5** ci-dessous, les résultats de l'étude solaire pour cet hôtel de 45 chambres situé à Lyon, et réalisée sous le logiciel SOLO 2000 :

METEO

Station
Pays: France
Départ.: 69-Rhône
Station: Lyon

Site
Altitude [m]: 169
Distance mer [km]: >= 10
Millions d'hab.: < 0.5

BESOINS
Consommation/jours [l/l] moy.: 3825
Temp. eau chaude [°C] moy.: 60

SYSTEME CAPTEUR BALLON

Capteurs
Catégorie: Capteurs vitrés
Type: Capteur 01*
Kc [W/(m².K)]: 4,40 Bc: 0,83 Ac [m²]: 2,00
Inclinaison [°]: 45 Nombre: 32
Orientation [°]: 0 Surf. totale [m²]: 64,00

Boucle de captage
Déperdition thermique [W/(m².K)]: 4,50
Calorifugeage: Avec
Débit éner. 1 [WK]: 2011,73
Débit éner. 2 [WK]: 2563,61
Efficacité: 0,78

Ballon
Type: BS 4000 L*
Lieu: Local (non contrôlé)
Cr [Wh/(l.K)]: 0,06
Vn [l]: 4706 Vs [l]: 4000
Ds [WK]: 10,00

Masques

Echangeur
Séparé
Kéch [WK]: 3200,00

Sans appoint

RESULTATS

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Couverture [%]	21	35	53	66	76	81	83	79	69	48	27	18	53
Besoins [kWh]	7304	6510	6919	6482	6437	5990	6038	6066	6070	6644	6762	7235	78456
Productivité [kWh]	1536	2293	3668	4302	4885	4822	5042	4801	4160	3219	1840	1325	41834
Productivité /m²	24	36	57	67	76	75	79	75	65	50	29	21	655

Schéma VII/5 – Résultats de l'étude solaire SOLO 2000

Par mesure de sécurité et de façon à éviter les risques de surchauffe, nous nous fixons comme règle de ne pas dépasser 85% de taux de couverture mensuels. Cela a pour conséquence de diminuer le nombre de capteurs à mettre en place que nous avons prédéterminés.

Avec **32 capteurs** d'une surface totale de **73,6 m² brut** ou **64 m² utile**, l'installation sera composée de **4 champs de 8 capteurs**, irrigué chacun avec un débit de **552 l/h**, soit un débit total de **2208 l/h** (sous 30 l/h.m²).

VII - 7 – Détermination des principaux composants de l'installation solaire

ETAPE 1 – Sélection de la station hydraulique

Les modèles avec échangeur à plaques intégré doivent être choisis à partir d'une surface maximale de capteurs en tenant compte non seulement de leur débit maxi mais aussi de leur hauteur manométrique disponible.

Le tableau du **schéma VII/6** ci-dessous, nous permet de faire une sélection rapide de la station hydraulique appropriée :

Modèle de station	Surface brute de capteurs maxi (m ²)	Débit total maxi conseillé (l/h) pour satisfaire une Hauteur manométrique minimum (mCE)				
		Pompe simple rotor Noyé	Pompe simple rotor sec	Pompe double rotor noyé	Pompe double rotor sec	Pompe simple calsse A
SB1	30	900	900	900	900	-
SB2	85	2000	2000	2000	2000	-
SB3	120	3600	3600	3600	3600	3600
SB4	150	-	4500	-	4500	-

Schéma VII/6 – Station hydraulique - Documentation technique solaire Atlantic Guillot

Sur la base d'une surface brute de 73,6 m² de capteurs, on aurait pu choisir un modèle SB2, mais tenant compte du débit total de 2208 l/h, on retient une station hydraulique **SB3** avec pompe double rotor noyé.

Pour ce même débit, le **schéma VII/7** ci-dessous nous donne une hauteur manométrique disponible d'environ **10 mCE**.

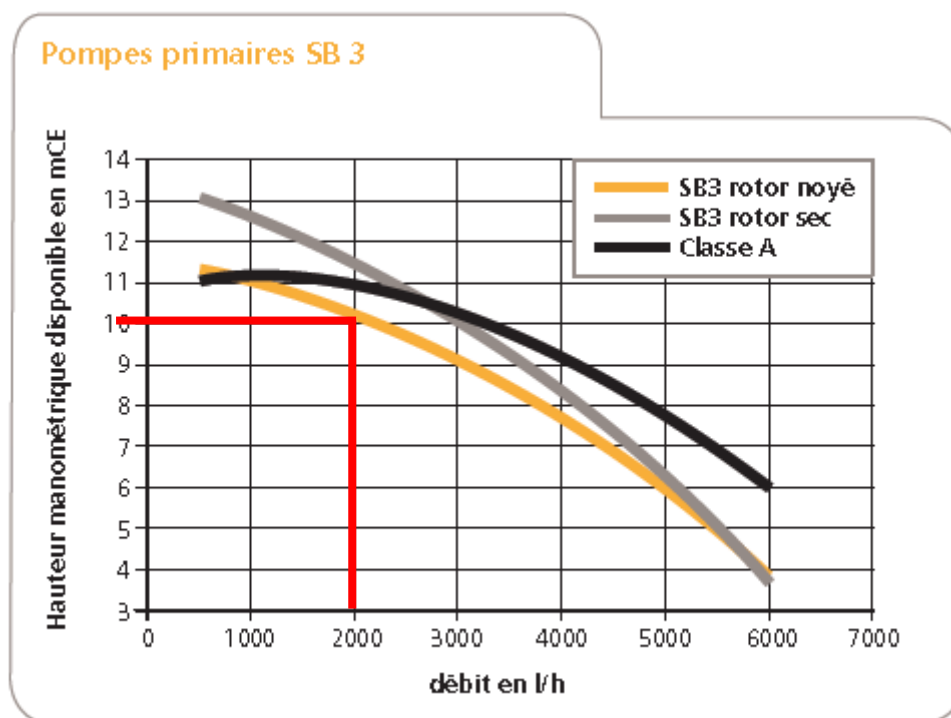


Schéma VII/7 – Pompe primaire SB3 - Documentation technique solaire Atlantic Guillot

ETAPE 2 – Détermination de la hauteur manométrique disponible pour la tuyauterie solaire

Le principe consiste à soustraire de la hauteur manométrique disponible de la station, les pertes de charges des vannes d'équilibrage et des capteurs présents en série sur le circuit (Cf. **Schéma VII/1** - Schéma de principe de l'installation solaire).

Sélection des vannes d'équilibrages et détermination de leur perte de charge ...

Le **tableau VII/8** ci-dessous, nous permet de sélectionner selon une plage de débit, les diamètres des vannes d'équilibrage nécessaires, soit un DN32 avec 2208 l/h pour la tuyauterie générale, et un DN20 avec 552 l/h pour chaque champ.

La perte de charge par vanne est de 0,3 mCE. La vanne générale étant en série avec une vanne de champ, on obtient une perte de charge totale de **0,6 mCE**.

LE TABLEAU DE CHOIX DU DIAMÈTRE EST ÉTABLI POUR UNE PERTE DE CHARGE MAXIMALE DE 0,3 mCE

Ø Vanne équilibrage	Référence	Débit en l/h	
		Mini	Maxi
DN 15	091249	92	436
20	091250	437	987
25	091251	988	1507
32	091252	1508	2460
40	091253	2461	3326
50	091254	3327	5716

Tableau VII/8 – Vanne d'équilibrage - Documentation technique solaire Atlantic Guillot

Détermination des pertes de charge capteurs ...

Pour des champs de capteurs horizontaux Solerio F3-Q irrigués sous 30 l/h.m², le **tableau VII/9** ci-dessous nous donne une perte de charge par champ de 1,67 mCE, on retiendra **1,7 mCE**.

Pertes de charge		Jusqu'à 5 capteurs inclus			De 6 à 8 capteurs inclus			9 et 10 capteurs maxi		
Débit (l/h/m ²)		20	25	30	20	25	30	20	25	30
Raccordement hydraulique		Tichelman ou non Tichelman			Tichelman obligatoire			Tichelman obligatoire		
SP 230 V	mbar	73	92	111	84	108	133	96	126	158
	mCE	0,74	0,94	1,13	0,86	1,10	1,36	0,98	1,28	1,61
F3-Q	mbar	78	98	118	100	131	164	126	168	215
	mCE	0,80	1,00	1,20	1,02	1,34	1,67	1,28	1,71	2,19

Selon norme EN 12975-2 Annexe L avec une température du fluide à 20 °C.

Tableau VII/9 – Pertes de charge capteurs - Documentation technique solaire Atlantic Guillot

Déduction de la hauteur manométrique disponible pour la tuyauterie solaire ...

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Pdc circuit solaire} &= \text{Pdc capteurs} + \text{Pdc vannes équilibrage} + \text{Pdc sécurité} \\ &= 1,7 + (0,3 \times 2) + 0,1 \\ &= 2,4 \text{ mCE} \end{aligned}$$

$$\rightarrow \text{Hauteur manométrique disponible pour la tuyauterie solaire} = 10 - 2,4 = \mathbf{7,6 \text{ mCE}}$$

ETAPE 3 – Vérification du diamètre de la tuyauterie solaire ...

D'après les longueurs et débits définis ci-avant, le logiciel de détermination de la tuyauterie solaire nous donne les résultats dans le **tableau VII/10** ci-dessous :

	Tuyauterie générale du circuit solaire		Tuyauterie de distribution des champs de capteurs	
	Longueur (m)	90		20
Débit (l/h)	2208		552	
Diamètres (mm)	Cu 40/42	Cu 30/32	Cu 20/22	Cu 16/18
Pdc totale (mCE)	1	4	0,6	1,6
Pdc linéaire (mmCE/ml)	11,5	44,7	28,2	80,5
Vitesse (m/s)	0,49	0,87	0,49	0,76
Volume (litres)	113,1	63,6	6,3	4

Tableau VII/10 – Détermination de la tuyauterie solaire

Vis-à-vis de la hauteur manométrique disponible pour la tuyauterie, nous pouvons sélectionner des diamètres inférieurs à ceux qui ont été prédéterminés précédemment :

- pour la tuyauterie générale **Ø 30/32 mm**, soit une Pdc de 4 mCE
- pour la tuyauterie des champs de capteurs **Ø 16/18 mm**, soit une Pdc de 1,6 mCE

La perte de charge totale de la tuyauterie solaire pour alimenter le champ de capteurs le plus distant est de : $4 + 1,6 = \mathbf{5,6 \text{ mCE}}$.

Il restera donc 2 mCE sur les 7,6 mCE disponible. A la mise en service, la vanne d'équilibrage générale permettra de régler le point de fonctionnement de l'installation pour limiter la consommation électrique de la pompe.

Les changements des diamètres de tuyauterie peuvent avoir une influence sur les résultats de l'étude solaire (et sur la détermination du vase).

Dans notre exemple l'influence est moindre, les déperditions de la boucle de captage ont diminué et la productivité s'est légèrement améliorée (Cf. **schéma VII/11**). Pour des questions d'exactitude, c'est cette dernière étude qui servira de référence.

SYSTEME CAPTEUR BALLON

Capteurs				Boucle de captage		Ballon	
Catégorie Capteurs vitrés				Déperdition thermique [W/(m².K)] 4,49		Type BS 4000 L*	
Type Capteur 01*				Calorifugeage Avec		Lieu Local (non contrôl)	
Kc [W/(m².K)] 4,40	Bc 0,83	Ac [m²] 2,00		Débit éner. 1 [W/K] 2011,73		Cr [MWh/(.K.J)] 0,06	
Inclinaison [°] 45		Nombre 32		Débit éner. 2 [W/K] 2563,61		Vn [l] 4706 Vs [l] 4000	
Orientation [°] 0		Surf.totale [m²] 64,00		Efficacité 0,78		Ds [W/K] 10,00	

Masques	Echangeur	Sans appoint
	Séparé	
	Kéch [W/K] 3200,00	

RESULTATS

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Couverture [%]	21	35	53	66	76	81	84	79	69	48	27	18	53
Besoins [kWh]	7304	6510	6919	6482	6437	5990	6038	6066	6070	6644	6762	7235	78456
Productivité [kWh]	1537	2294	3669	4303	4887	4823	5043	4802	4161	3220	1840	1326	41905
Productivité /m²	24	36	57	67	76	75	79	75	65	50	29	21	655

Schéma VII/11 – Etude solaire de référence

ETAPE 4 – Détermination du vase d'expansion solaire

A partir de la documentation technique et du logiciel tuyauterie, nous allons pouvoir trouver le volume contenu dans les capteurs et le reste du réseau solaire :

- Volume capteurs : $V_{\text{capt}} = 1.9 \text{ litres} \times 32 \text{ capteurs} = 60.8 \text{ litres}$
- Volume réseau hors capteurs : $V_r = 89,6 \text{ litres} \approx 90 \text{ litres}$
 - . Avec volume station hydraulique : $V_{\text{SB3}} = 10 \text{ litres}$
 - . Avec volume total des tuyauteries, équivalent à la somme des volumes de la tuyauterie générale et des 4 champs de capteurs, soit $V_{\text{tuy}} = 63.6 + (4 \times 4) = 79.6 \text{ litres}$

Il faut prêter une attention particulière au dimensionnement du vase d'expansion solaire pour assurer le bon fonctionnement de l'installation.

Nota :

Le logiciel de détermination du vase doit tenir compte des caractéristiques du **fluide glycolé utilisé**, et plus particulièrement de ses coefficients d'expansion et de contraction. Ces derniers sont déterminés en fonction des températures auquel est exposé le glycol, et dépendent donc de la station météo dans laquelle se situe l'installation.

Le logiciel que nous avons élaboré pour les formations solaires, prochainement utilisable « en ligne » par accès privatif, nous indique que le volume minimum du vase d'expansion doit être de 238.6 litres, nous retiendrons donc un vase de **300 litres** (Cf. Schéma VII/12).

Détermination du vase d'expansion solaire (méthode selon EN 12977)

Localisation installation / conditions de température :

N° de département :	69
Altitude :	0 à 200 m
Température extérieure minimum :	Text mini -10 °C
Correction sur Text mini :	0 °C

Caractéristiques de l'installation :

Type de station hydraulique :	SB
Type de capteurs :	SP FB-Q
Nombre de capteurs :	32
Volume réseau hors capteurs :	Vr 90 l
Volume total réseau :	Vtot 150,4 l
Hauteur statique station /capteurs :	Hst 21 mCE
Tarage soupape de sécurité solaire :	Psoup 6 bar
Pression différentielle pompe :	Δp 10 mCE

Messages :

Résultats :

Volume minimum du vase d'expansion : 238,6 L




Schéma VII/12 – Logiciel de détermination du vase d'expansion - Atlantic Guillot

ETAPE 5 – Détermination des paramètres de mise en service du vase d'expansion

Pour les obtenir, il faut tenir compte de la température du fluide glycolé le jour où s'effectue le remplissage et de ses propres caractéristiques. Les paramètres de réglage du vase sont spécifiques à chaque installation.

Le logiciel de détermination du vase nous donne aussi les valeurs théoriques des pressions de gonflage et de remplissage qu'il faut vérifier lors de la mise en service (Cf. **Schéma VII/13** ci-dessous).

Caractéristiques de l'installation solaire pour le volume de vase installé :

Indiquer volume du vase installé :	Vn	300 litres	
Indiquer température de remplissage** :	Tremp	10 °C	
Température extérieure minimum :	Text mini	-10 °C	
Pression de gonflage du vase :	P0	3,32 bar	= (Hst + (Psécu = 0.3) + Pvpap + Δp) avec Δp = 0 si vase à l'aspiration
Volume de remplissage du vase :	Vremp	4,5 l	= (Vre + Vcon)
Pression de remplissage du vase :	Premp	3,39 bar	= {Vn x (P0 + 1) / (Vn - Vremp)} - 1
Pression maximale du vase :	Pvase max	4,83 bar	= {(Vn x (P0 + 1) / (Vn - Vu)) - 1
Pression maximale dans les capteurs :	Pcap max	2,76 bar	= (Pvase max - Hst)

** correspond à la température ambiante où est stocké le fluide glycolé




Schéma VII/13 – Logiciel de détermination du vase d'expansion - Atlantic Guillot

Dans le cas étudié, la pression de gonflage du vase d'expansion de 300 litres serait de **3,3 bars** environ (valeur réglée vase vide et isolé de l'installation).

En fin de remplissage, pour une température de fluide glycolé de **+10°C**, la pression sera d'environ **3,4 bars**, ce qui correspond à une contenance en fluide glycolé dans le vase équivalente à 4.5 litres.

VII - 8 – Matériels complémentaires à prévoir

Souppes de sécurité complémentaire ...

Cette soupape située au plus loin de la sortie des champs de capteurs sera identique à celle fournie dans la station hydraulique, son tarage sera de 6 bars.

L'option bouclage solaire ... (cf. Encadré 5 partie 1)

Dans notre exemple, le débit de bouclage de 1 m³/h nous conduit à sélectionner une vanne directionnelle motorisée en DN 20. Le kit comporte aussi deux sondes PT 1000.

Kit anti-légionellose ... (cf. Encadré 7 partie 1)

Pour un débit de pointe ECS de 4 m³/h, il faut sélectionner un modèle de 5 m³/h. Afin de limiter les risques de développement des légionelles, nous pouvons aussi proposer un appoint instantané en supprimant le volume de stockage secondaire, ou en le remplaçant par un volume de stockage d'énergie sur le primaire.

VII - 9 – Dimensionnement avec un débit capteurs à 25 l/h.m² au lieu de 30 l/h.m²

En diminuant le débit nominal, il serait envisageable de passer avec une station hydraulique **SB2** de taille inférieure.

Dans ce cas, la hauteur manométrique disponible pour la tuyauterie serait très faible, chutant à 1,48 mCE (au lieu des 7,6 mCE avec la station SB3) et nous obligerait à passer avec des diamètres supérieurs comme nous le montre le tableau du **schéma VII/16** ci-dessous.

	Tuyauterie générale du circuit solaire		Tuyauterie de distribution des champs de capteurs	
Longueur (m)	90		20	
Débit (l/h)	1840		460	
Diamètres (mm)	Cu 40/42	Cu 30/32	Cu 20/22	Cu 16/18
Pdc totale (mCE)	0,76	2,94	0,41	1,18
Pdc linéaire (mmCE/ml)	8,4	32,63	20,74	59,08
Vitesse (m/s)	0,41	0,72	0,41	0,64
Volume (litres)	113,1	63,6	6,3	4

Schéma VII/16 – Détermination de la tuyauterie solaire sous 25 l/h.m²

Cette modification impliquerait de vérifier à nouveau tout le matériel sélectionné précédemment du au changement de débit et de volume de glycol dans l'installation.

Dans notre cas de figure, l'augmentation du volume total de fluide glycolé dans l'installation à 203,1 litres (au lieu de 150,4 litres) n'imposerait pas de passer avec un volume de vase supérieur (volume minimum du vase = 253,3 litres → vase identique de 300 litres). La diminution du débit ne nous permettrait pas de passer avec des diamètres de vanne d'équilibrage inférieurs.

En résumé, la détermination des composants hydraulique d'une installation solaire devra toujours tenir compte d'une marge de sécurité minimum. La recherche d'économie sur un composant peut conduire à des surcoûts sur le reste de l'installation. Il faudra toujours raisonner en investissement global.

VII - 10 – Conclusions

L'enchaînement des différentes étapes lors de la détermination d'une installation solaire suit une méthodologie. Nous avons vu que la modification d'un seul paramètre peut modifier la sélection des composants et accessoires solaires, et remettre en cause le bon fonctionnement de l'installation.

Pour chaque affaire, il faudra veiller à ce que les hypothèses prises en compte par le bureau d'études lors de l'élaboration du cahier des charges soient respectées. Face à des contraintes de mise en œuvre, l'installateur devra s'assurer que la détermination initiale des composants est toujours valable.

Chapitre VIII - La productivité solaire

VIII - 1 – Rappels

La productivité solaire annuelle d'une installation solaire thermique est relative à sa performance.

Elle est exprimée en kWh/m².an et s'obtient en divisant les apports utiles solaires annuels (kWh/an) par la surface d'entrée des capteurs (m²).

Pour une installation correctement dimensionnée, elle se situe **entre 450 et 650 kWh/m².an.**

VIII - 2 – Atteindre une productivité solaire optimale

Vous trouverez ci-dessous les principales règles à respecter et accessoires à prévoir lors de la conception d'une installation d'eau chaude sanitaire solaire collective afin d'atteindre la meilleure productivité possible.

Côté dimensionnement :

- ✓ Ne pas surévaluer les besoins solaires pour éviter un surdimensionnement de l'installation solaire ;

Côté capteurs :

- ✓ Privilégier une orientation au Sud et une inclinaison proche de 45° pour les capteurs ;
- ✓ Eviter les masques solaires ;
- ✓ Prévoir un accès facilité et sécurisé pour la maintenance et l'entretien des capteurs, et pour tous les autres composants de l'installation solaire ;

Côté accessoire solaire :

- ✓ Veiller à ce que tous les composants de l'installation solaire soient spécifiques solaires pour qu'ils puissent résister à des températures élevées et soient compatibles avec du fluide glycolé s'ils se trouvent sur le circuit primaire ;
- ✓ Prévoir un système de dégazage efficace de l'installation solaire : purgeur avec vanne d'isolement ¼ de tour au niveau de chaque champ de capteurs avec en complément séparateur d'air au niveau de la station hydraulique ;
- ✓ Prévoir une isolation performante sur les tuyauteries, qui résiste aux températures élevées, au rayonnement ultraviolet et aux attaques aviaires en situation extérieure ;

- ✓ Prévoir les organes nécessaires pour un équilibrage du circuit primaire côté capteurs, et du circuit secondaire en présence d'un échangeur à plaques (Cf. schéma VIII/1) ;

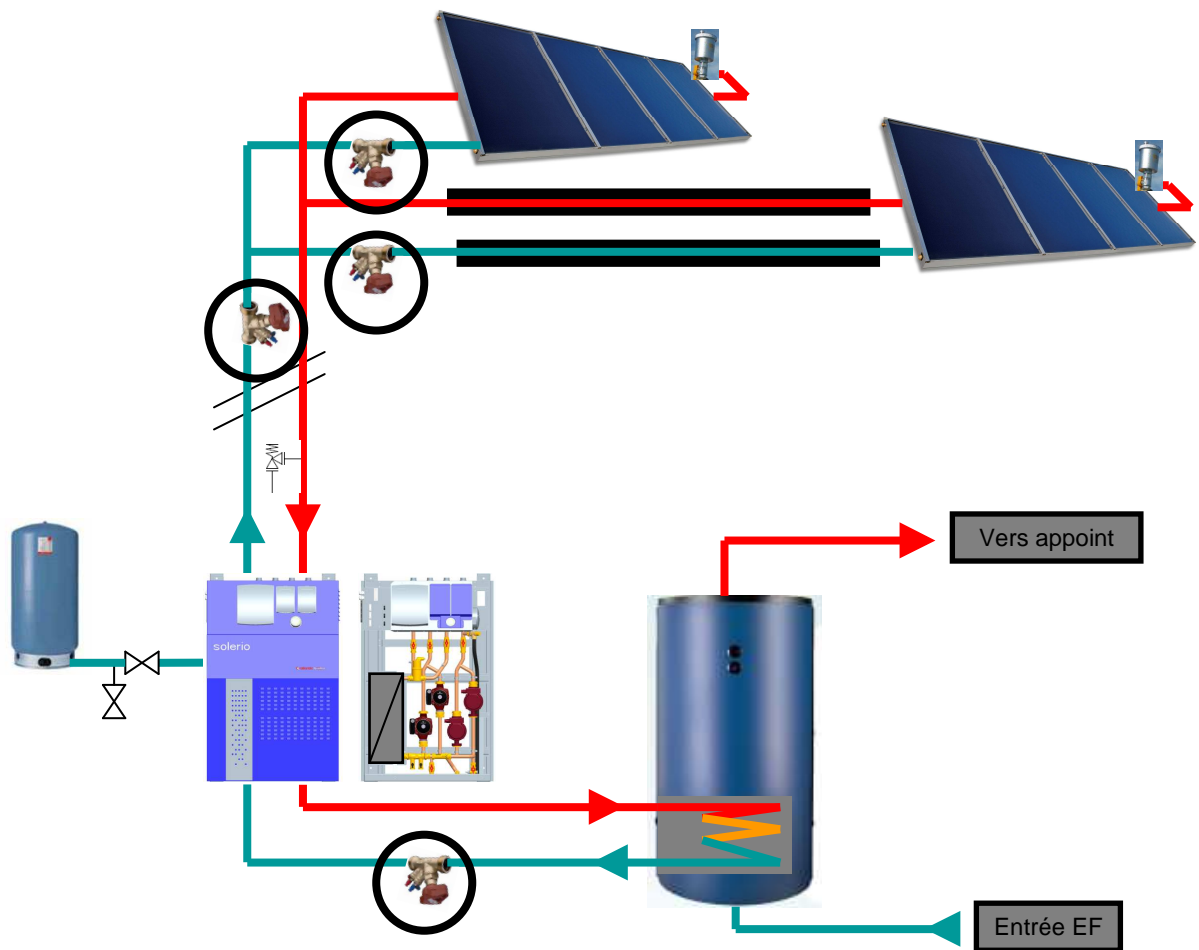


Schéma VIII/1 - Equilibrage du circuit solaire

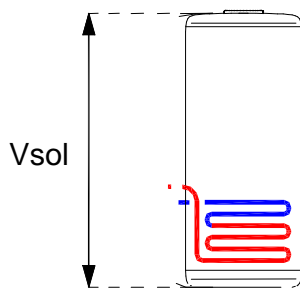
- ✓ Vérifier le dimensionnement du vase d'expansion afin qu'il puisse recevoir le volume de fluide glycolé contenu dans les capteurs en cas de surchauffe ;
- ✓ Veiller à protéger la vessie du vase d'expansion en ne dépassant pas des températures supérieures à 70°C : placer un réservoir tampon intermédiaire si nécessaire ;
- ✓ Vérifier qu'un kit vanne d'isolement et de vidange soit installé entre le vase et l'installation solaire de façon à pouvoir contrôler sa pression de gonflage ;

Côté échangeur solaire :

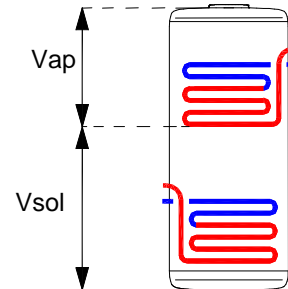
- ✓ Veiller à ce que l'échangeur solaire soit correctement dimensionné pour transmettre sa puissance au secondaire en limitant les pertes de performances, ou demander les hypothèses de dimensionnement au constructeur ;

Côté ballon solaire :

- ✓ Vérifier que le volume du ballon solaire soit adapté à la surface de capteurs installée (ratio moyen à respecter 50 litres/m² de capteurs)
- ✓ A capacité nominale équivalente, la surface maximale de capteurs à raccorder sur un ballon de type BS2 ne peut être aussi importante que sur un ballon de type BS1 (Cf. **schéma VIII/2**). En effet, le volume solaire V_{sol} est inférieur car le volume d'appoint V_{ap} ne doit pas être pris en compte ;



Ballon type BS1 2000 litres



Ballon type BS2 2000 litres

Schéma VIII/2 – Volume solaire d'un ballon BS1/BS2

- ✓ S'assurer de la non présence d'un appoint ou de tout autre source de chaleur dans le volume solaire, veiller à ce que la seule source d'énergie provienne des capteurs afin que la température soit toujours la plus basse possible ;
- ✓ Veiller à conserver une bonne stratification du volume solaire pour que l'échange avec les capteurs soit optimum.

Côté eau sanitaire :

- ✓ Pendant les périodes d'ensoleillement et de non soutirage, prévoir l'option bouclage solaire qui utilise l'excès d'énergie solaire au lieu de l'énergie d'appoint, pour combattre « gratuitement » les déperditions du bouclage ECS et des stockages d'appoint (Cf. **Encadré 5** partie 1) ;
- ✓ Lors de la mise en place d'un système anti-légionellose, veiller à ce que l'échangeur soit correctement dimensionné pour transmettre une puissance au secondaire en limitant les pertes de performance, ou demander les hypothèses de dimensionnement au constructeur (Cf. **Encadré 7** partie 1) ;

- ✓ Veiller à ce que la température de stockage ECS soit la plus proche de la température de distribution (Cf. schéma VIII/3) ;

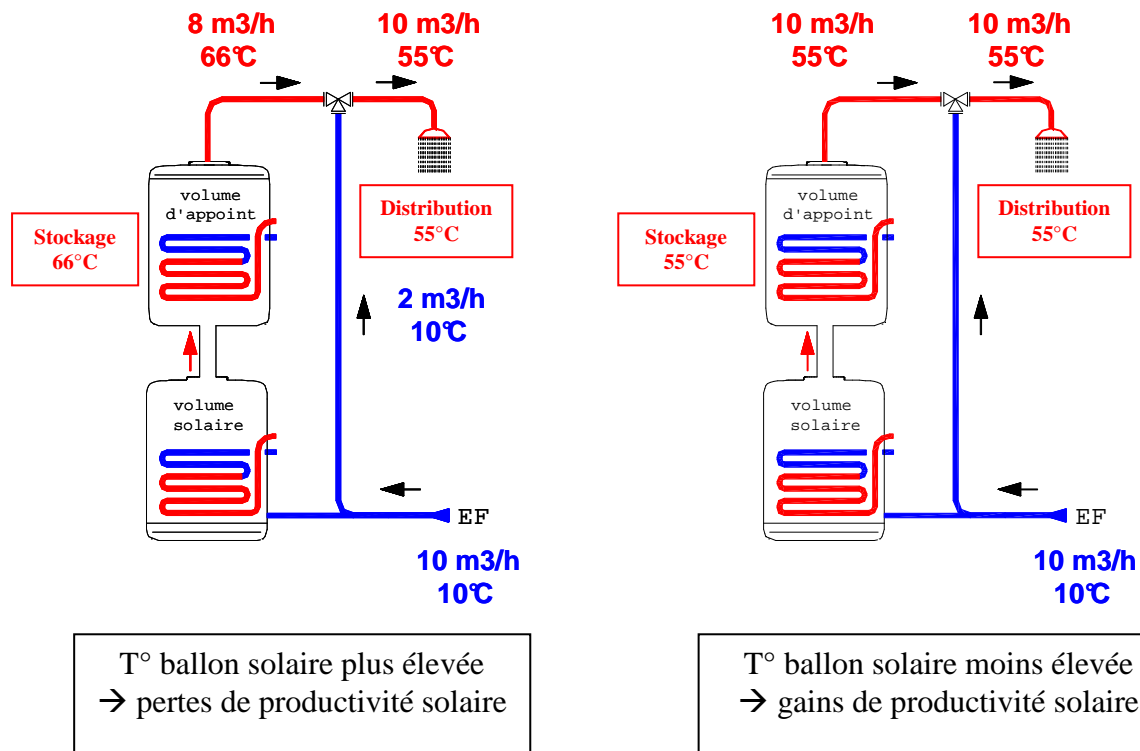


Schéma VIII/3 – Température de stockage ECS / Température de distribution

VIII - 3 – Le maintien de la productivité solaire

Le maintien de la productivité d'une installation de production d'eau chaude sanitaire solaire collective passe par une exploitation suivie.

La mise en service d'une installation solaire est une étape importante. Elle doit être réalisée si possible par le constructeur ou par des personnes qualifiées, ayant été formées sur le matériel installé. Les valeurs et paramètres notés sur la fiche de mise en service serviront de référence pendant toute la durée de vie de l'installation.

Pour faciliter la compréhension du fonctionnement de l'installation aux différents intervenants, le schéma de principe doit être affiché en chaufferie avec comme indications minimales : le sens de circulation du fluide et l'état des vannes (NO ou NF).

Ci-dessous, sont cités les principaux points auxquels nous devons prêter attention périodiquement, et qui figurent généralement dans le contrat d'exploitation :

- ✓ Contrôler la propreté du vitrage des capteurs, et l'état de l'absorbeur (absence de traces ou points de corrosion);
- ✓ Vérifier si le débit et l'équilibrage de l'installation solaire sont toujours identiques depuis la mise en service (présence de vannes d'équilibrage indispensables) ;

- ✓ Contrôler la couleur du fluide glycolé pour donner une première indication : vérifier s'il est identique à celui d'origine, ou s'il n'a pas été soumis à de hautes températures ;
- ✓ Contrôler la qualité du fluide glycolé (son pH), et son point de congélation (à l'aide d'un réfractomètre) ;
- ✓ Contrôler la performance et l'efficacité des échangeurs (encrassement) ;
- ✓ Contrôler la pression hydraulique de l'installation solaire (présence d'un manomètre indispensable) ;
- ✓ Contrôler la pression de gonflage du vase d'expansion (présence d'un ensemble vanne d'isolement/vidange entre le vase et l'installation indispensable) ;
- ✓ Raccorder l'évacuation des soupapes à un bac de récupération pour faciliter le contrôle d'éventuels rejets, et en trouver la cause si le cas se présente ;
- ✓ Purger les points hauts de l'installation solaire si nécessaire (capteurs, ...) ;
- ✓ Contrôler l'état de l'isolation surtout celle située à l'extérieur
- ✓ Contrôler l'état de la régulation et des sondes ;
- ✓ En présence d'un comptage d'énergie, contrôler le bon fonctionnement des sondes et des compteurs, pour ces derniers prévoir un éventuel étalonnage ;
- ✓ La présence d'un enregistreur de donnée communiquant facilitera l'analyse du fonctionnement et des performances de l'installation in situ ou à distance.

Chapitre IX - Conclusions générales

Les installations solaires thermiques sont des systèmes de récupération de « calories gratuites » qui permettent, en neuf comme en rénovation, de réduire significativement les consommations d'énergie primaire.

Par contre, il ne faut pas tomber dans l'excès au risque de les sur dimensionner en augmentant le nombre de capteurs !

Le gain supplémentaire d'énergie devra s'effectuer au travers de l'amélioration du bâti et de l'optimisation des autres équipements techniques.

Pour parvenir à la performance escomptée, il faudra donc :

- un bâtiment approprié au solaire,
- des consommations d'eau chaude suffisantes pour exploiter l'énergie solaire disponible,
- une étude de conception comprenant la détermination de tous les organes et accessoires avec leur valeur de réglage,
- une installation conforme aux préconisations de l'étude,
- une mise en service complète et soigneuse du système avec sauvegarde des données de référence,
- un suivi et un entretien périodique.

Cependant, face à la diversité des technologies et des gammes de matériels, les concepteurs peuvent préconiser des systèmes complets afin de faire gagner un temps précieux lors de leur mise en œuvre. De plus, ces offres constructeurs peuvent être accompagnées de différents services selon les produits – formation, prestations de mise en service et d'après vente, assistance à l'entretien, extension de garantie, ... - dans le but de former installateurs et exploitants et rendre pérennes ces solutions

Chacun des acteurs à son rôle à jouer au sein de la filière. C'est en travaillant mieux ensemble et en échangeant nos expériences que l'on améliorera encore la qualité et la pérennité des installations ; tout en maintenant leurs performances sur le terrain.



Coédition Atlantic/Xpair fév. 2012 - Web Copyright®

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite»