



## **Conception et réalisation d'une installation solaire thermique active « low-tech » pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire**

### **Pourquoi stocker la chaleur solaire dans une cuve d'eau chaude ?**

Le solaire thermique, source qui sera encore disponible pendant quelques milliards d'années, est utilisable pour servir les usages de chaleur (chauffage et eau chaude) dans des bâtiments d'habitation ou de bureaux. La principale difficulté dans son utilisation est de le stocker au moment où il arrive (variable et majoritairement en été), pour l'utiliser au moment des besoins, qui sont, sous nos latitudes moyennes, principalement en hiver pour le chauffage. Le rôle du stockage est donc crucial. Il peut se faire de deux manières : dans les parois du bâtiment et/ou dans une cuve de stockage d'eau chaude.

Le principe de stockage de chaleur dans les parois s'appelle « maison solaire passive » et consiste à concevoir un bâtiment pour qu'il capte l'énergie solaire et la stocke dans sa structure lourde (planchers, murs porteurs), pour qu'elle soit restituée dans le logement quand le soleil est absent. Cette technique a l'avantage de la simplicité : elle ne nécessite pas d'équipements complexes à installer et entretenir, elle n'a pas besoin de réseaux d'eau chaude ou d'air chaud pour répartir la chaleur. Mais, comme la capacité de stockage de chaleur dans la maçonnerie n'est pas très élevée, la quantité de chaleur stockée ainsi n'est pas très importante, et ne suffit pas, en général, à couvrir tous les besoins. Le « taux de couverture » solaire (quantité fournie par le solaire par rapport au total des besoins) de ce stockage « passif » n'est pas très élevé, et varie entre 30% et 60% au maximum. Ces bâtiments « solaires passifs » nécessitent en général un système d'appoint, le plus souvent électrique ou bois-énergie, pour apporter un complément lors des périodes de soleil trop longues, généralement en novembre-décembre-janvier. Cet appoint peut être coûteux à l'installation (bois-énergie) ou au fonctionnement (électricité directe). Il peut aussi être indésirable pour des raisons écologiques (émissions de fumées polluantes pour le bois-énergie, émissions de produits radio-actifs pour l'électricité nucléaire), ou de volonté d'autonomie maximale. Pour plus de détails, voir mon article de blog : [https://tunebook.fr/systemer\\_collapso.html](https://tunebook.fr/systemer_collapso.html)

### **Pour améliorer le taux de couverture solaire, la solution « active » consiste à mettre en place un système de stockage de chaleur longue durée dans un ballon d'eau chaude.**

Cela permet en principe de fournir de la chaleur pendant tout l'hiver, ou presque. Ce qui est visé, c'est un taux de couverture solaire très élevé (> 95 % des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire). Dans ce cas, les personnes qui occupent le logement acceptent une température inférieure à 19 °C pendant quelques jours de l'hiver, ce qui leur permet de se passer d'appoint.

Ce stockage dans un ballon d'eau chaude est chauffé par des capteurs thermiques plans. C'est ce que l'on appelle du « solaire actif ». La raison de ce choix est que l'eau a une capacité de stockage de chaleur très élevée, quasiment du double de la capacité de la pierre ou du béton, pour un même volume. L'eau étant une ressource facilement disponible, on peut donc avoir ainsi, pour un coût très raisonnable, un stockage de chaleur en quantité importante et de longue durée (plusieurs semaines, voire plusieurs mois), à condition qu'il soit très bien isolé.

Ce principe est utilisé par la profession spécialisée pour proposer des systèmes complets appelés « Systèmes Solaires Combinés » (SSC), qui fournissent chauffage et eau chaude sanitaire à partir d'un ensemble [ panneaux capteurs / circulation de fluide caloporteur / cuve de stockage / système de diffusion de chaleur dans la maison ]. Voir par exemple :

- le système proposé par l'entreprise HELIOFRANCE (qui est l'entreprise sélectionnée par Twiza pour l'achat groupé de systèmes solaires thermiques) :

<https://www.heliofrance.fr/accumulateur-eau-chaude-systeme-solaire-combine-ssc>

- le système proposé par l'entreprise SOLISART :

<https://www.solisart.fr/chauffage-solaire-maison/>

- les systèmes commercialisés par l'entreprise suisse allemande JENNI :

<https://jenni.ch/fr/clients-professionnels/>

Comme on peut le voir sur les catalogues, ces systèmes sont très onéreux.

**L'idée présentée ici consiste à repenser ces installations solaires thermiques classiques dans un esprit « low-tech » :**

1- Adapter les principes du solaire actif de la manière la plus simple possible, à travers des systèmes techniques rustiques et intrinsèquement sécurisés, sans trop sacrifier la performance énergétique globale du système. Cette approche permet une conception de systèmes très résilients, qui fonctionnent sans connexion au réseau public électrique, donc adaptés aux situations extrêmes (guerre, effondrement socio-politique).

2- Utiliser si possible et autant que possible des équipements issus du réemploi ou de la récupération (matériels et équipements d'occasion). Sous l'impulsion des pouvoirs publics et de quelques entreprises innovantes, il existe en France un réseau de fournisseurs d'équipements et de matériaux issus de la déconstruction, en vue du réemploi.

L'utilisation de cette filière devrait permettre de dimensionner largement les équipements, car si on trouve, par exemple, des cuves de stockage d'occasion, on peut en poser une de grande capacité pour un prix raisonnable. Pour autant, bien sûr, que les équipements récupérés aient les caractéristiques requises et soient en bon état.

Ces choix permettent, en principe, de concevoir des systèmes à coût réduit par rapport aux installations classiques « clé-en-main » proposées par les entreprises citées ci-avant, et qui sont, du fait de leur prix très élevé, dimensionnées au plus juste pour limiter l'investissement. Le fait de passer par le marché de l'occasion peut faire sauter en partie cette barrière de l'investissement, ce qui permet de sur-dimensionner l'installation (surface de capteurs et surtout volume de stockage) pour qu'elle atteigne le taux de couverture très élevé que nous recherchons.

## Limites du concept :

1- Ces systèmes ne sont pas « prêts à l'emploi » comme ceux que l'on trouve sur le marché traditionnel. Ils nécessitent une appropriation par les personnes utilisatrices, à la construction puis à l'usage, pour optimiser et surveiller leur fonctionnement quotidien. Ces installations sont sans garantie, ce sont les personnes utilisatrices qui assurent l'entretien. Mais comme les systèmes sont conçus pour être très simples, cet entretien l'est, en principe, aussi.

2- On ne peut espérer un taux de couverture très important, pour se passer d'appoint, que si le bâtiment a des consommations très faibles. Une installation solaire thermique est toujours possible, mais, pour les bâtiments peu ou mal isolés (par ex. rénovation d'une maison ancienne avec ponts thermiques), l'investissement sera conséquent et le taux de couverture faible (50 à 70%), ce qui donnera des périodes assez longues avec une température intérieure des locaux inférieure à 19°C. Il faudra donc probablement un appoint, ce qui augmente l'investissement (double système). L'intérêt économique n'est donc pas évident dans ce cas, même si on utilise des équipements à faible coût. Comme dans toute démarche énergétique, il faut d'abord viser la réduction des besoins (sobriété par une isolation complète et renforcée) avant de concevoir un système qui apporte l'énergie nécessaire au chauffage du bâtiment.

## DESCRIPTION DES « LOW-TECH » PROPOSÉES :

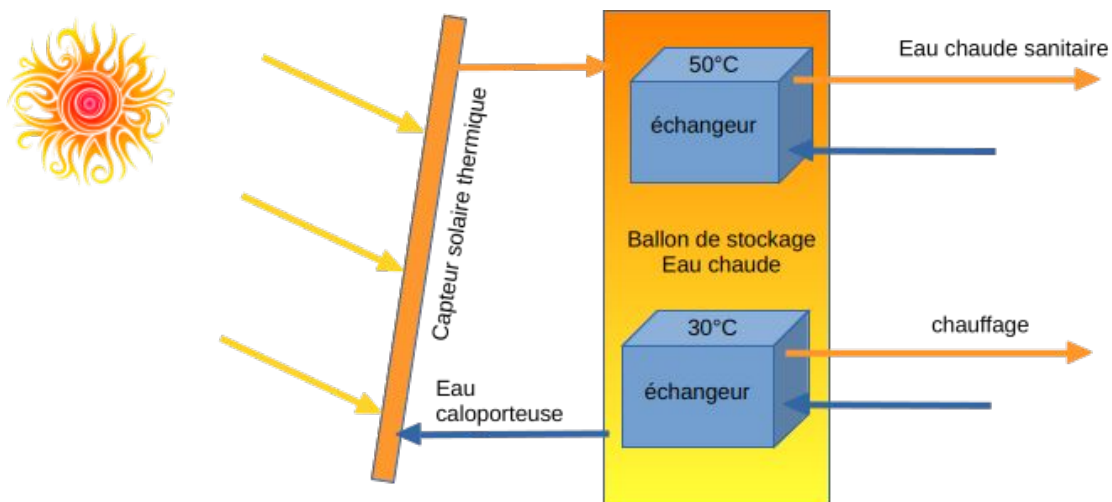


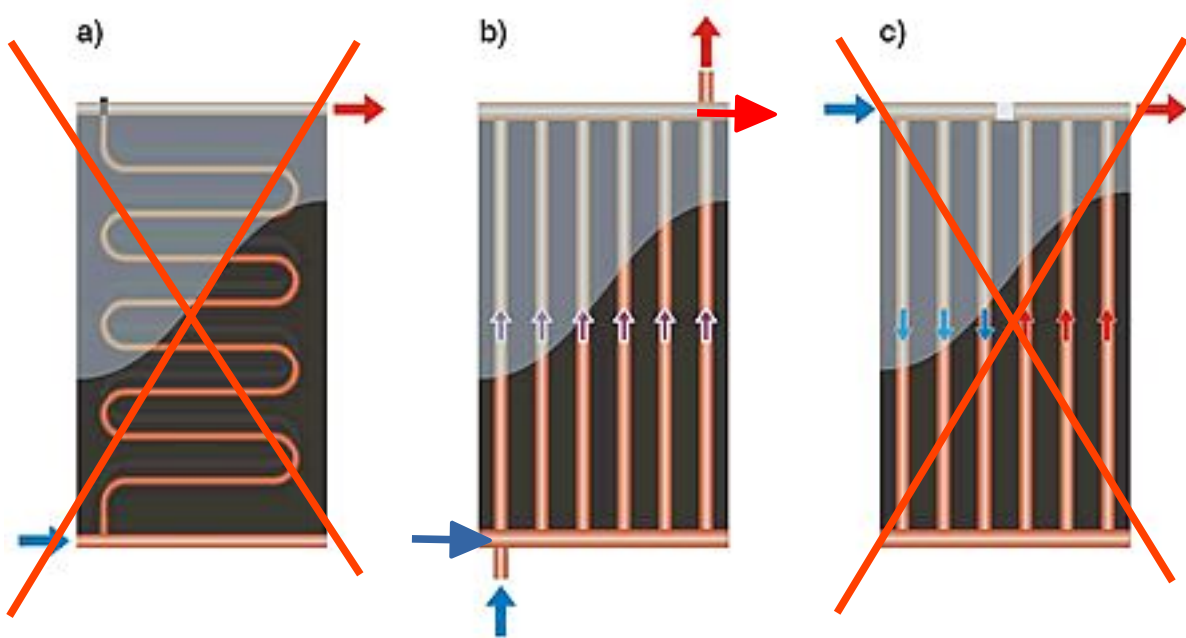
Schéma de principe d'un Système Solaire Combiné (SSC)

Les techniques simples présentées dans ce document concernent :

- 1- Le choix des capteurs thermiques plans « en harpe »
- 2- L'implantation des capteurs en paroi verticale Sud
- 3- L'installation de volets de protection sur les capteurs
- 4- Le fonctionnement de la pompe de circulation en « PV-siphon »
- 5- Le choix du schéma hydraulique avec cuve « d'eau morte »
- 6- La cuve de stockage et son équipement de stratification
- 7- Les échangeurs de chaleur dans la cuve
- 8- Le réglage des débits et des températures du système en fonctionnement
- 9- La fourniture de chaleur à l'ECS et au chauffage

## 1- Le choix des capteurs thermiques plans « en harpe »

Il existe deux sortes de parcours du fluide dans les capteurs plans : soit un serpentin avec un seul tube coudé en S (a), soit une grille de plusieurs tubes en parallèle, dits « en harpe » (b & c).



Source : <https://energieplus-lesite.be/techniques/eau-chaude-sanitaire11/differents-preparateurs/capteur-solaire-a-eau-chaude-d1/>

Pour être « low-tech », on cherche à avoir un système le plus autonome possible, et qui consomme le moins d'énergie électrique pour faire circuler le fluide dans les tubes.

Solution a) : Au fur et à mesure qu'elle s'échauffe, l'eau caloporteuse monte dans le serpentin. Mais, comme la pente est faible, les coudes nombreux et la longueur importante, les pertes de charge (les frottements qui freinent la circulation) sont relativement importantes et l'effet thermosiphon est faible. Il faut un circulateur assez puissant.

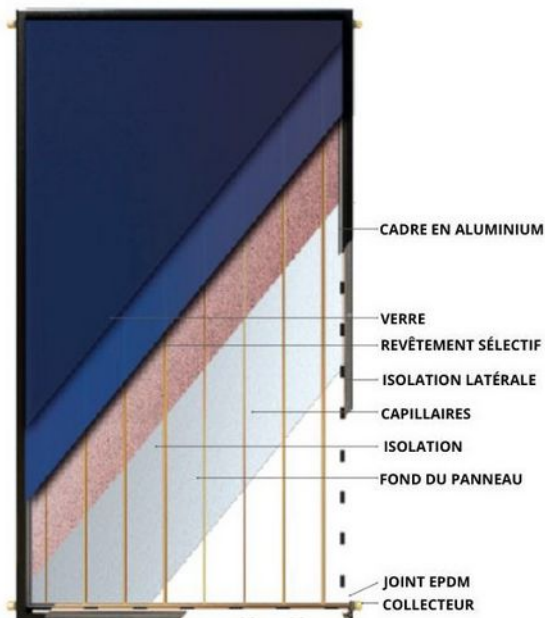
Solution b) : Au fur et à mesure qu'elle s'échauffe, l'eau caloporteuse monte dans les tuyaux verticaux avec des pertes de charge très faibles, l'effet thermosiphon est maximal, le circulateur peut être peu puissant. En outre, les entrée et sortie étant opposées, le fluide se répartit spontanément et de manière équilibrée dans tous les tubes (boucle de Tickelman), ce qui améliore l'efficacité thermique globale du capteur.

Solution c) : L'effet thermosiphon de la grille ascendante est annulé par l'effet contraire de la partie descendante, il est globalement nul. Un circulateur puissant est obligatoire.

Les constructeurs traditionnels ont conçu leurs capteurs en partant du principe qu'un circulateur est toujours présent dans une installation. Pour des raisons de coût de fabrication, le système a) est très fréquent (peu de soudures). Quant au système c), il facilite les branchements en série des capteurs. Mais le système b) est le seul qui permet un effet thermosiphon réellement efficace. Il est donc préférable d'utiliser ce modèle.

Il faut donc faire attention à ce point, surtout si on recherche des matériels d'occasion. Ces trois systèmes fonctionnent, simplement le système b) est meilleur que les autres pour une installation low-tech.

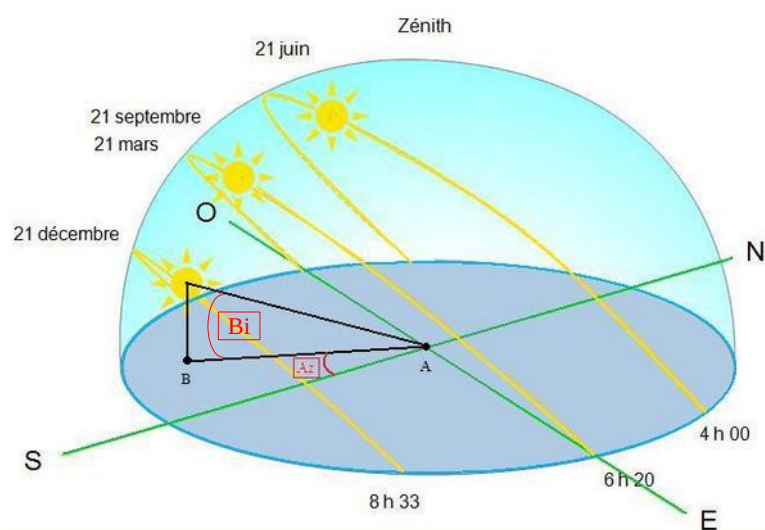
Il est possible de s'en procurer des neufs chez Solaire Diffusion :



<https://boutique-solaire-diffusion.eu/32-panneaux-solaires-thermiques>

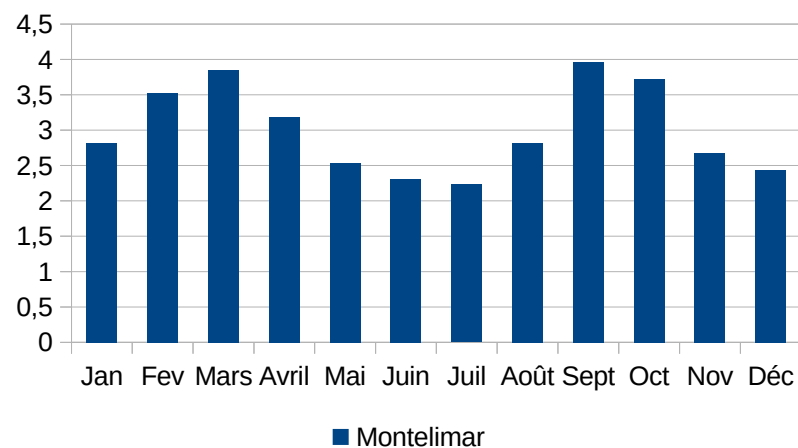
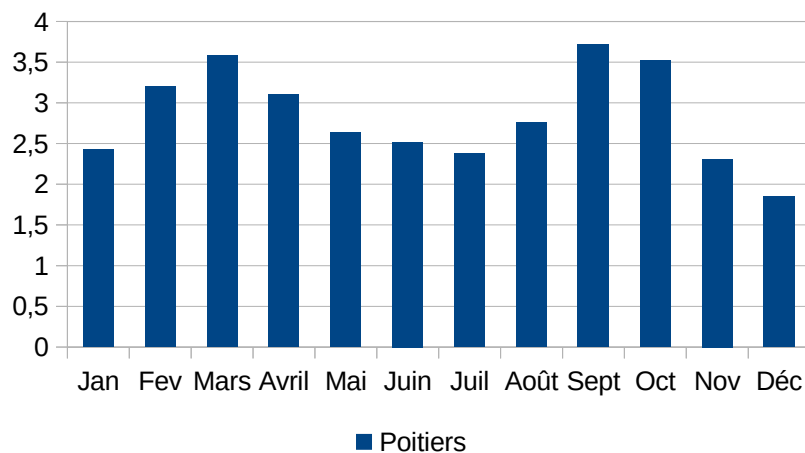
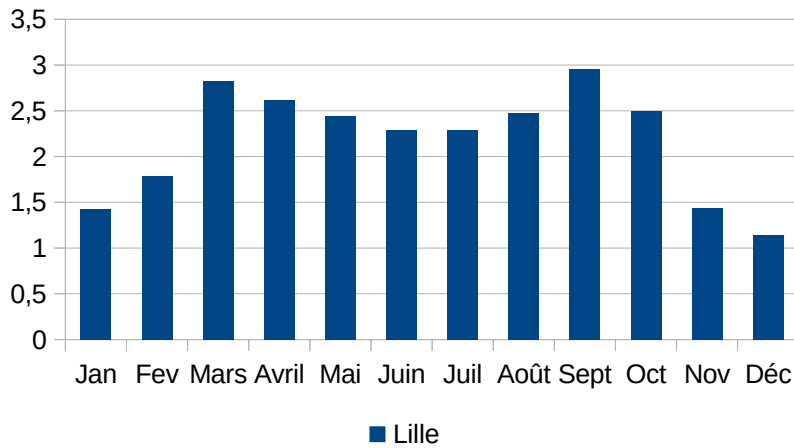
On n'étudie pas ici les autres types de capteurs, moins fréquents et qui ne sont pas low-tech (tôles soufflées à haute pression « roll-bond » ou capteurs tubulaires sous vide). On n'étudie pas non plus l'auto-fabrication des capteurs plans, qui est possible mais dépasse le cadre de ce projet.

## 2- L'implantation des capteurs en paroi verticale Sud



Course apparente du soleil dans l'année à Paris –  $Az$  : orientation,  $Bi$  : inclinaison

Contrairement aux idées reçues, il ne faut pas que les capteurs thermiques soient trop orientés vers le haut du ciel. Le soleil étant bas en hiver sous nos latitudes, au moment où on a besoin de chauffage, la productivité est la meilleure quand le soleil est bien en face, donc quand les capteurs sont en position verticale ou proche. Le diagramme ci-après présente l'énergie moyenne quotidienne reçue (en kWh) sur un plan de 1 m<sup>2</sup> orienté Sud et placé verticalement.

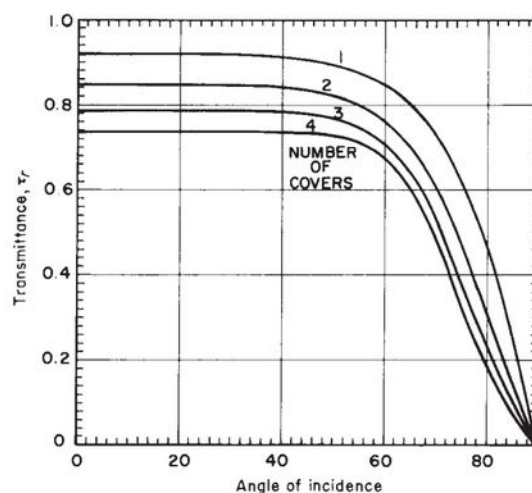


Source : Atlas énergétique du rayonnement solaire pour la France – J.-F. Tricaud Pyc Editions

On voit que le soleil nous envoie, **sur un plan vertical Sud**, une quantité d'énergie qui varie peu chaque mois de l'année (rapport de 1 à 2), avec un creux en décembre. On voit également que la fourniture solaire est très forte en septembre-octobre, ce qui nous donne pour objectif que le stockage soit capable de se charger pendant cette période, pour fournir ensuite la chaleur qui n'arrive pas suffisamment pendant les trois mois de l'hiver suivant. On vise donc une « autonomie » de 3-4 mois, jusqu'à début mars.

Cette position verticale des capteurs assure une production maximale en hiver, et limite fortement la production en été (le soleil très haut dans le ciel ne rentre que très peu dans les capteurs verticaux), ce qui évite naturellement les surchauffes des capteurs et de l'eau caloporteuse. Ainsi, la meilleure intégration de capteurs solaires thermiques plans, pour le chauffage, est en façade verticale Sud. C'est aussi la plus simple.

Notons tout de même que **l'orientation** n'est pas un point critique. En effet, la quantité d'énergie solaire qui traverse la vitre du capteur est importante même si le rayonnement arrive en biais. Le schéma ci-après indique que le taux de pénétration (transmittance) est quasiment le même jusqu'à une incidence de 50°. Les concepteurs peuvent donc orienter les panneaux avec une certaine tolérance autour de la direction Sud, qui n'est pas impérative. Néanmoins, plus les panneaux sont **inclinés** vers le ciel et plus les surchauffes d'été sont certaines.



**Figure 5.1.3** Transmittance of 1, 2, 3, and 4 nonabsorbing covers having an index of refraction of 1.526.

Source : Solar Engineering of Thermal Processes – Duffie-Beckman – Wiley Edition p. 205

### 3- L'installation de volets de protection sur les capteurs

On peut concevoir des volets qui pivotent selon la ligne horizontale basse des capteurs pour les recouvrir en position fermée. Ce système a un triple avantage :

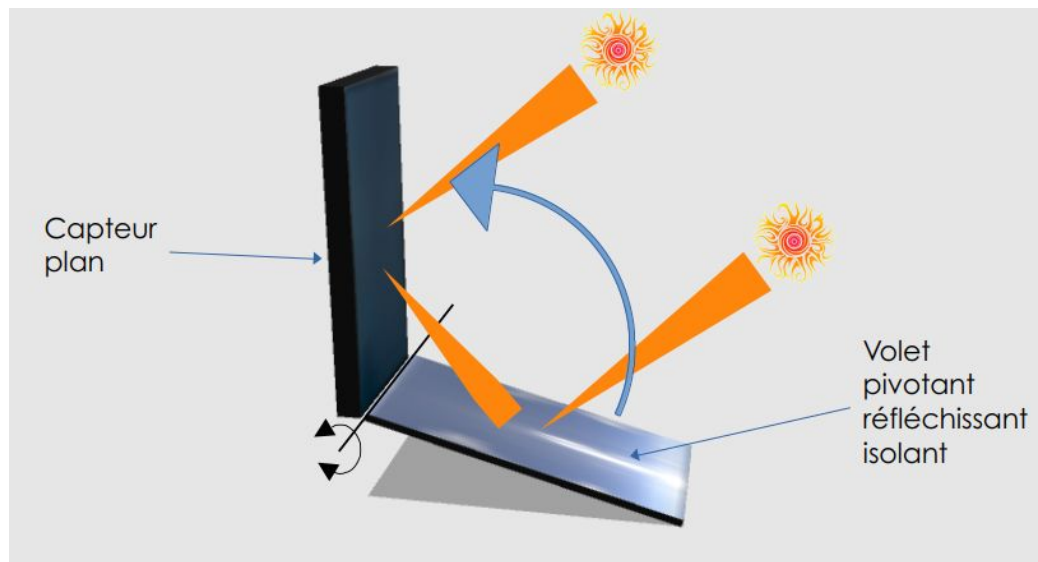
a) en position ouverte, si on place un revêtement brillant sur la face intérieure, on augmente la quantité de rayonnement incident, donc le productible, par effet miroir,

b) en position fermée, le volet assure une isolation thermique des capteurs, ce qui annule les risques de gel et permet d'utiliser une eau caloporteuse sans antigel ou avec un antigel léger,

c) il permet de protéger les capteurs en dehors des heures de fonctionnement, ce qui les met à l'abri des chocs et des intempéries et augmente considérablement leur durée de vie.

En outre, en position fermée, les volets cachent les capteurs. C'est un point important car si l'apparence extérieure des volets est la même que le reste de la maison (ou du bâtiment), on rend les capteurs quasiment invisibles en dehors de leur temps de fonctionnement. Or, dans une année, le temps de fonctionnement des capteurs est assez court, de l'ordre de 20 % du temps total au maximum. Ainsi, ce point peut être utilisé pour négocier avec les autorités qui gèrent les règles d'urbanisme local, en argumentant sur un aspect visuel classique des façades pendant la majeure partie du temps, car les volets sont fermés par défaut, et alors invisibles.

L'effet miroir d'amplification du rayonnement peut être optimisé pour les mois de septembre et octobre, qui sont, nous l'avons vu, les mois critiques pour le remplissage de chaleur dans le stockage. Selon la latitude du lieu, et donc la course du soleil (hauteur moyenne en journée), on pourra calculer l'inclinaison du volet pour que la surface de captage soit plus importante. Ainsi, on peut espérer une augmentation de 20 à 30 % de la chaleur récupérée.



L'ouverture et la fermeture des volets peuvent être réalisés, dans un esprit low-tech, de la manière suivante :

- l'ouverture est manuelle et tend un ressort de rappel ;
- la fermeture est soit manuelle soit automatisée en utilisant le ressort de rappel (avec régulation de vitesse par centrifuge et amortisseur) ; elle peut être commandée, à l'heure prévue, par une horloge mécanique à l'ancienne.

Ce système permet aussi de réguler la production, en fermant les volets quand la température du ballon est maximale.

**Limite** : en hiver et température extérieure négative, il peut arriver que des passages nuageux en journée ensoleillée arrêtent pour un moment la récupération de rayonnement solaire. Le capteur risque alors de se refroidir jusqu'à une température négative. Il faudra, soit surveiller les capteurs et fermer les volets, soit utiliser un antigel dans le fluide caloporteur.

#### 4- Le fonctionnement de la pompe de circulation en « PV-siphon »

Un panneau PV peut fournir l'électricité nécessaire à la pompe pour qu'elle fasse circuler le fluide caloporteur quand les capteurs fonctionnent et ainsi évacuer la chaleur vers la cuve de stockage. Quand le soleil disparaît, la circulation s'arrête naturellement, et reprend quand le soleil réapparaît. Cette auto-régulation procure une sécurité intrinsèque au système en évitant toute surchauffe dans les capteurs.

J'appelle ce système « PV-Siphon » en référence au thermosiphon, système qui transfère, sans pompe, l'eau chaude des capteurs dans un ballon situé au-dessus d'eux (la chaleur monte). Ce système de « PV-Siphon » permet de transférer la chaleur des capteurs dans un stockage situé **au même niveau que lui** sans électricité extérieure : le système fonctionne de manière autonome et la recharge en chaleur du stockage se fait même si le réseau public électrique tombe en panne.

Pompe de circulation conçue pour être alimentée directement par un capteur photovoltaïque

[www.ussolarpumps.com/](http://www.ussolarpumps.com/)



L'ultime avantage de ce système est le suivant : comme la puissance de la pompe est en permanence proportionnelle à la puissance thermique récupérée par le capteur (même ensoleillement direct instantané), la température en sortie de capteur est à peu près constante. Car, quand le rayonnement est intense, la pompe tourne au maximum et quand le rayonnement diminue, la pompe diminue son débit en même temps, en même proportion que le rayonnement reçu par le capteur thermique, qui va ainsi fournir moins de chaleur, mais comme le débit de la pompe sera réduit, la température de l'eau caloporteuse en sortie de capteur sera (à peu près) constante.

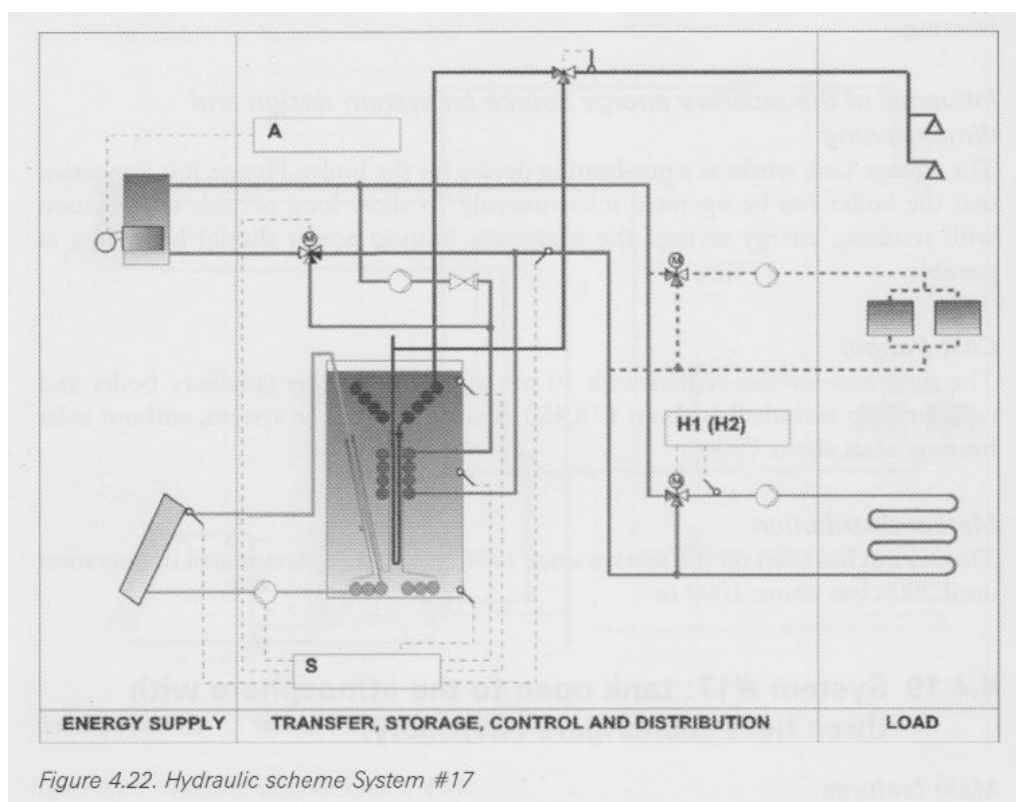
#### Limites du concept de PV-Siphon :

Ce dispositif implique une adaptation précise des caractéristiques du capteur thermique et du capteur photovoltaïque pour que ce fonctionnement soit correct. Il faudra trouver le bon dimensionnement [puissance électrique pompe] / [puissance thermique capteur] pour que les variations d'ensoleillement provoquent les variations bien proportionnelles qui sont nécessaires pour fournir la bonne température de sortie (entre 50 et 60 °C), qui permet un réchauffement correct du ballon.

## 5- Le choix du schéma hydraulique avec cuve « d'eau morte »

C'est un principe dans lequel le stock de chaleur est une cuve d'eau cylindrique verticale, avec un circuit direct de l'eau caloporteuse des capteurs plans vers la cuve. Cette solution améliore le rendement (pas d'échangeur primaire) et permet aussi de se dispenser de vase d'expansion, la cuve étant à l'air libre (couvercle muni d'un évent). La chaleur est stockée dans cette « eau morte », et la **production d'eau chaude sanitaire se fait par échangeur instantané**, en haut du ballon (voir premier schéma), comme dans une chaudière murale gaz : il n'y a donc aucun risque de légionellose.

**Limite** : ce système avec cuve sans pression (à l'air libre) ne peut pas fonctionner si le niveau haut des capteurs est plus haut que le niveau haut de l'eau dans la cuve, car, dans ce cas, les capteurs risquent de se vider dans la cuve. Donc si la cuve doit être placée plus bas (par ex. dans un sous-sol), il faudra que le circuit primaire des capteurs transfère sa chaleur par un gros échangeur placé en bas de cuve.



Source : Solar Heating Systems for Houses – AIE – Werner Weiss éditeur – p. 84

Ce schéma, tiré d'un livre technique, comprend une chaudière d'appoint ; le but recherché ici est de **ne pas** installer d'appoint.

## 6- La cuve de stockage et son équipement de stratification

La cuve est de forme générale cylindrique verticale pour provoquer une gradation verticale de température en son sein. Cette stratification de la chaleur dans le ballon (la chaleur monte) se produit spontanément quand le système apporte de l'eau chaude

venue des capteurs : l'eau plus chaude monte jusqu'à ce qu'elle trouve une eau à sa température. Ce phénomène est très utile pour fournir deux niveaux de température selon les usages : 50°C en haut de cuve pour l'ECS, 30 °C en partie moyenne pour le chauffage basse température (plancher ou murs chauffants, air chaud pulsé).

Dans cette cuve à l'air libre (à la pression atmosphérique), d'une capacité de quelques m3, sont installés :

- un système d'amélioration de la stratification de température (pour éviter que des mouvements hydrauliques spontanés ne mélangent les eaux chaudes et froides, ce qui ferait baisser la température en haut de la cuve)
- les échangeurs noyés pour récupération des chaleurs moyenne température (en haut de cuve) et basse température (au milieu de cuve).



 SWISS MADE

Cuve de stockage de 1000 litres  
fabriquée et vendue par  
l'entreprise suisse Jenni  
<https://jenni.ch>

Cette cuve est sous pression, elle  
ne correspond pas à notre  
système, mais on voit ici les  
échangeurs intérieurs (serpentins)  
ainsi que les entrées et sorties  
dirigées vers le bas pour éviter les  
effets de thermosiphon dans les  
départs de tuyauteries.

On l'a compris, l'eau contenue dans la cuve n'est pas de qualité alimentaire. C'est une eau brute, simplement neutralisée pour éviter les développements biologiques (faibles car il n'y a aucune lumière) et éventuellement chargée d'antigel.

Cette cuve doit être fortement isolée pour limiter les pertes à long terme (20 cm d'isolant performant sous le fond, au moins 50 cm sur toute la hauteur et le couvercle) et être munie d'entrées-sorties hydrauliques coudées vers le bas pour éviter les pertes de chaleur par circulations non contrôlées dans ces orifices (effets de petits thermosiphons dans les tuyauteries qui font circuler l'eau chaude vers l'extérieur de la cuve et augmentent les pertes).

Il faut bien comprendre que la capacité de stockage – le volume de la cuve - est le paramètre critique de ces installations. En effet, si l'on vise un taux de couverture très élevé (> 95 %), cela signifie qu'il faut « passer l'hiver » sans poêle à bois, et donc faire face à plusieurs semaines sans aucun soleil pour recharger la chaleur du stock. Il faut donc très fortement réduire les pertes du ballon. Pour cela, on peut faire deux choses lors de la construction :

- augmenter au maximum la qualité et la quantité (épaisseur) de l'isolant, surtout en partie haute et au-dessus du couvercle,
- utiliser une cuve la plus volumineuse possible ; en effet, plus une cuve est grosse, plus sa surface extérieure diminue en proportion du volume de stockage, donc de la quantité de chaleur stockée. Si cette surface extérieure diminue (en proportion du stock), les pertes diminuent également en proportion et l'autonomie augmente. Ainsi, la réussite d'une telle installation passe par un volume de stockage le plus important possible, pour un coût raisonnable. Voilà pourquoi on doit rechercher une cuve d'occasion, ou à faible coût.

À mon sens, voilà la première raison de l'échec, depuis cinquante ans en France, des installations solaires thermiques domestiques en chauffage : le coût très élevé du stockage pour « passer l'hiver ». Le pari qui est fait ici est de réaliser des installations avec des cuves de quelques m<sup>3</sup> pour un coût modeste. On peut en trouver en milieu agricole. Notons cependant que cette contrainte n'est forte que si le bâtiment n'est pas très bien isolé : une construction performante énergétiquement aura besoin d'un stockage plus faible, donc d'une cuve plus petite. Le dimensionnement précis devra être réalisé par un bureau d'études au cas par cas.

Une cuve d'occasion de type agricole, en résine armée, fibre de verre ou polymère, peut être utilisée, à condition qu'elle supporte une température de service continue de 80°C. Les avantages sont la légèreté, la résistance à la corrosion et la facilité de percement pour placer les différentes entrées-sorties hydrauliques (eau caloporteuse primaire et échangeurs). Il faut que le couvercle soit amovible pour placer les éléments à l'intérieur avant de tout noyer dans l'eau.

On peut aussi utiliser une cuve inox (d'occasion), plus résistante mais plus difficile à percer.



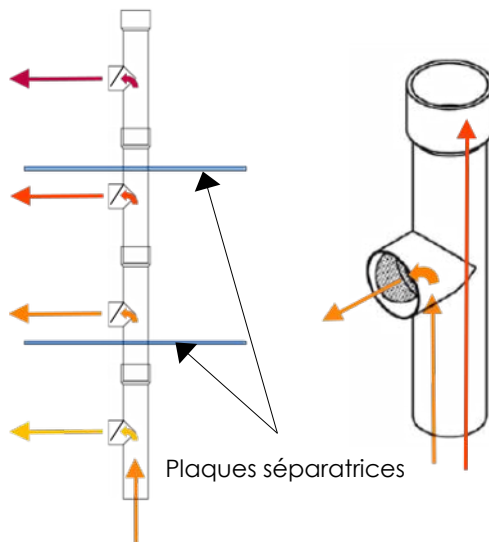
Cuve agricole de 4,5 m<sup>3</sup> en fibre de verre proposée à 525 €HT sur un site de petites annonces

[www.arsilac.com](http://www.arsilac.com)

Bien entendu, l'inconvénient principal est l'encombrement et la pose sur des fondations adaptées qui doivent supporter plusieurs tonnes (comme une cuve de fioul). Mais cette cuve et son isolant peuvent être placés en dehors du volume chauffé de la maison.

## Système d'amélioration de la stratification intérieure

Il est très important que la stratification des températures dans ce ballon soit stabilisée le mieux possible. En effet, le mélange des eaux chaude et froide en haut de ballon rend impossible la production d'eau chaude sanitaire à 50 °C. On pourra installer un système de type « canne de stratification » qui permet à l'eau chaude en provenance des capteurs de se diffuser dans la ballon à la hauteur correspondant à la bonne température. L'eau caloporteuse est ainsi apportée dans le ballon juste dans la bonne zone, sans provoquer de mélange indésirable.



Tubes munis de clapets anti-retour horizontaux. On superpose 3 ou 4 de ces tubes pour réaliser une canne de stratification à l'intérieur du ballon de stockage.

Source : Stratifier SOLVIS

[https://www.researchgate.net/figure/Left-The-SOLVIS-stratifiers-for-the-return-flow-from-the-solar-collector-and-from-the\\_fig11\\_277211181](https://www.researchgate.net/figure/Left-The-SOLVIS-stratifiers-for-the-return-flow-from-the-solar-collector-and-from-the_fig11_277211181)

On pourra aussi installer quelques plaques séparatrices permettant d'atténuer les turbulences et les mélanges entre couches d'eau de différentes températures.

## 7- Les échangeurs de chaleur dans la cuve

Pour récupérer la chaleur stockée dans l'eau du ballon, on utilise des échangeurs noyés, pour l'ECS comme pour le chauffage. Ils peuvent être :

- des radiateurs acier, neufs ou d'occasion, de forme basse et allongée, branchés en parallèle si nécessaire :



Radiateurs d'occasion  
[leboncoin.fr](http://leboncoin.fr)



Radiateur 40 x 40 x 17 cm - 200 € TTC environ neuf  
[cedeo.fr](http://cedeo.fr)

- des échangeurs de chaudières, neufs ou de récupération :



Échangeurs thermiques pour chaudières - 300 €TTC environ neufs  
[manomano.fr](http://manomano.fr)  
[cedeo.fr](http://cedeo.fr)

- des échangeurs eau/air utilisés en échangeurs eau/eau :



Echangeur de chaleur  
eau-air VEVOR  
140 €TTC neuf

[www.kaufland.fr](http://www.kaufland.fr)

Ces échangeurs peuvent être simplement posés sur des supports en bois à la bonne hauteur dans la cuve. En effet, le bois noyé dans l'eau, même chaude, conserve parfaitement ses propriétés mécaniques sur de très longues durées.

**Important** : l'eau chaude sanitaire, de qualité alimentaire, va circuler (et stagner entre deux soutirages) dans ces échangeurs. Il faut donc préparer soigneusement leurs surfaces intérieures pour les rendre compatibles avec le passage de l'eau potable. Pour les appareils en cuivre, un simple rinçage au vinaigre ménager peut être suffisant (comme les tuyauteries cuivre traditionnelles). Mais un traitement particulier doit être fait pour les radiateurs qui sont en acier, dont les surfaces intérieures peuvent être rouillées notamment pour ceux qui sont d'occasion. Dans ce cas, il faudra réaliser un traitement antirouille par un produit liquide spécialisé.

Enfin, pour des nécessités de vidange de l'installation, il faut, si possible, placer les échangeurs dans une position telle qu'ils puissent se vider complètement (pas de zones basses dans lesquelles il reste de l'eau). Les radiateurs de chauffage central (voir photo des radiateurs acier) sont conseillés pour cette raison.

## 8- Le réglage des débits et des températures du système en fonctionnement

### a) débit du circuit primaire

Le PV-siphon (voir partie 4) donne, en principe, une température en sortie de capteurs qui varie peu. Cependant, selon les caractéristiques de chaque installation, il peut arriver que la pompe, mal adaptée au circuit, donne un débit trop important, ce qui diminue la température de l'eau caloporteuse en sortie des capteurs. Dans ce cas, il faut pouvoir régler et limiter le débit pour que la température augmente jusqu'à celle que l'on veut atteindre pour réchauffer correctement l'eau de la cuve.

Il faut donc mettre en place un dispositif qui, en même temps :

- donne la température instantanée en sortie des capteurs
- permette de limiter le débit de manière simple et visuelle, pour obtenir la température souhaitée. Pour cela, deux appareils peuvent être utilisés :

1- un thermomètre applique à fixer sur le tuyau de sortie des capteurs (technologie ancienne mécanique sans pile électrique) :



Thermomètre applique à bracelet

18 €TTC

[www.manomano.fr](http://www.manomano.fr)

2- un organe de réglage visuel du débit (principe mécanique sans pile) :



Caleffi – Vanne chauffage central  
132602 – Débitmètre 10-40 L/min –  
Corps laiton – Vanne à sphère pour  
réglage précis – Plage température -10  
à +110 °C

100 €TTC

[www.manomano.fr](http://www.manomano.fr)

On fera la mise en service de l'installation un jour de grand soleil, pour profiter du rayonnement maximal pour régler le débit primaire. Ce débit pourra éventuellement être ajusté après une période de prise en main, pour obtenir la bonne température dans le stockage.

### **b) surveillance de la température dans la cuve**

Afin de vérifier en permanence l'état de la stratification des températures, il peut être très utile d'installer un système de mesure de la température de l'eau stockée, par exemple tous les 50 cm le long d'une ligne verticale de la paroi extérieure de la cuve. Cette mesure peut être réalisée par une série de thermomètres à capillaires dont les bulbes sont collés sur la paroi de la cuve, dont les capillaires traversent l'isolant et dont les afficheurs sont placés en extérieur pour être visibles en permanence.

Dans ces appareils, le bulbe et le capillaire (très fin tube en cuivre) sont remplis d'un gaz qui se dilate en chauffant ; cela permet de gonfler une membrane dans l'afficheur, qui transforme cette variation de pression en un mouvement de l'aiguille proportionnel à l'augmentation de la température dans le bulbe. Ainsi, on peut surveiller l'évolution des températures dans le stock d'eau chaude, par un procédé très ancien et très fiable, sans électronique et sans pile.



Thermomètre à capillaire 90 cm

20 €TTC

[www.manomano.fr](http://www.manomano.fr)

Cette mesure donne une information sur la température de la paroi de la cuve. Elle est donc légèrement fautive, puisqu'elle ne donne pas la température de l'eau chaude elle-même. Pour être plus précis, on peut utiliser des thermomètres qui ont des capillaires beaucoup plus long (3 m). Ces bulbes et capillaires sont étanches et peuvent donc être placés dans l'eau à l'intérieur de la cuve, par exemple le long de la canne de stratification, à des hauteurs régulières. Les longs capillaires permettent de placer les afficheurs à l'extérieur via un orifice dans le couvercle.



Thermomètre à capillaire 300 cm

24 €TTC

[www.manomano.fr](http://www.manomano.fr)

## 9- La fourniture de chaleur à l'ECS et au chauffage

### a) pour l'ECS :

Cette fourniture de chaleur instantanée à l'eau chaude sanitaire (ECS) est réalisée grâce à un échangeur placé en haut de la cuve (partie 7). Pour faire varier la température fournie au robinet, on peut, soit utiliser un robinet-mélangeur (ou un mitigeur) classique, qui mélange de l'eau froide à l'eau chaude pour atteindre la bonne température, soit utiliser simplement une variation du débit : un petit débit fournira une température élevée (proche de la température du haut du ballon), un fort débit fournira une eau à température moins élevée (du fait que, lors du soutirage, l'eau froide circulera plus vite et restera moins longtemps dans l'échangeur). Dans ce deuxième cas, un seul robinet manuel suffit, mais il faut que les personnes utilisatrices soient correctement informées de ce fonctionnement un peu particulier.

**Attention** : si la température en haut de ballon est supérieure à 60°C, l'eau chaude en sortie de robinet risque de dépasser cette valeur de 60°C, ce qui est interdit pour raisons de sécurité (risques de brûlures). Dans ce cas, il faut utiliser un mitigeur thermostatique, qui limite la température de l'eau au robinet en mélangeant un peu d'eau froide au fur et à mesure.

### b) pour le chauffage :

La fourniture de chaleur au plancher ou mur chauffant (ou air chaud pulsé) se fait grâce à un circuit classique sous pression avec circulateur, qui récupère la chaleur du ballon par l'échangeur en milieu de cuve puis la distribue en régulant la température par une vanne 3 voies.

Les informations données dans ce document le sont à titre indicatif et sans engagement de résultat. Les installations réalisées par des tiers, sur la base de ces conseils fournis sans aucune base contractuelle, le seront sous leur propre responsabilité.

#### Bibliographie :

Solar Engineering of Thermal Processes - Fourth Edition  
John A. Duffie (Deceased) - William A. Beckman  
Copyright 2013 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved

Atlas énergétique du rayonnement solaire pour la France  
J.-F. Tricaud  
Pyc Editions

Solar Heating Systems for Houses  
Werner Weiss  
James & James Science Publishers

Thermal Energy Storage for Solar and Low Energy Buildings  
Jean-Christophe Hadorn  
Editeur IEA-SHC

Licence CC BY-NC-SA 4.0 - Attribution - Utilisation non commerciale - Partage dans les mêmes conditions  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>