

# MANUEL DE FABRICATION ET INSTALLATION DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE BON MARCHÉ (CESBM)



ONG Sociedade do Sol – Société du Soleil  
Version française 2.1 – Août 2005

L'équipe de la Sociedade do Sol vous remercie pour l'envoi d'observations et de critiques afin d'enrichir le présent manuel.

email : [info@sociedadedosol.org.br](mailto:info@sociedadedosol.org.br)  
site : [www.sociedadedosol.org.br/fr](http://www.sociedadedosol.org.br/fr)

**Avant de commencer le montage de votre CESBM, lisez attentivement tout le contenu de ce manuel. Pour l'adaptation du CESBM dans votre pays, lire les "Points clefs pour l'adaptation du Chauffe-Eau Solaire Bon Marché (CESBM) dans d'autres pays".**

1	Présentation du projet .....	3
2	Principe de fonctionnement du CESBM .....	4
2.1	Le réservoir .....	4
2.2	Le capteur - Le composant principal d'un chauffe-eau solaire .....	5
2.3	La douche, le mélangeur et le complément thermique .....	5
2.4	Les canalisations .....	5
3.	Dimensionnement de votre système CESBM .....	6
3.1	Dimensionnement du réservoir .....	6
3.2	Nombre de capteurs .....	6
4.	Manufacture des composants du CESBM .....	7
4.1	Capteurs .....	7
4.1.1	Matériel nécessaire .....	7
4.1.2	Description du montage d'un capteur .....	9
4.2	Réservoir thermique .....	11
4.2.1	Matériel nécessaire .....	11
4.2.2	Description du montage du réservoir thermique intégral .....	13
4.2.3	Montage du réservoir mixte .....	14
4.2.4	Composants complémentaires du réservoir thermique .....	14
5.	Installation du système CESBM .....	17
5.1	Matériel nécessaire .....	17
5.2	Connexion des capteurs entre eux .....	17
5.3	Fixation et inclinaison des capteurs .....	18
5.4	Connexion des capteurs et du réservoir .....	19
5.5	Isolement des tubes de connexion .....	20
5.6	Connexion du réservoir à la douche .....	21
5.6.1	Adaptation de la tuyauterie de la douche .....	21
5.6.2	Adaptation du robinet flotteur à boule .....	22
5.7	Connexion du variateur de température à la douche .....	22
5.8	Le bouilleur préexistant .....	22
6.	Utilisation du CESBM .....	23
6.1	Premier remplissage du CESBM .....	23
6.2	A la douche ! .....	24
6.3	Potabilité de l'eau fournie par le CESBM .....	24
7.	Entretien .....	25
7.1	Capteurs .....	25
7.2	Réservoir thermique .....	25
	ANNEXE 1 : Notes pour une norme technique .....	26
	ANNEXE 2 : Table d'équivalence entre degrés (angles) et élévation en pourcentage pour l'inclinaison du capteur .....	30

# 1 Présentation du projet

Le Chauffe-Eau Solaire Bon Marché (CESBM) est une technologie adaptée au pays tropicaux et sub-tropicaux pour chauffer de l'eau au moyen d'une énergie gratuite et généralement, dans ces pays, abondante : l'énergie solaire. Au Brésil, cette technologie est principalement utilisée pour chauffer l'eau de la douche, ce qui permet d'économiser 30% de la consommation en électricité des ménages. Elle est aussi utilisée pour chauffer l'eau des piscines, et de lavage d'objets - par exemple des récipients gras.

Le CESBM est une alternative à très bas coût aux systèmes de chauffage solaire classiques, possédant le même principe de fonctionnement, et se différenciant par le type des matériaux utilisés et la possibilité d'auto-construction. Le présent manuel explique comment construire et installer un CESBM dans une habitation, afin de chauffer l'eau de douche.

De part sa simplicité, cette technologie n'est pas brevetable. Les informations du présent manuel sont de libre diffusion et utilisation pour qui le souhaite.

Actuellement, il existe des milliers de systèmes CESBM installés dans diverses villes du Brésil, et un groupe toujours plus nombreux de moniteurs qui prêtent service à des communautés de leur région pour le montage des capteurs et l'installation des systèmes. Ainsi la Sociedade do Sol espère atteindre l'objectif, à moyen terme, de voir installé dans chaque foyer brésilien un modèle du CESBM.

***Cependant, il est important de remarquer que le CESBM est un projet expérimental. Ceux qui assument la responsabilité de fabriquer leur propre CESBM, ou se disposent à prêter service à des tiers, doivent être conscients que ne pourra être offert aucune garantie en relation à la durabilité des pièces et la température de fonctionnement du système, indépendamment du travail constant d'amélioration de ses caractéristiques techniques et fonctionnelles.***

Nous espérons que le lecteur réussira à construire son système CESBM seulement avec les orientations disponibles dans ce manuel. Au cas où il éprouverait certaines difficultés, la Sociedade do Sol se met à sa disposition par téléphone ou email, pour collaborer à la résolution de certains problèmes. D'autre part, au cas où le lecteur serait intéressé par connaître mieux ce projet, il est convié à participer à un séminaire réalisé au centre de la Sociedade do Sol, à São Paulo, où entre autres informations il apprendra de manière détaillée la fabrication du système de CESBM. Pour les lecteurs non-brésiliens, la Sociedade do Sol espère que se mettront en place des séminaires similaires dans votre pays.

## 2 Principe de fonctionnement du CESBM

Le système CESBM possède le même principe de fonctionnement qu'un système traditionnel de chauffe-eau solaire, la différence étant dans les matériaux utilisés et la possibilité d'auto-construction.

Le système CESBM est basiquement formé de 4 parties:

- (1) Le réservoir
- (2) Les capteurs
- (3) La douche, le mélangeur et le complément thermique
- (4) Les canalisations

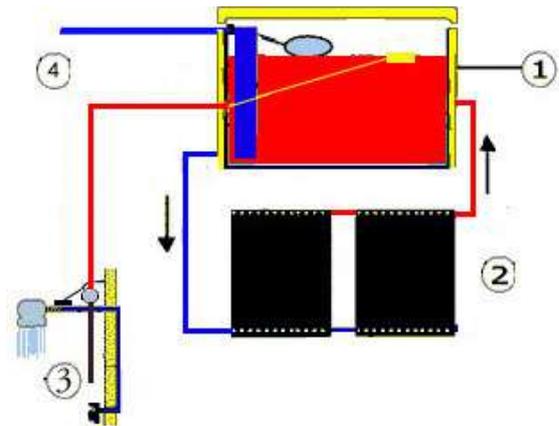


Figure 1 : Représentation d'un système CESBM

Lorsque les capteurs sont exposés à l'irradiation solaire - visible et infrarouge, ils en absorbent l'énergie et la transforment en chaleur. L'eau qui passe à l'intérieur des capteurs est alors chauffée, sa densité diminue et elle commence à se mouvoir en direction du réservoir, initiant un processus naturel de circulation de l'eau, appelé thermosiphon. **Pour cette raison, le réservoir doit être situé plus haut que les capteurs.** Ce processus est continu, tant que l'irradiation solaire est bonne et que toute l'eau du circuit n'a pas atteint la même température.

L'eau chauffée est stockée dans un réservoir isolé thermiquement, ce qui évite la perte de chaleur dans l'environnement. Le système du CESBM est associé à un chauffe-eau électrique monté en série à un variateur de température, ce qui permet un ajustement précis de la température de l'eau de douche. Les conduits qui relient les capteurs, le réservoir et le chauffe-eau électrique peuvent être des tubes traditionnels de PVC utilisés dans les installations de plomberie des domiciles.

Nous allons maintenant détailler le principe de fonctionnement des 4 parties du CESBM, une à une :

### 2.1 Le réservoir

Sa fonction est de stocker l'eau chauffée par les capteurs. On remarque que, l'eau chaude étant moins dense que l'eau froide, ce sera toujours dans la partie la plus élevée du réservoir que l'eau sera la plus chaude. Cette considération, plus d'autres détails pratiques, ont mené à munir le réservoir d'un certain nombre d'artifices techniques :

- Un robinet flotteur à boule qui contrôle l'entrée de l'eau du réseau : le robinet s'ouvre automatiquement lorsqu'il manque de l'eau dans le réservoir.
- Un dispositif qui conduit l'eau issue du réseau vers le fond du réservoir, sans turbulence, pour éviter de mélanger l'eau chaude de la partie la plus élevée du réservoir, avec l'eau froide qui y rentre.
- Un système appelé de "pêcheur", qui capte l'eau la plus chaude du réservoir – de la partie la plus élevée du réservoir – pour alimenter la douche.

Outre le réservoir d'eau traditionnel de fibrociment, d'autres récipients industriels tels le fût de plastique de 200 litres ou la caisse de polystyrène expansé revêtue d'un film plastique peuvent servir de réservoir.

Indépendamment du type de récipient utilisé, un isolement thermique externe est nécessaire pour minimiser les pertes de chaleur sur les parties latérales et à travers le couvercle supérieur.

## **2.2 Le capteur – Le composant principal d'un chauffe-eau solaire**

La fonction du capteur solaire est de chauffer l'eau. Lorsque la lumière solaire incide sur la surface exposée au Soleil, l'eau stockée en son intérieur chauffe et diminue de densité, devenant plus légère que l'eau froide. Ainsi, l'eau présente à l'intérieur des capteurs se meut vers le réservoir, et simultanément l'eau stockée dans le réservoir se dirige vers le capteur.



Les capteurs du CESBM sont fabriqués avec des plaques alvéolaires de PVC. Les capteurs du CESBM se différencient des autres par leur absence de caisse et de couverture en verre, qui permettrait l'obtention d'un effet de serre (réchauffement supplémentaire). L'absence de la couverture en verre permet que l'eau ne se réchauffe pas trop, ce qui causerait des dommages aux composants en PVC, qui possèdent des limites de température.

Ceci est source d'avantages, tels que la réduction du danger de brûlures, en particulier pour les enfants, et la possibilité d'utiliser des conduits de PVC d'eau froide, ce qui abaisse le coût du chauffe-eau solaire.

## **2.3 La douche, le mélangeur et le complément thermique**

Le mélangeur permet de mélanger l'eau chauffée par énergie solaire et l'eau froide du réseau avant qu'elle alimente la douche, pour qu'elle soit à bonne température. En effet, dans le cas où l'eau chauffée est à une température supérieure au niveau désiré, l'utilisateur actionne le robinet d'eau froide pour en abaisser la température.

Les jours de pluie, les chauffe-eau solaires ne chauffent pas l'eau à une température suffisante. Un complément de chauffage est alors nécessaire. Au Brésil, pratiquement tous les foyers possèdent une douche électrique, système qui chauffe l'eau au moment de son utilisation. Ce chauffe-eau peut être utilisé comme complément au CESBM. Afin de contrôler l'énergie fournie par la douche électrique, l'utilisateur actionnera un variateur de température.

## **2.4 Les canalisations**

Les conduits peuvent être réalisés avec des tubes de PVC d'eau froide, car les températures au sein du capteur solaire CESBM sont intrinsèquement limitées. Ceci évite l'utilisation plus complexe et coûteuse des tubes en cuivre ou en CPVC.

## 3. Dimensionnement de votre système CESBM

### 3.1 Dimensionnement du réservoir

Un système CESBM peut être dimensionné pour chauffer différents volumes d'eau. Le volume du réservoir peut-être calculé, avec une bonne marge, en considérant une consommation quotidienne de 50 litres par personne. Ainsi, pour une famille de 5 personnes, le volume d'eau nécessaire serait de 250 litres.

En réalité, au Brésil, un réservoir de 200 litres subvient aux besoins d'une famille de 4 à 6 personnes. Le manuel présente la manufacture et l'installation d'un CESBM de cette taille, le procédé étant le même pour d'autres volumes d'eau.

### 3.2 Nombre de capteurs

La Sociedade do Sol propose l'utilisation d'un modèle de plaque de PVC alvéolaire de 1,25 cm sur 0,65 cm. Dans le cas, et pour un volume de 200 litres d'eau, le nombre de plaques nécessaires est, selon la région du Brésil, le suivant:

- Région Sud du Brésil et Capitale de São Paulo : 3 plaques de 1,25cm \* 0,65cm. (environ 2,3 m<sup>2</sup>).
- Etat de São Paulo, hors capitale, et autres régions : 2 plaques de 1,25cm \* 0,65cm (environ 1,5 m<sup>2</sup>).



*Le nombre de plaques nécessaires n'a pas encore été établi pour d'autres pays que le Brésil. C'est en grande partie la pratique qui dicte le nombre de plaques nécessaires pour le bon fonctionnement du CESBM. Cependant, pour des pays aux conditions climatiques trop froides, cette technologie ne sera pas adaptée, ou alors seulement une partie de l'année, quelque soit le nombre de capteurs.*

Les principaux facteurs qui influencent la quantité de plaques nécessaires pour chauffer un volume fixe d'eau sont d'ordre climatique : pollution, humidité, vent et température de chaque région. Dans quelques Etats de la région Sud du Brésil, il est conseillé de fixer sur la surface inférieure du capteur une plaque de polystyrène expansé, pour conserver la chaleur de l'eau et élever ainsi sa température d'environ 3 à 4 degrés.

Pour d'autres volumes, utilisez cette formule : 1 capteur à 1,5 capteur pour 100 litres d'eau. Dans le cas où la température est excessive, ôtez un capteur, et si elle est insuffisante, rajoutez-en un. Des utilisateurs nous ont informés de leurs nécessités : 6 capteurs pour 500 litres, et 9 capteurs pour 1.000 litres (donc moins que ce que l'on pourrait prévoir).

Dans le cas de plaques d'un modèle différent, on calculera le nombre de plaque à partir de la surface désirée de captation du rayonnement solaire.

## 4. Manufacture des composants du CESBM

Pour monter un système de CESBM, il est tout d'abord nécessaire de fabriquer deux composants : l'ensemble de capteurs et le réservoir. L'équipe de la *Sociedade do Sol* a essayé de décrire en détail toutes les étapes nécessaires pour le montage des principaux composants de ce système, en les illustrant de photos. Suivez correctement la séquence du montage pour garantir la qualité de manufacture de votre produit.

### 4.1 Capteurs

#### 4.1.1 Matériel nécessaire

Voici présentée une liste du matériel utilisé au Brésil pour la manufacture de 3 capteurs (cas de la capitale de São Paulo). Le numéro ou la lettre attribué à chaque objet permet de l'identifier dans la description du montage (paragraphe 3.1.2).

*Le matériel présenté dans cette partie et dans les autres n'est peut-être pas disponible dans votre pays. Dans ce cas, une adaptation est nécessaire. voir la note sur les "Points clefs pour l'adaptation du Chauffe-Eau Solaire Bon Marché dans d'autres pays", disponible sur le site de la Sociedade do Sol.*

N°	Quantité	Composant	Utilisation
1	3	Plaque plane alvéolaire de PVC 1,25 sur 0,62 m	Composant du capteur
2	6	Tube de PVC 32 mm (D <sub>ext</sub> ) et 700 mm de longueur	Composant du capteur
3	4	Manchon à butée PVC 32 mm	Raccorder les tubes de PVC des capteurs
4	1	Adaptateur PVC 32 mm à pas de vis sur 1 pouce (25,4 mm)	Fixer le bouchon à vis
5	2	Coude 90° PVC 32 mm	Faire l'angle pour raccorder les capteurs au réservoir
6	1	Bouchon PVC 32 mm à pas de vis sur 1 pouce (25,4 mm)	Ouverture pour la purge des capteurs
7	3	Bouchon PVC 32 mm sans pas de vis	Boucher 3 extrémités des capteurs pour le test d'herméticité, dont une extrémité qui sera fermée définitivement
8	3	Plaque de polystyrène (optionnel)	Isolation thermique en dessous de la plaque du capteur
9	120 ml (40ml/plaque)	Peinture synthétique noire mate	Peindre les plaques
10	90g (30g/plaque)	Colle : "Bi-composante Plexus 310", ou "Araldite 24 heures" avec talc minéral, ou Résine isophtalique avec talc minéral.	Unir les plaques aux tubes de 32 mm

Table 1 : Visualisation composants utilisés pour la manufacture d'un ensemble de 3 capteurs de CESBM

N°	Quantité	Outil ou objet complémentaire	Utilisation
A	1	Mètre, règlette et crayon	Faire les mesures de coupes des plaques (1) et des tubes (2)
B	1	Perceuse avec foret de 3 mm pour acier	Faire les trous-guide des tubes (2)
C	1	Pinceau de 2 pouces (5 cm) ou rouleau de 5 cm	Peindre les plaques (1)
D	1	Spatule flexible avec pointe arrondie, type pour remuer le café	Appliquer la colle (3) sur l'union entre les tubes (2) et les plaques (1)
E	1	Scie d'extrémité libre	Réaliser la rainure des tubes (2)
F	1	Plaque plane de 80 x 15 cm	Guide pour maintenir les tubes (2) durant la coupe
g	8	Clous de 4 cm	Maintenir le tube (2) sur la plaque-guide (10)
h	1	Papier de verre 120	Lisser les surfaces et coupes
I	1	Lime arrondie	Limer les coupes des tubes (2)
J	1	Chiffon et alcool de nettoyage	Nettoyer les surfaces avant de coller
K	1	Scotch	Limiter la surface à être peinte

Table 2 : Visualisation des outils et objets complémentaires principaux pour la manufacture des capteurs

Vous trouverez à continuation un schéma du montage des capteurs avec les numéros des différentes pièces.

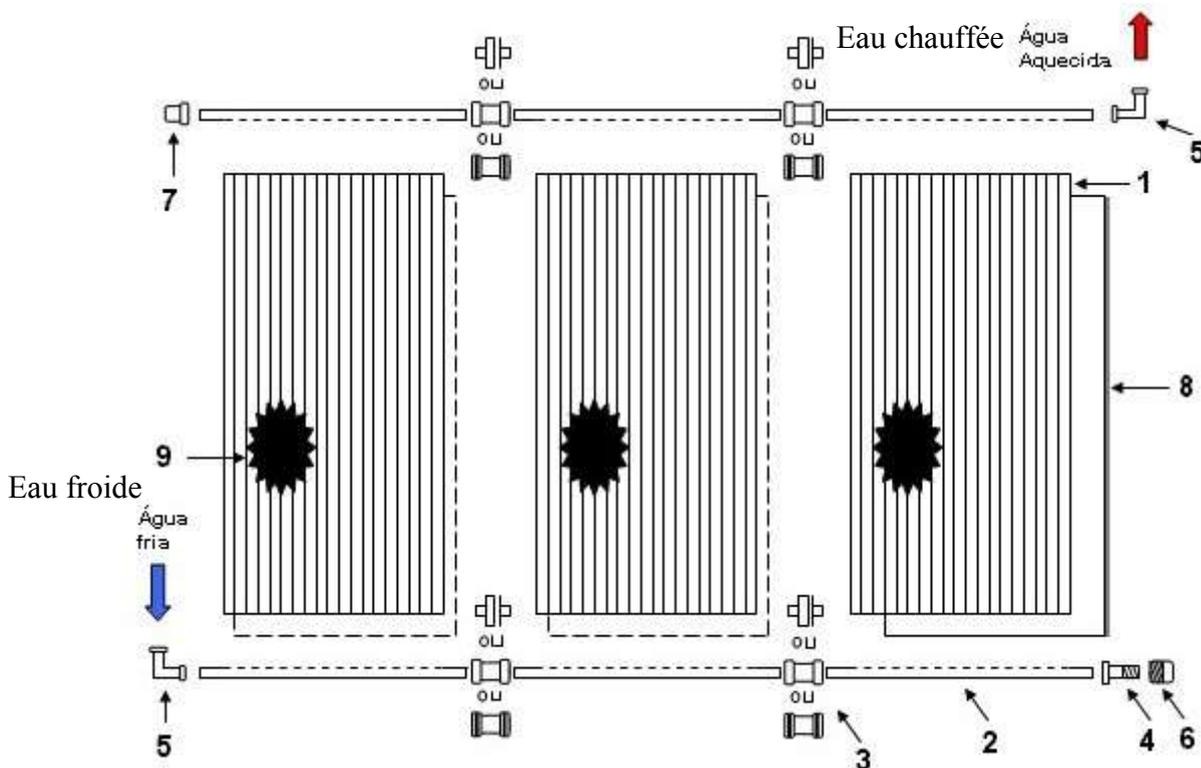


Figure 2 : schéma de montage des capteurs

#### 4.1.2 Description du montage d'un capteur

Voici étape par étape la description du montage d'un capteur. Reproduisez ces opérations selon le nombre de capteurs à réaliser.

**1 –** Fixer un des deux tubes (2) sur la plaque plane (f) en plaçant les clous (g) aux endroits appropriés (3 de chaque côté et 1 à chaque extrémité). En utilisant le mètre, la règle et le crayon (a), **marquer le périmètre de la rainure** : 61 cm (largeur de la plaque (1) moins 1 cm) sur 1,1 cm (épaisseur de la plaque (1)). Centrez la rainure de telle forme que les bouts du tube aient chacun 4,5 cm de longueur.



**2 – Faire une entaille** à l'intérieur de la surface marquée, pour l'introduction de la scie d'extrémité libre (e). Cette entaille sera réalisée au moyen de la perceuse avec foret de 3 mm (b).



**3 –** Introduire la scie (e) et commencez la **coupe**. Faire des mouvements lents en suivant la marque, afin de ne pas réaliser une ouverture plus grande ou plus petite que ce qui est nécessaire. Aux bouts de la rainure, faire soigneusement une coupe transversale pour pouvoir retirer le surplus de PVC.



**4 –** Une fois réalisées les deux coupes et retiré le surplus, achever le travail au moyen du papier de verre (h) sur les surfaces coupées et arrondir, au moyen de la lime ronde (i), les extrémités de la rainure, l'agrandissant ainsi à la longueur de la plaque alvéolaire, de 62 cm. Ensuite, nettoyer avec de l'alcool (j).

**Observation** : Avant de poursuivre le montage, répéter les étapes 1 à 4 pour l'autre tube, en veillant bien à ce que les deux tubes aient une longueur égale de 70 cm.

**5 –** Frotter les extrémités d'une plaque alvéolaire (1) au papier de verre, et l'**insérer** dans la rainure du tube jusqu'à moitié du diamètre du tube. Nettoyer avec un chiffon imbibé d'alcool (j) toutes les surfaces qui seront collées, et éviter de les salir avec la main.



**Observation** : Dans le cas du montage de plusieurs capteurs, faire 1 ou 2 gabarit(s) (élément en bois, tube de PVC) d'une longueur de 123 cm, et utilisez-le(s) pour ajuster la position des tubes d'entrée et de sortie entre eux. S'ils ont à chaque point la même distance de 123 cm l'un de l'autre, il sera plus facile de joindre les capteurs les uns aux autres.

**6** – Poser la plaque sur une couche de 11 mm de journaux, pour maintenir la position correcte des tubes par rapport à la plaque. Préparer sur une plaquette propre une quantité adéquate de colle (10). Si la colle est “Araldite 24 heures” ou de la résine isophtalique, mélanger avec du talc minéral pour que la colle soit pâteuse et ne fasse pas de coulures.



**7** – En utilisant la spatule, **passer la colle** sur les deux lignes le long des deux contacts tubes/plaque de la face supérieure du capteur. Retourner l'ensemble tubes/plaque et répéter l'opération de collage sur l'autre face. Si vous utilisez la colle “Araldite 24 heures” ou la résine isophtalique, coller l'autre face seulement le jour suivant. En revanche, dans le cas de l'utilisation de la colle Plexus 310, vous pouvez appliquer la colle sur les deux faces de la plaque au dans la même foulée.



**8** – Une fois la colle sèche, effectuer le **test d'herméticité** pour vérifier la présence de fuites : Boucher trois extrémités avec les capsules de 32 mm et à la quatrième extrémité fixer un coude de 90° et un tube de 3 mètres de longueur à la verticale (hauteur idéale). Remplir d'eau et laisser 15 minutes en observant s'il y a des fuites dans les zones de colle. S'il y en a, ajouter de la colle sur ces parties et faire de nouveau le test.



**9** – **Lisser** légèrement une des faces du capteur et lavez-le avec le chiffon et l'alcool. **Peindre** cette face avec la peinture synthétique noire mate (9) en utilisant le pinceau ou le rouleau (c). Peindre la partie collée et la partie supérieure des tubes. Utiliser le scotch (k) sur les tubes, pour une finition propre. Laisser sans peinture seulement 3 cm des bouts des tubes pour un futur emboîtement des composants de PVC.



La partie de la connexion des capteurs entre eux et avec le réservoir sera décrite dans la partie 5 – *Installation du système CESBM*.

**Remarque** : La **surface** du capteur sera de **0,78 m<sup>2</sup>**. Rempli d'eau, chaque capteur **pèse en moyenne 8 kg**. Ces informations aident à prévoir quelle sera la surface nécessaire pour l'installation des capteurs et la charge supplémentaire que le toit devra supporter.

**Observation pour les moniteurs qui offrent les capteurs déjà collés pour ses élèves et entités intéressées:**

La plaque alvéolaire de PVC possède une caractéristique appelée de mémoire de forme. La plaque, lorsqu'elle est chauffée à une température de 75°C, perdra environ 10 mm de longueur. La cause de ce phénomène est l'étirement que la plaque subit lorsqu'elle sort, encore chaude, de l'extrudeuse. C'est cet étirement qui provoque la mémoire de forme.

Si la plaque est chauffée seulement d'un côté (exposée au Soleil sans eau), quelques minutes sont suffisantes pour qu'elle se déforme. Les extrémités seront alors plus élevées que le centre de la plaque. Ce phénomène peut exister avec des plaques déjà installées, mais cela ne représente pas de problème dans son utilisation.

Pour éviter le phénomène de la déformation, le moniteur devra :

1 – Couvrir les deux extrémités de la plaque non peinte, recto et verso, avec du scotch de 1 cm de large.

2 – Peindre les deux faces de la plaque avec de la peinture noire mate synthétique, comme décrit dans l'étape 9 décrite ci-dessous.

3 – Eliminer la mémoire :

3.1 – Exposer la plaque au Soleil.

3.2 – Quand commence la flexion de la plaque, la retourner pour exposer l'autre face au Soleil. Une contre-flexion va alors se réaliser.

3.3 – Retourner la plaque à nouveau.

3.4 – Répéter le processus quelques fois jusqu'à ce que la plaque reste insensible à la chaleur, quand elle ne fléchit plus.

3.5 – Suivre la manufacture du capteur selon l'item 5 ci-dessus.

3.6 – Au moment de peindre le capteur, peindre seulement les extrémités blanches de la plaque et les tubes du PVC. Ne pas oublier les 3 cm des extrémités des tubes qui ne seront pas peintes.

4 – **Test de pression** : Pour donner plus de certitude au moniteur et à celui qui recevra le capteur, ce dernier devra être testé avec une pression de 20 mètres de colonne d'eau (2 bars). Pour mesurer cette pression, rien de mieux que de remplir le capteur d'eau, et de compléter la pression avec l'air d'une pompe de vélo, en la mesurant avec un manomètre. C'est l'heure de vérité sur la qualité du procédé de collage. Pour information, dans le laboratoire de la Sociedade do Sol, nous avons comme pression limite 40 mètres de colonne d'eau. Si un moniteur avait des doutes, nous l'invitons à solliciter le personnel de la Sociedade do Sol.

## **4.2 Réservoir thermique**

### **4.2.1 Matériel nécessaire**

La fonction principale du réservoir thermique est de stocker l'eau et de la maintenir chaude pour être utilisée dans la douche. Les réservoirs des systèmes traditionnels de chauffe-eau solaire ont un format cylindrique horizontal et sont fabriqués en acier inoxydable ou cuivre avec un excellent isolement thermique, car l'eau atteint des températures de jusqu'à 85°C.

L'équipe de la Société du Soleil considère possible l'utilisation d'autres matériaux pour la fabrication du réservoir. Des expériences ont été réalisées avec des réservoirs tels que : cuve en fibrociment, fût métallique de 200 litres, cuve en résine, en plus d'autres types d'emballages industriels, qui après quelques modifications ont servi de réservoirs thermiques. Dans le cas où le récipient utilisé pour monter le réservoir est de polystyrène expansé, il est nécessaire d'imperméabiliser sa partie intérieure avec un film plastique, évitant ainsi les fuites et la pollution de l'eau, et d'avoir une structure mécanique externe pour que le polystyrène ne cède pas sous les forces de pression de l'eau.

En se basant sur vos besoins quotidiens en eau chaude, l'espace disponible et le budget alloué, chacun choisira le type de récipient qu'il utilisera pour le montage de son réservoir. Il est

possible d'installer un nouveau réservoir, ou bien d'utiliser le propre réservoir d'eau froide<sup>1</sup> avec quelques adaptations.

En effet, il est possible de stocker de l'eau chaude et de l'eau froide dans un même réservoir, le système obtenu s'appelant réservoir mixte. Par le principe de stratification, la partie supérieure du volume d'eau stockée sera chauffée et la partie inférieure sera maintenue froide, sans que soit nécessaire la moindre barrière physique pour séparer l'eau chaude de l'eau froide. Le réservoir mixte a été développé pour les situations où il n'est pas possible d'installer plus d'un réservoir, que ce soit pour des motifs financiers ou par faute d'espace. Cette solution n'est adaptée que dans le cas où le réservoir préexistant a une capacité d'au moins 500 litres. La fabrication du réservoir se résume alors à des adaptations du réservoir d'eau froide, la méthode étant décrite dans la partie 3.2.3.

Dans le cas de l'installation d'un nouveau réservoir pour l'eau chaude, la taille du réservoir sera déterminée en fonction des besoins en haut chaude du local (voir partie 3.1, *Dimensionnement du réservoir*). En outre, il est conseillé de choisir le format du réservoir en fonction du local où il sera installé, en prévoyant qu'il puisse être transporté jusqu'au lieu d'installation. La fabrication de ce réservoir est décrit dans la partie 3.2.2.

Le tableau qui suit décrit les principales pièces et les compléments nécessaires pour le montage d'un réservoir thermique.

N°	Quantité	Pièces et matériaux	Utilisation
11	1	Cuve de fibrociment, résine, polystyrène ou autre	Stocker l'eau chaude
12	2	Adaptateur de sortie de tuyaux pour réservoir, 32 mm avec joint	Fixer la sortie de l'eau vers les capteurs et le retour d'eau des capteurs au réservoir.
13	3	Adaptateur de sortie de tuyaux pour réservoir, 25 mm avec joint	Fixer l'entrée d'eau par le robinet flotteur à boule, la sortie d'eau vers la douche et la sortie de trop-plein
14	1	Robinet flotteur à boule, de préférence avec sortie pour tuyau	Remplir le réservoir
15	1	Chute de tube de 7,5 à 10 cm de diamètre et de la hauteur du réservoir	Réduire la turbulence de l'entrée d'eau
16	1	Tube flexible de environ 1 m	Composant du "pêcheur" qui capte l'eau la plus chaude se trouvant à la surface <sup>2</sup>
17	1	Flotteur (Bouteille en plastique, tube de PVC bouché aux deux bouts...)	Maintenir l'extrémité du tube flexible dans la couche d'eau la plus chaude
18	XX	Matériel isolant thermique (fourrage, journal, polystyrène expansé, etc.)	Isoler les parties latérales et la partie supérieure du réservoir
19	1	Ficelle, fil, ou scotch	Fixer l'isolement du réservoir
20	XX	Film de PVC (bâche de camion)	Protéger l'isolement du réservoir contre les aléas climatiques

Table 3 : Pièces et matériaux nécessaires à la fabrication du réservoir thermique

<sup>1</sup> Dans de nombreuses maisons, au Brésil, l'eau est pompée dans des réservoirs installés pour chaque maison.

<sup>2</sup> Voir paragraphe 3.2.4 pour d'autres options pour le "pêcheur".

## 4.2.2 Description du montage du réservoir thermique intégral

Ci-dessous, nous allons décrire le procédé pour monter un réservoir thermique à partir d'une cuve de fibrociment. Dans le cas où le lecteur choisirait un autre récipient, la description du montage à suivre est la même.

La fabrication d'un réservoir thermique se résume à percer des trous sur les côtés et à installer les composants de PVC qui contrôlent les entrées et sorties de l'eau du réservoir.

**1** – Faire deux trous de 32 mm de diamètre sur deux faces opposées de la caisse vide et sèche. Le trou du côté gauche est celui de la sortie d'eau froide vers les capteurs, et celui de droite sert au retour d'eau chauffée. Installer dans ces trous les adaptateurs de 32 mm (12). La position du trou de gauche est la plus basse possible pour que tout le volume d'eau puisse être chauffé. Le trou de droite peut être réalisé à une hauteur équivalente à la moitié de celle du réservoir. (Voir Annexe 1)



**2** – Faire un troisième trou de 25 mm de diamètre sur une paroi "perpendiculaire" aux deux trous antérieurs. La hauteur maximale du centre de ce trou est la moitié de la hauteur du réservoir. Installer dans ce trou un adaptateur de 25 mm (13) pour la distribution d'eau chaude vers la douche.



**3** – Faire un trou de 25 mm de diamètre sur le côté gauche et un autre sur la face opposée. Essayez de faire ces trous le plus haut possible, pour que le niveau d'eau du réservoir puisse être le plus élevé possible. Il est conseillé que le centre des trous soient à une distance de environ 8 cm du niveau supérieur de la cuve.



**4** – Dans le trou du côté gauche, installer un couple d'adaptateurs 25 mm (13) et le robinet flotteur à boule (partie bleue sur la photo) (14) et dans celui de droite insérer un adaptateur de 25 mm (13) pour la sortie de trop-plein. Connecter un tube à la sortie de trop-plein dirigé vers un lieu où l'écoulement sera rapidement décelable, pour détecter une faille du robinet flotteur à boule.



La cuve sera donc percée de 5 trous. Les deux supérieurs sont l'entrée de l'eau du réseau et la sortie de trop-plein. Les trois inférieurs sont l'entrée et la sortie vers les capteurs et la sortie vers la douche. Il n'a pas été mentionné le trou de consommation d'eau froide puisque ce réservoir est exclusivement dédié à stocker l'eau chaude.



5 – Enfin, et ce n'est pas le moins important, il doit être fait un bon isolement thermique du couvercle et les côtés par l'extérieur. L'efficacité de l'isolement thermique dépend de l'épaisseur et de la qualité du matériel utilisé. On suggère, dans l'optique du bon marché, l'utilisation de matériaux disponibles et gratuits dans votre communauté. Le matériel isolant (12) sera attaché à la cuve au moyen d'une ficelle, d'un fil ou de scotch (13) et sera protégé par le film plastique (14). Observez, après le remplissage de l'eau, si la boule du robinet d'entrée et le "pêcheur" flottent librement. Le flotteur du "pêcheur" doit rester sous la boule, pour éviter que durant l'utilisation celui-ci soit soulevé par la tige de la boule, et que le flux entre l'eau du réservoir et la douche soit interrompu.

#### 4.2.3 Montage du réservoir mixte

L'unique différence de ce modèle de réservoir par rapport à celui décrit précédemment, le réservoir thermique intégral, est la position de la sortie d'eau vers les capteurs : Considérons un réservoir de forme cylindrique, rectangulaire ou carrée. Mesurez la hauteur l'eau dans un réservoir plein (c'est à dire la distance entre le fond du réservoir et la partie basse de la boule du robinet flotteur à boule quand elle est en position haute, robinet fermé). Divisez cette hauteur (H) en 5 parties égales (H/5); si le réservoir est de 500 litres chaque division a un volume de 100 litres et si le réservoir est de 1000 litres chaque division aura 200 litres. Prenez comme référence la ligne en gras sur le graphique ci-dessous (en dessous de cette ligne il y a trois fois H/5 et au-dessus deux fois H/5). Ce sera le fond de votre réservoir mixte. Ainsi, faites le centre des trous 1 (du côté gauche – sortie d'eau froide vers les capteurs), 2 (du côté droit – sortie d'eau chaude des capteurs) et 3 (sortie d'eau vers la douche) 5 cm au dessus de la ligne.

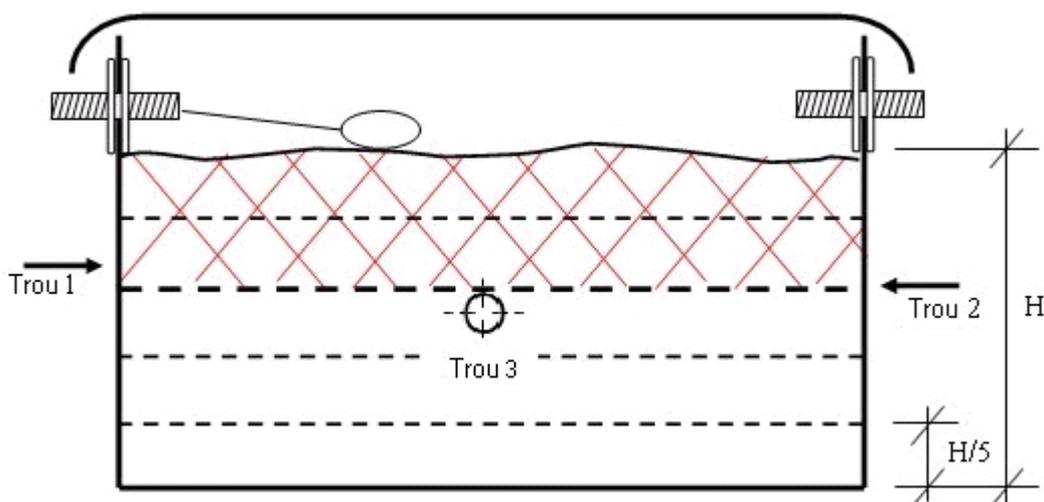
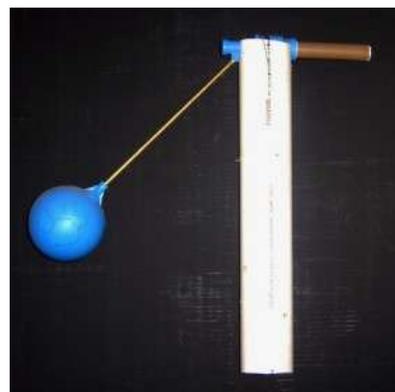


Figure 3 : Schéma du réservoir mixte

#### 4.2.4 Composants complémentaires du réservoir thermique

Il s'agit de pièces complémentaires servant à contrôler les flux d'entrée et de sortie de l'eau qui circule dans les capteurs. Elles sont montées à partir de tubes et connexions disponibles dans des magasins de matériaux de construction. Indépendamment du type de réservoir utilisé, il sera toujours nécessaire d'installer les pièces complémentaires pour le bon fonctionnement du système.

La première pièce est appelée “réducteur de turbulence”. C'est un tube de 7,5 à 10 cm de diamètre (15) adapté pour la sortie d'eau du robinet flotteur à boule. Sa fonction est d'amener l'eau froide au fond du réservoir en réduisant les turbulences, afin d'éviter le mélange eau chaude – eau froide. La longueur du tube doit être telle qu'un espace de 1 cm est laissé entre le bas du tube et le fond du réservoir.



La seconde pièce, formée de l'assemblage du tube flexible jaune (16) et d'un flotteur (17), est appelée le “pêcheur”. Cet ensemble est connecté du côté interne de la sortie d'eau du réservoir vers la douche, et sa finalité est de capter l'eau la plus chaude, c'est à dire de la partie supérieure du réservoir.



Le pêcheur peut être monté d'autres façons ; voir ci-dessous quelques alternatives :



Observez, après le remplissage du réservoir, si le robinet flotteur à boule d'entrée et le pêcheur flottent librement. Le flotteur du pêcheur doit rester en dessous du robinet à boule, pour que tuyau du pêcheur capte l'eau chauffée pendant la douche. Dans le cas où le pêcheur soit au-dessus du robinet à boule, ce dernier pourrait couper l'arrivée d'eau chaude en maintenant le pêcheur au-dessus du niveau d'eau.

Un autre objet qui aide à la circulation de l'eau est la vanne anti-retour installée à l'intérieur du réservoir au niveau de l'adaptateur de l'arrivée d'eau chaude depuis les capteurs. Cette vanne sert à laisser passer l'eau des capteurs au réservoir pendant le jour, et à empêcher le retour de l'eau des réservoir aux capteurs pendant la nuit ou lorsqu'il n'y a pas de rayonnement solaire sur les capteurs. Elle n'est utile que lorsque le niveau du haut des capteurs est supérieur au niveau du fond du réservoir d'eau chaude (alias du fond de la couche d'eau chaude dans le cas du réservoir mixte).

Elle est faite au moyen d'une pièce ronde de film PVC un peu plus grande que la bouche de l'adaptateur, et collé sur seulement un point, sur le côté (ni au-dessus ni en dessous). Le film plastique s'ouvre alors comme une porte, sur le côté. Voir détails sur les figures ci-dessous :



Vanne anti-retour "light" avec film de PVC sur l'adaptateur. Ouverte durant le jour.



Vanne anti-retour "light" avec film de PVC sur l'adaptateur. Fermée durant la nuit.

## 5. Installation du système CESBM

### 5.1 Matériel nécessaire

Les deux tableaux à suivre présentent les pièces nécessaires aux connexions entre le réservoir et la douche, puis entre le réservoir et les capteurs. Les pièces nécessaires à la connexion entre les capteurs ont déjà été présentées dans le *paragraphe 4.1.1*

N°	Quantité	Pièces et matériaux	Utilisation
21	1	Variateur de température électronique	Contrôler la puissance du chauffe-eau électrique
22	1	Té de 90° avec pas de vis sur ½ pouce (12,7 mm)	Unir l'entrée d'eau froide avec l'entrée d'eau chauffée et envoyer vers la douche
23	1	Manchon à pas de vis de ½ pouce (12,7 mm)	Relier le variateur de température à la douche électrique.
24	1	Vanne à sphère de ½ pouce (12,7 mm) avec poignée	Contrôler le flux d'eau chauffée vers la douche
25	1	Tube de PVC 25 mm, d'environ 1 m	Montage de la tige d'actionnement
26	1	Bouchon PVC 25 mm	Finition de la tige d'actionnement
27	1	Coude 90° PVC 25 mm	Composant de la tige d'actionnement
28	-	Tubes de PVC 20 mm et éventuels composants	Connecter le réservoir au té (22)

Table 4 : Pièces nécessaires à la connexion du réservoir à la douche et au régulateur de température

N°	Quantité	Pièces et matériaux	Utilisation
29	-	Tube PVC 32 mm et composants éventuels	Connecter les capteurs au réservoir
30	-	Fil de cuivre rigide 2,5 mm ou autre fil pour fixation	Fixer les capteurs sur le toit
31	-	Teflon	Appliquer sur les pas de vis pour que les connexions soient hermétiques
32	-	Matériel isolant (journal, polystyrène expansé, etc.)	Isoler thermiquement les tuyauteries
33	-	Papier aluminium (ou autre)	Protéger l'isolation thermique de l'action du Soleil et de la pluie

Table 5 : Pièces et matériaux nécessaires à la connexion des capteurs au réservoir

### 5.2 Connexion des capteurs entre eux

Après le montage des différentes pièces du CESBM, l'utilisateur devra faire la connexion entre les capteurs au moyen des différents composants de PVC. Dans des installations domiciliaires, les utilisateurs du CESBM nous ont informé que sans coller les tubes avec les composants, ils ont obtenu de bons résultats. L'absence de fixation définitive permet que soient faites certaines adaptations initiales nécessaires. Après la période d'essais, les connexions du CESBM seront fixées définitivement.

Dans les systèmes domiciliaires, les capteurs doivent toujours être montés en parallèle, ce qui signifie que les tubes du bas doivent être connectés entre eux, et que les tubes du haut doivent aussi être connectés entre eux. Les connexions entre les capteurs doivent être faites, au moins lors de la phase initiale, sans utilisation de colle. Le tableau qui suit présente certaines manières de faire ces connexions.

Connexion au Teflon (31) sur pas de vis	Facilite le montage et démontage
Connexion à sec sans colle	Effort plus grand pour monter et démonter, et une connexion plus solide
Colle	Moins d'effort dans le montage définitif

Tableau 6 : Différentes manières de connecter les tubes et autres composants

Après la connexion des capteurs, 4 extrémités vont rester libres. Deux de ces extrémités serviront pour la circulation de l'eau : une pour l'entrée de l'eau froide par le tube inférieur (trou 1 du réservoir) et l'autre, diamétralement opposée, pour le retour de l'eau chaude par le tube supérieur (trou 2 du réservoir). A ces deux extrémités doivent être fixées deux coudes de 90° (5). Les deux autres extrémités seront bouchées, l'inférieur au moyen d'un adaptateur (4) et d'un bouchon (6) et le supérieur avec un bouchon collé (7).

### 5.3 Fixation et inclinaison des capteurs

Une fois déterminée la position des capteurs sur le toit, si possible dirigés vers le nord géographique (*Sud géographique pour l'hémisphère nord*), l'utilisateur fixera les capteurs sur la structure du toit. Cette fixation doit être faite avec des fils de cuivre rigides (28) de longue durée de vie à l'extérieur ou avec une gaine en élastique qui subit rapidement les effets des intempéries.

Dans le cas où les capteurs soient installés sur une surface plane horizontale (dalle de béton), la meilleure inclinaison est celle de la latitude locale incrémentée de 10°. Par exemple, à São Paulo la latitude est de 23°, donc l'inclinaison des capteurs doit être de 33°. Dans le cas de résidences avec des toits qui n'atteignent pas l'inclinaison souhaitée (latitude + 10°), il est possible de compenser cette différence en rajoutant un capteur, si la température de l'eau de douche en hiver est en dessous du niveau attendu.



*Lire attentivement les annexes 1 et 2 de ce manuel.*



*La présence de rayonnement solaire d'été sur les capteurs avant qu'ils soient remplis d'eau peut affecter définitivement ses caractéristiques mécaniques. Il est conseillé que les collecteurs restent protégés lorsque le système n'est pas rempli d'eau en circulation, par exemple par du carton, des feuillages, journaux, etc.*

Avant de fixer les capteurs définitivement, il est nécessaire de maintenir une petite inclinaison latérale de l'ensemble pour faciliter l'élimination des bulles d'air qui se formeront dans les capteurs et les tuyaux, en permettant ainsi qu'elles montent naturellement vers le réservoir et qu'elles sortent par la sortie de trop-plein. Des essais en laboratoire indiquent que pour 1 m de capteur, 2 cm d'inclinaison latérale sont suffisants pour garantir la mise en mouvement des bulles d'air des capteurs et tuyaux. **En résumé, le côté de la sortie de l'eau chaude des capteurs doit être le point le plus haut de l'ensemble.**



## 5.4 Connexion des capteurs et du réservoir

Après la fixation des capteurs dans leur position définitive, connectez les capteurs avec le réservoir. Le réservoir doit être au-dessus du niveau des plaques ; plus la différence de niveau sera grande, meilleure sera la circulation de l'eau entre les capteurs et le réservoir. Ainsi, il est nécessaire que la cote inférieure du réservoir (le fond) soit au moins au niveau de la cote supérieure des capteurs (tube supérieur). Vous pouvez aussi vous référer aux données de l'annexe 1.

Ainsi, plus le réservoir sera proche du sommet du toit et plus les capteurs sont proches du bord externe du toit, meilleure sera la circulation de l'eau dans le système. Cette différence de niveau, pour autant, ne doit pas être supérieure à 3 m, à cause des limitations de pression dans les capteurs plastiques du CESBM.

S'il est impossible de maintenir les capteurs sous le niveau du fond du réservoir, l'installation d'une vanne anti-retour, décrite au *paragraphe 4.2.4* peut permettre une bonne circulation de l'eau. Cependant, une condition devra être respectée pour le bon fonctionnement du système (sans pompe) : le tube supérieur des capteurs devra être situé à au moins 5 cm en deçà du niveau maximum (réel) de l'eau dans le réservoir.

Les connexions doivent être faites avec des tubes de 32 mm. Il est conseillé, pour cette phase de montage non définitive, d'utiliser deux couches de teflon (31) pour faciliter l'emboîtement et le désemboîtement des composants. Fixer deux coudes (5) aux extrémités inférieure gauche et supérieure droite de l'ensemble des capteurs. Joindre le tube qui sort du trou 1 du réservoir avec le coude inférieur gauche des capteurs. Le tube de retour d'eau chaude relie le coude supérieur des capteurs au trou 2 du réservoir. Il est important que l'arrivée d'eau chaude des capteurs au réservoir ait une inclinaison toujours croissante vers le réservoir. Les gaz libérés par l'eau durant son réchauffage doivent se mouvoir jusqu'au réservoir. S'il y avait un point haut au milieu du chemin, une accumulation d'air pourrait survenir, interrompant la circulation naturelle de l'eau.

**Remarque** : Dans le cas de l'utilisation d'une vanne light, l'adaptateur d'arrivée d'eau chaude des capteurs au réservoir devra être situé légèrement au-dessus du tube supérieur des capteurs, afin d'accélérer, bien que peu, la circulation naturelle entre les capteurs et le réservoir.

L'installation des capteurs à la hauteur du réservoir, provoque, en plus d'une réduction du rendement thermique du CESBM, à cause de la réduction de la vitesse de la circulation de l'eau, la possibilité de son interruption. Ceci arrive lors d'une coupure momentanée de l'eau du réseau public, qui provoque une baisse du niveau du réservoir, exposant le retour d'eau chauffée à l'air, et bloquant ainsi la circulation de l'eau dans les capteurs.

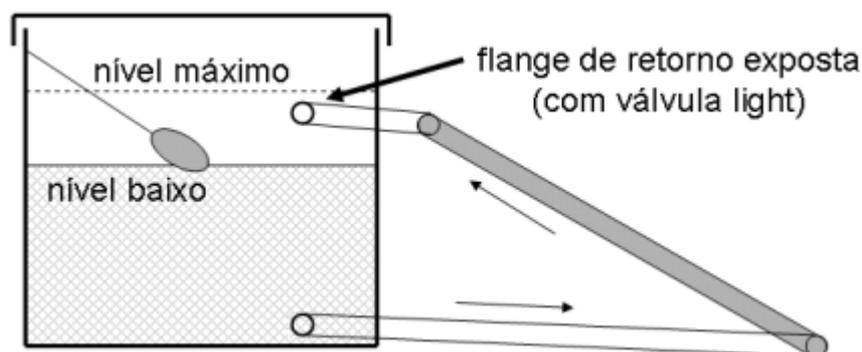
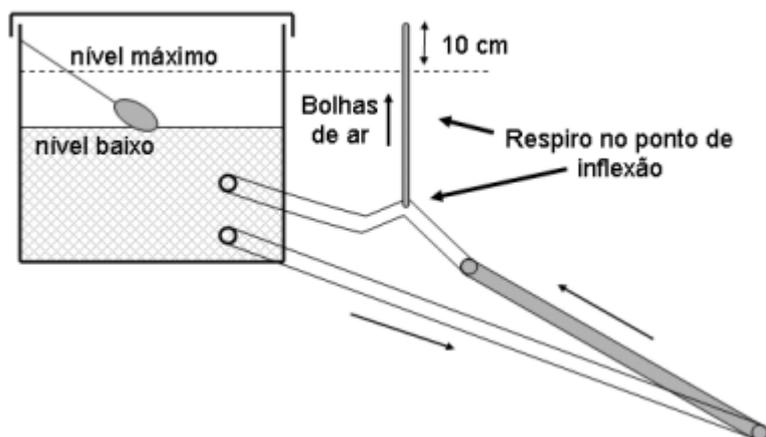


figure 4 : Interruption de la circulation de l'eau dûe à une coupure de l'eau du réseau

## Formation de gaz dans le système CESBM, et leur élimination

Il est important que les tubes de l'arrivée d'eau des capteurs au réservoir aient une inclinaison toujours croissante en direction du réservoir. Les gaz libérés par l'eau durant son réchauffement doivent migrer jusqu'au réservoir. S'il y avait un point haut sur le chemin (une inflexion), l'air pourra être accumulé, interrompant la circulation naturelle de l'eau.

S'il était impossible d'éviter l'inflexion, installez en ce point haut un évacuateur (tube vertical ouvert), dont la pointe devra être située 10 cm plus haut que le niveau maximum de l'eau dans le réservoir. L'évacuateur peut être un tube en aluminium, type antenne de télévision, un tube de PVC de 20 mm, ou autre, selon ce que vous jugerez adapté.



Traduction :

Nível máximo = Niveau maximal

Nível baixo = Niveau bas

Bolhas de ar = Bulles d'air

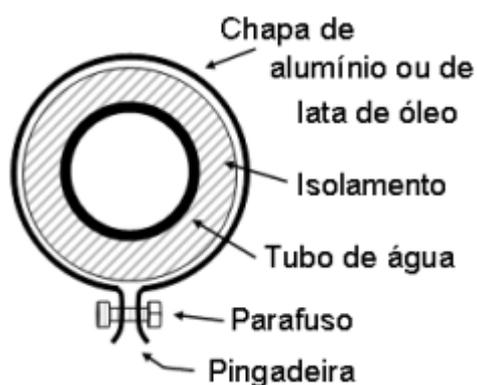
Respiro no ponto de inflexão =  
Évacuateur au point d'inflexion

Figure 5 : Shéma explicatif d'un évacuateur

Une fois conclue l'installation, il est bon de peindre les tubes exposés au Soleil avec un vernis synthétique noir mat, pour augmenter leur durée de vie. Si vous souhaitez le faire, fixez auparavant à la colle les composants de PVC.

### 5.5 Isolement des tubes de connexion

L'expérience montre que les canalisations de plus de 3 mètres doivent être thermiquement isolées pour minimiser les pertes. Il est conseillé de protéger la couche de matière isolante (choisie par l'installateur), avec de l'aluminium, par exemple de récupéré de boîtes. Si le tube est en dessous du toit, la protection à l'aluminium n'est alors plus nécessaire, à cause de l'absence de pluie et de radiation ultra violette.



Traduction :

Chapa de alumínio ou de lata de óleo = Couche d'aluminium

Isolamento = Isolation

Tubo de água = Tube

Parafuso = Vis-écrou

Pingadeira = Goutteur

Figure 6 : Exemple d'isolation des tubes

## 5.6 Connexion du réservoir à la douche

Il reste à connecter le réservoir à la douche. La tuyauterie (28) peut être faite avec des tubes et composants de PVC de 20 mm, mais il est recommandé que dans le cas où elle soit encastrée dans un mur, elle soit de cuivre, de CPVC ou autre matériau qui supporte les hautes températures. L'utilisation de tubes spéciaux en évitera le changement au cas où l'utilisateur désire substituer le CESBM par un autre système de chauffe-eau qui fournira l'eau à une température supérieure à celle du CESBM.

La distance entre le réservoir thermique et la douche doit être la plus petite possible afin de minimiser les pertes thermiques et réduire le temps d'attente de l'arrivée de l'eau chaude.

### 5.6.1 Adaptation de la tuyauterie de la douche

Il existe 3 configurations possibles pour la connexion des tuyauteries du réservoir thermique à la douche. L'utilisateur choisira celle qui lui semble le mieux s'adapter à son domicile.

**La première**, la plus esthétique, est d'encastrer le tube d'eau chaude dans mur de la douche, laissant seulement apparaître le nouveau robinet d'arrivée d'eau chaude. Dans le mur devra figurer un té de 90° avec hélice de ½ pouce (1,25 cm) pour le mélange eau chaude – eau froide. À la sortie de ce té, un tube mène l'eau déjà mélangée vers la douche. Tout matériel utilisé doit être obligatoirement adapté aux hautes températures, avec isolement pour les tubes d'eau chaude. Les normes internationales indiquent que le robinet d'eau chaude se situe à gauche du robinet d'eau froide.

**La seconde** configuration possible est très similaire à la première, sauf que le tube qui vient du toit sera apparent, descendant jusqu'au niveau désiré (par exemple, celui du robinet d'eau froide préexistant), où sera installé un robinet d'eau chaude, et le tuyau remontera jusqu'au niveau de l'alimentation de la douche. A ce niveau, il est nécessaire d'installer un té, avec deux entrées : alimentation de la douche, et eau chaude du réservoir, et une sortie : la douche. Ainsi, le té fait office de mélangeur.



**La troisième** option est un compromis entre les deux premières. Un seul trou dans le plafond sera nécessaire, pour la descente verticale du tube qui mène l'eau chaude du réservoir. Y sera jointe une vanne à sphère avec poignée (24). En utilisant le même té de la deuxième option, lier le trou central à la vanne ; dans une des entrées du té lier la sortie vers la douche et dans l'autre le tuyau d'eau froide. Pour actionner la vanne à sphère, il est nécessaire de faire une tige d'extension de la poignée du robinet, menant la commande jusqu'à la main de l'utilisateur, sans qu'elle soit trop longue pour que les enfants ne s'y pendent pas.

### 5.6.2 Adaptation du robinet flotteur à boule

Dans les résidences où l'on désire prendre un bain matinal en utilisant l'eau chauffée par le CESBM, il est nécessaire de maintenir le niveau d'eau stockée à une température maximale. Pour cela, il faut garantir que l'eau chauffée le jour précédent soit maintenue chaude pour être utilisée de matin suivant. Ainsi il est recommandé que le robinet flotteur à boule ne remplisse pas le réservoir avec de l'eau froide lors de la prise de douches nocturnes.

Pour cela, il est nécessaire d'installer un robinet qui interrompe l'alimentation du réservoir quand commencent les douches nocturnes. Ce robinet peut être installé à l'intérieur de la douche et sera fermé avant la première douche et ouvert seulement après la dernière douche du matin suivant. Le réservoir se remplira alors de nouveau permettant que l'eau soit chauffée par énergie solaire.

### 5.7 Connexion du variateur de température à la douche

Lors des journées pluvieuses ou nuageuses, la température de l'eau pourra être en deçà de la valeur souhaitée. Ainsi, pour élever sa température à une valeur confortable peut être installé un contrôleur de potentiel de type variateur de température en série avec les fils d'alimentation de la douche électrique. Le variateur de température permet que soit utilisé seulement le potentiel nécessaire pour élever la température, évitant la surchauffe de l'eau de douche. **Avant d'installer le variateur de température lisez très attentivement les instructions du fabricant.**



### 5.8 Le bouilleur préexistant

Dans le cas où il existe dans le lieu d'installation un chauffe-eau avec bouilleur, nous conseillons la chose suivante : pour éviter des dépenses inutiles d'énergie, désactivez le bouilleur en reliant directement la sortie d'eau chaude du CESBM à la douche. Avec l'élimination de la fonction de chauffe-eau du bouilleur (qui sera libéré pour un éventuel futur usage), il est alors nécessaire de substituer la douche actuelle par une douche électrique avec variateur de température.

Dans le cas où l'installateur souhaite maintenir le bouilleur comme complément de chauffage, la Sociedade do Sol se met à votre disposition pour informations supplémentaires.

## 6. Utilisation du CESBM

### 6.1 Premier remplissage du CESBM

Ouvrir le couvercle du réservoir et actionner la vanne qui contrôle le robinet flotteur à boule. L'eau, en montant, va couler par le tuyau de 32 mm de sortie d'eau chaude, commençant le remplissage des capteurs. Après quelques minutes, les capteurs seront pleins et l'eau rentrera dans le tube de retour d'eau chaude.

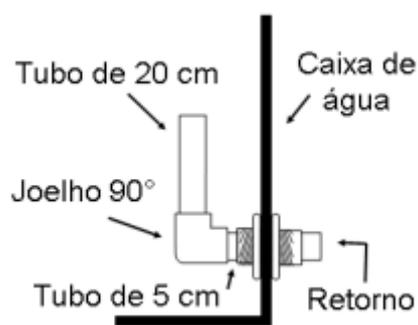
**Attention :** ne laissez jamais l'eau entrer simultanément par les tubes d'eau froide et chaude, car dans ce cas il est possible que de l'air soit retenu dans les plaques, générant la présence de grosses bulles qui empêcheront la circulation naturelle de l'eau chaude.

Dans le cas où ce phénomène arrive, ce qui est facilement vérifiable en confirmant à la main la présence de zones plus chaudes ou plus froides sur la surface des capteurs, les mesures suivantes peuvent être prises :

Insérer un tuyau d'eau dans le tube de sortie d'eau chaude des capteurs (à l'intérieur du réservoir). Ouvrir précautionneusement le robinet d'arrivée d'eau dans le réservoir jusqu'à ce que les grosses bulles d'air sortent du côté de l'arrivée de l'eau chaude des capteurs au réservoir. Fermer le robinet et retirez le tuyau.

Dans le cas de l'inexistence du tuyau, ouvrir le bouchon avec pas de vis (6), laissant l'eau s'écouler entièrement des capteurs. Fermer la sortie avec le bouchon et recommencer le remplissage avec les soins dus. Dans le cas où l'arrivée de l'eau chaude des capteurs au réservoir se situe au même niveau ou en deçà du niveau de la sortie de l'eau froide du réservoir vers les capteurs, il existe une méthode simple pour éviter que l'eau entre par l'arrivée d'eau chaud, sans que soit empêchée l'évacuation de l'air provenant des capteurs qui se remplissent d'eau.

Il s'agit de suivre les indications décrites sur le schéma à droite :



Traduction :

Tubo de 20 cm = Tube de 20 cm

Caixa de água = Réservoir

Joelho 90° = Coude 90°

Retorno = Arrivée d'eau chaude des capteurs

Figure 7 : Dispositif pour le bon remplissage des capteurs

Pendant le remplissage du réservoir, retirez la protection qui faisait de l'ombre aux capteurs et vérifiez s'il y a des fuites au niveau des tubes ou des capteurs. Laissez l'eau atteindre le niveau souhaité dans la caisse en tordant la tige du robinet flotteur à boule.



### **Ca ne marche pas !**

*De par sa nature, le CESBM est encore un produit expérimental. Chaque jour arrivent des suggestions de monteurs de tout le Brésil, proposant des nouvelles idées qui facilitent la manufacture des pièces et le montage du système. N'hésitez pas à nous envoyer des suggestions et commentaires qui puissent constituer une amélioration de l'efficacité du CESBM.*

*D'autre part il existe aussi des monteurs qui, par difficulté d'interprétation du manuel ou autres problèmes ne furent pas satisfaits de la chauffe de l'eau par le système. Pour ces personnes, nous suggérons qu'avant d'abandonner la mise en fonction définitive du système, elles vérifient ce qui suit :*

- Analyser l'existence de fuites dans les tuyauteries et les capteurs.*
- Analyser si le capteur est chaud uniformément. Si ce n'est pas le cas, c'est qu'il y a sans doute des bulles d'air dans le système plaques-tubes, empêchant la circulation de l'eau.*
- Analyser si les tubes de circulation ne sont pas bouchés.*
- Revoir l'inclinaison des capteurs et des tubes de retour, pour assurer la circulation de l'air dans ces tubes. De part la configuration des toits, certaines illusions optiques font croire que l'inclinaison est la bonne alors qu'elle ne l'est pas.*

## **6.2 A la douche !**

Il est conseillé que l'utilisateur actionne toujours en premier lieu le robinet d'eau chaude. Dans le cas où la température de l'eau chauffée est en deçà du niveau attendu, l'utilisateur pourra compléter la chauffe en réglant finement le variateur de température, situé à proximité de la douche, qui élèvera la température de l'eau seulement au niveau nécessaire. Dans le cas où l'eau est à une température agréable, il n'est pas nécessaire d'actionner le variateur de température. Le robinet d'eau froide sera utilisé seulement quand l'utilisateur sentira le besoin de diminuer la température de l'eau chauffée par le soleil ou quand il souhaitera prendre une douche froide.

## **6.3 Potabilité de l'eau fournie par le CESBM**

Les plaques alvéolaires de PVC possèdent des additifs qui peuvent altérer la potabilité de l'eau. Selon tests réalisés en laboratoires d'analyses chimiques, la présence d'additifs dans l'eau, au-delà des paramètres légaux, est observée seulement lors des premières semaines de circulation de l'eau dans les capteurs, et pas plus de 4 semaines. Dans les semaines suivantes, l'eau entre déjà en régime de potabilité, présentant seulement des traces de ces additifs. Ainsi, la Sociedade do Sol recommande que l'utilisateur, lors les premières semaines d'utilisation du CESBM, n'utilise pas l'eau pour cuisiner et pour boire. En outre, il est conseillé que lorsque le système reste inactif pour 7 jours ou plus (absence des habitants, vacances, etc.), toute l'eau du réservoir soit changée. L'eau chaude stagnante, même dans l'obscurité, présente des conditions pour le développement de microorganismes.

## 7. Entretien

Le CESBM n'a pas besoin d'un entretien et de réparations constants. Cependant nous recommandons ce qui suit lors de son utilisation :

### 7.1 Capteurs

En ce qui concerne l'entretien des capteurs, il est conseillé de réaliser :

- **Une inspection visuelle** : Une fois par an analysez la surface noire et la région collée, mais sans les forcer. Chercher les fissures ou décollements dans ces régions.
- **Un entretien de la surface noire** : Les capteurs devront être repeints de temps en temps, dépendant de la région du Brésil et de l'insolation. Une peinture noire synthétique peut servir jusqu'à près de 4 ans quand elle est totalement exposée aux intempéries.
- **Un nettoyage interne du système** : Il est suggéré de vidanger les capteurs une fois par an. Pour ce faire, ôtez le bouchon avec pas de vis sur 1 pouce (25,4 mm). Le réservoir thermique se videra par la nouvelle ouverture. Observez la couleur de l'eau. Au début marron, à cause des sédiments de boue et autres matériaux à l'intérieur des tubes de PVC, elle s'éclaircira et le cap pourra être remis à nouveau. Ne pas oublier de passer deux couches de Teflon pour éviter de petites fuites à cette endroit.



*Ne pas forcer le système lors de la manipulation du bouchon : Bloquer le tube*

### 7.2 Réservoir thermique

Nous recommandons ce qui suit :

- **Inspection visuelle externe** : Chaque 6 mois faites une vérification soigneuse de son état, incluant les fuites. Si le réservoir thermique est de polystyrène expansé, et s'il est exposé à la lumière solaire et à la pluie sans protection spéciale, il peut souffrir rapidement des dommages et des déformations.
- **Inspection visuelle interne du réservoir thermique** : Observez le fonctionnement des pièces complémentaires. N'omettez pas lors de cette inspection un vigoureux nettoyage du réservoir thermique, comme il est suggéré sur le site de la SABESP (Compagnie de traitement des eaux de l'Etat de São Paulo) :  
[http://www.sabesp.com.br/pura/dicas\\_testes/conserve\\_limpa\\_cx\\_dagua.htm](http://www.sabesp.com.br/pura/dicas_testes/conserve_limpa_cx_dagua.htm) *(information en portugais)*

Cette opération de nettoyage est obligatoire pour n'importe quel type de réservoir. Dans le cas de chauffe-eau solaires ce nettoyage est encore plus important à cause du potentiel avec lequel les algues et les bactéries se multiplient dans les environnements tièdes et chauds. Si le réservoir thermique est de EPS, vérifiez la qualité du film plastique ou de la couverture interne de protection contre les fuites. Une excellente manière de vérifier s'il y a des fuites est de tenter de lever le réservoir. S'il est beaucoup plus lourd que le réservoir quand il était neuf, c'est qu'il a déjà des fuites (le polystyrène est chargé d'eau) et qu'il a perdu sa capacité d'isolement thermique.

## **ANNEXE 1 : Notes pour une norme technique**

### **Juillet 2005 – Version VII**

#### **CHAUFFE-EAU SOLAIRES POUR HABITATIONS POPULAIRES**

Adéquation d'installations hydrauliques et considérations architecturales pour augmenter le rendement des chauffe-eau solaires résidentiels.

**REMARQUE :** Ces notes sont valides pour tout type de systèmes de chauffe-eau solaire.

**Mots-clefs :**

Chauffe-eau solaire, énergie solaire, chauffage d'eau, logement social.

**Objectif :**

Les présentes notes pour une norme technique visent à faciliter à l'architecte et au porteur de projets celui de maisons populaires pour qu'elles puissent être complétées par des chauffe-eau solaires.

**Considérations générales :**

Historiquement, le chauffe-eau solaire pour une résidence mono ou multifamiliale a toujours été considéré comme un complément de luxe, dont le coup rendait son application dans les demeures populaires irréalisable.

Avec les récentes innovations brésiliennes, visant à offrir aux populations de faibles revenus des équipements solaires de bas coût, il est devenu impératif de prévoir dans la conception de ces habitations qu'elles puissent accueillir des équipements solaires, évitant des adaptations ou réformes ultérieure de la part de l'utilisateur final.

**Généralités :**

Le Chauffe-Eau Solaire mono-familial, quand il est du type Bon Marché (ou traditionnel), est composé de :

- Deux à trois capteurs solaires, en plastique noir (ou métalliques avec couverture en verre), exposées au soleil, dans lesquels circule l'eau à chauffer;
- Un réservoir thermique de jusqu'à 300 litres;
- Un système de circulation et distribution d'eau chaude de PVC marron (ou tubes de cuivre isolés et/ou de CPVC et/ou de Polyéthylène ou Polypropylène);
- Une douche électrique qui fournit l'eau froide et l'eau chaude solaire, dont la puissance est contrôlée par un variateur d'énergie actionné les jours où le chauffage solaire n'a pas été suffisant (ou sans douche électrique, les réservoirs thermiques traditionnels utilisant une résistance thermique interne);
- Un système de mélange des eaux chaude et froide pour la douche.

La surface des capteurs est d'environ 1,5 à 2,5 m<sup>2</sup>, avec un poids total de 20 à 40 kg. Ils sont habituellement appuyés sur un des versants du toit.

#### **1 – Aspects architecturaux**

### 1.1 – Direction et inclinaison du toit

Un des versants du toit doit, lorsque c'est possible, être en direction du Nord Réel, avec un écart maximal, que ce soit à droite ou à gauche (est ou ouest) de 45 degrés, selon la figure 01.

L'inclinaison du toit doit être proche de la latitude locale. Elle peut en être supérieure de 10 degrés, ce qui améliore le rendement de l'équipement en hiver. Voir figure 02.

Par exemple, à São Paulo Capitale, la latitude est de 23°. Ainsi, l'angle d'inclinaison avec l'horizontale peut varier entre 23 et 33 degrés.

Dans le cas de maisons avec une dalle au lieu du toit, il peut être monté une structure légère en bois, pour l'obtention de l'inclinaison et de la direction correcte des capteurs.

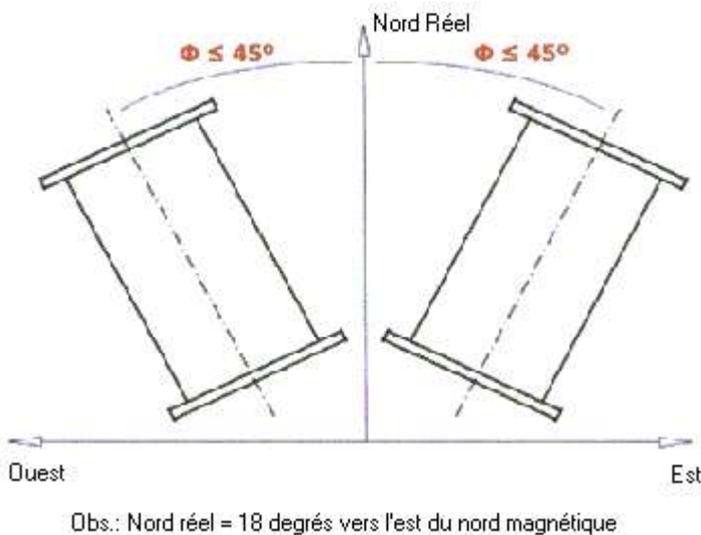
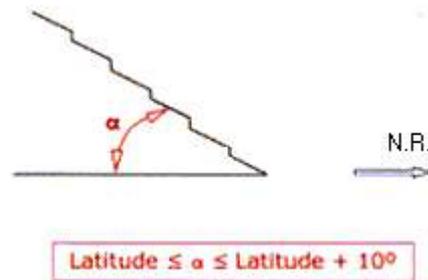


Figure 01: Direction de l'un des versants du toit  
Figure 02: Inclinaison du toit



### 1.2 – Position relative entre les capteurs solaires et le réservoir

Pour l'obtention de une bonne circulation naturelle de l'eau dans le circuit capteurs – réservoir thermique (ce qui évite l'utilisation coûteuse d'une motopompe), celle-ci devra être située au-dessus du niveau des plaques. Plus la différence de niveau est grande, meilleure est le rendement du système.

L'exigence minimale est que la différence des cotes qui caractérisent le fond du réservoir et la ligne horizontale qui divise le capteur en sont milieu soit égale ou supérieure à 20 cm (figure 03a). S'il est choisi d'utiliser le réservoir mixte la différence des cotes entre le fond du volume d'eau chaude dans le réservoir et la ligne de division des capteurs devra être égale ou supérieure à 30 cm (voir figure 03b).

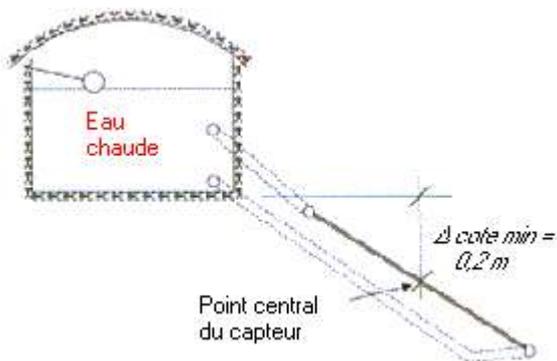


Figure 03a: Différence de niveau entre les capteurs et le réservoir d'eau chaude

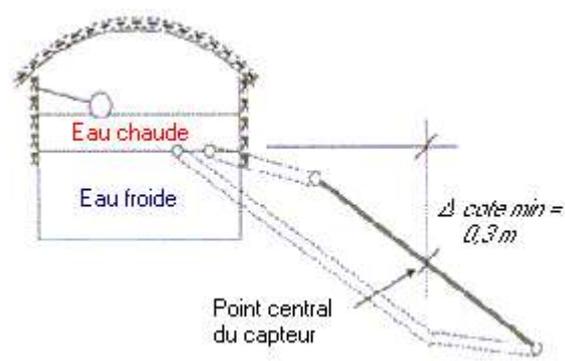


Figure 03b: Différence de niveau entre les capteurs et le réservoir mixte

Plus les capteurs sont proches du bord du toit, plus facile sera le respect de ces exigences.

Dans le cas où l'architecte conçoit une maison plus luxueuse, la différence de niveau entre le fond du réservoir thermique et la ligne médiane des capteurs thermoplastiques ne devra pas être supérieure à 3 mètres, face aux limitations mécaniques des capteurs à bas coût (la différence de niveau pour les systèmes traditionnels métalliques n'a presque pas de limite).

### 1.2.1 – Localisation du réservoir thermique

Le réservoir d'eau chaude devra être le plus proche possible du point d'utilisation, la douche. Dans le cas où il y a plus d'une douche, le réservoir devra être à une distance médiane des points, équilibrant le temps d'arrivée d'eau chaude aux points d'utilisation.

Dans le cas d'une habitation populaire, pour des raisons de manque d'espace ou autres, s'il n'est pas possible d'installer un réservoir thermique additionnel, le porteur du projet pourra prévoir l'utilisation de la technique du réservoir mixte, qui stocke, dans le même réservoir (celui d'eau froide), l'eau chaude et l'eau froide. Le moyen est simple, avec l'application du principe de stratification thermique (l'eau chaude flotte au-dessus de l'eau froide du réservoir, sans l'utilisation de séparation mécanique). Détails dans le présent manuel de fabrication du Chauffe-Eau Solaire Bon Marché.

### 1.3 – Réservoir externe

Le porteur du projet devra maintenir les relations de hauteur présentées ci-dessus. S'il est possible, agrandir l'espace pour l'installation d'un réservoir thermique à côté du réservoir d'eau froide.

Dans le cas de l'impossibilité de l'extension de la dalle du réservoir d'eau, applique le procédé du réservoir mixte expliqué ci-dessus.

## 2 – Aspects hydrauliques

Ayant en vue la probable installation d'un chauffe-eau solaire, que ce soit par le constructeur, la coopérative, ou par le propre utilisateur, le porteur du projet de l'habitation devra prévoir un mélangeur traditionnel d'eau chaude et froide pour la douche électrique. Ceci revient à l'addition de tubes d'eau chaude au système :

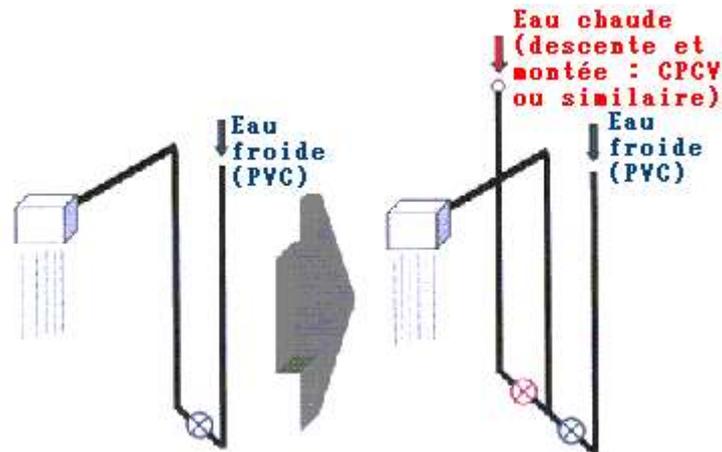
- Un tube de descente provenant du système solaire;
- Un nouveau robinet;
- Un "T" pour l'union des eau froide et chaude;
- Un tube de montée du "T" à la douche.

Pour que l'eau, quelque soit sa température, puisse être envoyée à la douche, les deux tubes mentionnés doivent être spéciaux pour eau chaude (cuivre, etc.).

Grâce au faible flux d'eau qui passe par les tubes d'eau chaude, ceux-ci peuvent être, sans perte de débit, de diamètre de 15 mm ou de 1/2 pouce.

Le diamètre moindre a l'avantage de réduire les pertes thermiques, en plus d'accélérer l'arrivée d'eau chaude, réduisant les coût d'eau et d'énergie. Voir figure 04.

**Figure 04 : Canalisations avec entrée d'eau chaude solaire**



### 3 – Aspects électriques

Toutes les normes qui visent à la sécurité et le bon fonctionnement de la douche électrique dans les habitations populaires doivent être maintenues, même pour des maison préparées pour recevoir des chauffe-eau solaires.

### 4 – Observations sur l'entretien de la toiture : l'Accès

Historiquement, l'accès à la toiture d'une maison est prévu avec des dimensions minimales, suffisantes pour le passage d'une personne maigre. Avec le vieillissement de la maison, les travaux d'entretien de la toiture deviennent nécessaires. Si le changement du réservoir est nécessaire, le propriétaire agrandit l'accès, ou introduit le réservoir par la charpente du toit, sciant et fragilisant la structure de bois.

Suggestion : Projeter les dimensions de l'accès avec les dimensions suffisantes pour le passage de grands objets, par exemple, des réservoirs d'eau de 500 litres, facilitant de futures manutentions.

MANUEL DE FABRICATION ET INSTALLATION DU  
**CHAUFFE-EAU SOLAIRE BON MARCHÉ (CESBM)**  
 Sociedade do Sol – Société du Soleil

## ANNEXE 2 : Table d'équivalence entre degrés (angles) et élévation en pourcentage pour l'inclinaison du capteur

Le monteur d'un chauffe-eau solaire n'a pas toujours appareil de mesure d'angle sous la main pour mesurer l'inclinaison d'un capteur.

Pour faciliter ce travail, voici une table de conversion :

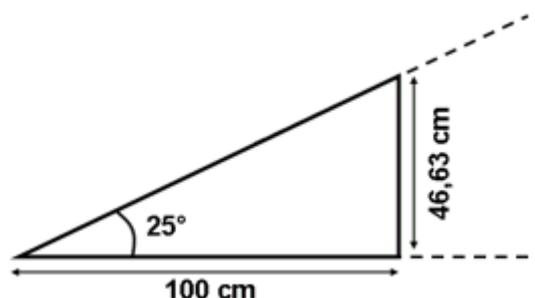
Degré	Elev%		Degré	Elev%		Degré	Elev%
1	1,75		16	28,67		31	60,09
2	3,49		17	30,57		32	62,49
3	5,24		18	32,49		33	64,94
4	6,99		19	34,43		34	67,45
5	8,75		20	36,40		35	70,02
6	10,51		21	38,39		36	72,65
7	12,28		22	40,40		37	75,36
8	14,05		23	42,45		38	78,13
9	15,84		24	44,52		39	80,98
10	17,63		25	46,63		40	83,91
11	19,44		26	48,77		41	86,93
12	21,26		27	50,95		42	90,04
13	23,09		28	53,17		43	93,25
14	24,93		29	55,43		44	96,57
15	26,79		30	57,74		45	100,00

Exemple : Nous désirons incliner le capteur de 25 degrés. Dans la table nous lisons que 25 degrés correspondent à 46,63 % d'inclinaison.

Maintenant, il suffit de dessiner une ligne horizontale de 1 mètre (100 cm). Au bout de cette ligne, une autre, à 90 degrés (à l'équerre) de 46,63 cm.

Unir le sommet de la verticale au commencement de la ligne horizontale.

L'angle de ce commencement sera de 25 degrés. La manière la plus simple de reproduire cette inclinaison sur le toit sera de dessiner le degré sur une feuille de journal ou un carton. Ensuite, couper, emmener et appliquer.

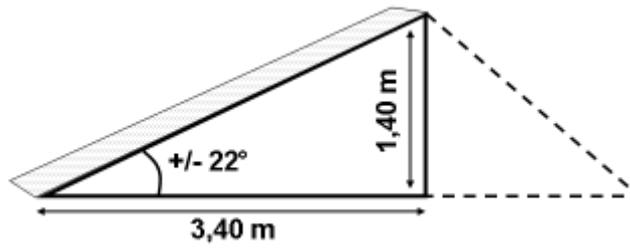


Autre application simple : Quelle est l'inclinaison, en degrés, de mon toit ?

Juste mesurer la largeur du versant du toit à la base (Exemple, 3,40 mètres) et la hauteur maximale du versant de la base au sommet (exemple, 1,40 mètres).

Diviser 1,40 par 3,40. Résultat : 0.41. Pour transformer en pourcentage, il suffit de multiplier par 100 = 41.00 %

La table indique que 41,00% = +/- 22 degrés.



Facile ?