

RÉINVENTONS  
L'ÉNERGIE



## Conception d'un grand système solaire thermique de production d'eau chaude Référentiel destiné au Maître d'ouvrage

### Check-list des éléments essentiels à retrouver dans le cahier des charges pour l'exécution des travaux d'installation du Chauffe-eau solaire

#### Facilitateur Energie Solaire Thermique :



3E sa  
Rue de l'Association, 39  
1000 Bruxelles

#### Contact :

Bernard Huberlant  
Tél. 02/229 15 16  
Fax. 02/219 79 89  
E-mail: [bernard.huberlant@3E.be](mailto:bernard.huberlant@3E.be)

#### Ministère de la Région wallonne

**Direction Générale des Technologies, de la recherche et de l'Énergie - DGTRE**  
Avenue Prince de Liège, 7  
5100 Jambes

#### Division de l'Énergie

Muriel Hoogstoel  
Tél. 081/ 33 55 29  
Fax. 081/ 30 66 00  
E-mail : [m.hoogstoel@mrw.wallonie.be](mailto:m.hoogstoel@mrw.wallonie.be)

*Toute l'information sur l'énergie (publications, services d'aide, outils techniques, actualités, séminaires, aides financières,...) en Wallonie sur <http://energie.wallonie.be>*

## Table des matières

|  |   |
|--|---|
| Table des matières .....   | 1 |
| 1 Avant-propos .....   | 2 |
| 2 Éléments à intégrer dans le cahier des charges pour l'exécution des travaux d'installation d'un chauffe-eau solaire..... | 4 |
| 2.1 Note de calcul .....   | 4 |
| 2.1.1 Remarque préliminaire .....  | 4 |
| 2.1.2 Dimensionnement du champ de capteurs.....  | 4 |
| 2.1.3 Dimensionnement du volume de stockage.....   | 5 |
| 2.1.4 Dimensionnement des circuits et éléments hydrauliques .....  | 5 |
| 2.2 Cahier spécial des charges .....   | 5 |
| 2.2.1 Capteurs .....   | 5 |
| 2.2.2 Réservoir(s) de stockage (et de vidange éventuel).....   | 6 |
| 2.2.3 Conduites (intérieures et extérieures) .....   | 6 |
| 2.2.4 Isolation des conduites intérieures et extérieures.....  | 6 |
| 2.2.5 Organes hydrauliques de circulation.....   | 6 |
| 2.2.6 Organes hydrauliques de sécurité .....   | 7 |
| 2.2.7 Fluide caloporteur .....   | 7 |
| 2.2.8 Régulation électronique.....   | 7 |
| 2.2.9 Calorimétrie.....  | 7 |
| 2.3 Plans d'exécution.....   | 7 |
| 2.3.1 Toiture.....   | 7 |
| 2.3.2 Bâtiment .....   | 7 |
| 2.3.3 Local technique .....  | 7 |
| 2.3.4 Schéma hydraulique .....   | 7 |
| 3 Prescriptions particulières (non exhaustif).....   | 8 |
| Annexe 1 : Schéma de principe .....  | 1 |



# 1 Avant-propos

Une étude<sup>1</sup> menée en 2002 en Région wallonne montre que bon nombre d'établissements d'accueil ou d'hébergement de collectivités présentent un réel potentiel pour la production d'eau chaude au départ de l'énergie solaire.

Au niveau de chaque établissement considéré individuellement, la phase initiale de la démarche projet consiste généralement à évaluer la pertinence d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude. Cette évaluation peut se faire à l'aide du Quick-Scan<sup>2</sup> ou d'un avis d'expert indépendant tel que le Facilitateur Energie Solaire Thermique.

Ensuite vient la phase d'audit solaire, comprenant l'analyse détaillée des consommations d'énergie et d'eau chaude de l'établissement et le dimensionnement par simulation dynamique du Chauffe-eau solaire correspondant à l'optimum économique.

Le rapport d'audit permet au Maître d'Ouvrage de décider en connaissance de cause de la poursuite de son projet. A ce stade, l'essentiel des données nécessaires à l'élaboration du cahier des charges pour la conception du système sont disponibles; notamment celles relatives au dimensionnement de l'installation et à son intégration dans le système de chauffage existant.

Vient alors la phase de conception proprement dite, l'étude technique, qui débouche sur la rédaction du cahier des charges pour l'exécution des travaux.

Le présent document de référence vise à préparer cette étape de la démarche projet en récapitulant sous forme de check-list les éléments indispensables que le Maître de l'ouvrage doit retrouver dans les clauses techniques du cahier des charges pour l'exécution des travaux d'installation d'un système solaire thermique de production d'eau chaude.

Ces éléments concernent (notamment) :

- La liste des documents à fournir (plans, notes et résultats de calcul,...) ;
- L'étude du circuit solaire (concept, optimisation, dimensionnement, tracés) ;
- L'intégration dans l'installation existante (concept, raccordement, description des composants types, caractéristiques, mise en œuvre) ;
- La présentation des résultats intermédiaires et finaux (réunions, PV de réunions) ;
- La procédure de réception (tests et mise en service) de l'installation ;
- Le monitoring et le suivi des performances...

<sup>1</sup> Cfr. "Aperçu du Potentiel pour la production d'eau chaude solaire dans le secteur tertiaire et l'habitat groupé en Wallonie" Rapport d'identification des secteurs d'activité les plus intéressants - 3E. Architecture & Climat-UCL. (Janvier 2003)

<sup>2</sup> le Quick-Scan est un calculateur Excel permettant d'estimer grossièrement la dimension du Chauffe-eau solaire au départ de la consommation d'eau chaude mesurée ou estimée, de l'établissement. Ce logiciel est téléchargeable gratuitement sur <http://energie.wallonie.be>



L'objectif de ce référentiel est de garantir au commanditaire de l'étude technique qu'il retrouve bien dans le cahier des charges pour l'exécution des travaux, les éléments essentiels à la bonne réalisation du projet.

Le présent document n'est pas destiné à des fins commerciales. Son contenu n'engage en aucune manière la responsabilité de la Région wallonne ni celle de l'opérateur 3E.

### **Documents de référence disponibles sur le Site Portail de l'énergie en Région wallonne**

- Cahier des charges type pour l'exécution des travaux d'installation d'un chauffe-eau solaire (février 2003), également disponible dans la version 3 du CDRom Energie+ et sur le site de l'IBGE3
- Référentiel destiné au Maître d'ouvrage : Guide des éléments essentiels à intégrer dans le cahier des charges pour commander un audit solaire (octobre 2003)
- Référentiel destiné aux bureaux d'études : Guide pour la réalisation d'un audit solaire (novembre 2003)
- Cahier des charges type avec Garantie de Résultat Solaire (en préparation - printemps 2004).

---

<sup>3</sup> <http://www.ibgebim.be>



## 2 Éléments à intégrer dans le cahier des charges pour l'exécution des travaux d'installation d'un chauffe-eau solaire

### 2.1 Note de calcul

#### 2.1.1 Remarque préliminaire

Le dimensionnement de l'installation (champ de capteurs et volume de stockage) se fera de préférence en fonction d'un optimum économique, défini comme la taille de système pour laquelle l'investissement solaire net par kWh de combustible économisé sur 25 années de fonctionnement de l'installation est minimum.

La formule conseillée est la suivante :

$$C_{CES} = \frac{INV}{n * (E_{Solaire} / \eta_{chaudière})} \times 100$$

Où :

- $C_{CES}$  = coût du CES par kWh de combustible économisé (en cEUR/kWh de combustible )
- $INV$  = investissement Net total dans le CES, subsides déduits (en EUR)
- $n$  = durée de vie escomptée du chauffe-eau solaire (en année).
- $E_{Solaire}$  = apport énergétique solaire annuel utile (en kWh/an).
- $\eta_{chaudière}$  = rendement global annuel de l'installation existante de production de chaleur (en %).
- 100 = facteur de conversion EUR en cEUR.

#### 2.1.2 Dimensionnement du champ de capteurs

- Définition du type de capteurs et des paramètres utilisés lors du calcul  
paramètres essentiels à considérer pour un capteur solaire :
  - $\eta_0$  : rendement optique du capteur symbolise son degré d'efficacité à convertir l'énergie solaire incidente en chaleur ;
  - $a_1$  : Coefficient de premier ordre de la courbe de rendement des capteurs telle que définie dans la norme EN12975-2. Exprimé en W/m<sup>2</sup>.K, il symbolise la déperdition thermique du capteur. le coefficient  $k_1$  de pertes linéaires sans vent peut aussi être utilisé ;
  - $a_2$  : Coefficient de second ordre de la courbe de rendement des capteurs telle que définie dans la norme EN12975-2, exprimé en W/m<sup>2</sup>.K. Le coefficient  $k_2$  de perte quadratique sans vent peut aussi être utilisé ;



Ces trois paramètres caractérisent le rendement des capteurs. Les valeurs acceptables pour chacun de ces paramètres sont à déterminer au cas par cas en fonction du type de capteur proposés (capteurs plans vitrés, capteurs tubulaires sous vide, ...).

Les valeurs seuils doivent être spécifiées de manière suffisamment strictes que pour exclure les capteurs trop peu performants et suffisamment larges pour ne pas correspondre qu'à une ou deux marques, ce qui limiterait la concurrence lors de l'appel d'offre pour la phase d'exécution.

D'autres paramètres affectent le rendement des capteurs mais ne sont pas à utiliser pour prescrire le matériel à mettre en œuvre étant donné qu'ils ne suffisent pas à définir le rendement global des capteurs et que d'autre part ils influencent de toute façon les trois paramètres ci-dessus :

- $\tau$  : coefficient de perméabilité à la lumière d'un verre transparent, généralement compris entre 0.9 et 1 ;
- $\alpha$  : coefficient d'absorption de l'énergie solaire atteignant l'absorbeur, généralement compris entre 0.8 et 1.
- Résultat de l'optimisation : graphique ou tableau reprenant les résultats pour différentes tailles du champ de capteurs, soutenant le raisonnement et indiquant où se situe l'optimum.

### 2.1.3 Dimensionnement du volume de stockage

- Résultat de l'optimisation : graphique ou tableau reprenant les résultats pour différentes tailles du stockage soutenant le raisonnement et indiquant où se situe l'optimum.

### 2.1.4 Dimensionnement des circuits et éléments hydrauliques

- Dimensionnement des conduites, circulateurs, vase(s) d'expansion, soupape de sécurité, vannes de régulation, réservoir de vidange, ...;
- Résultat et détail des calculs.

## 2.2 Cahier spécial des charges

### 2.2.1 Capteurs

#### 2.2.1.1 Spécification du matériel

- Type de capteurs : plans, vitrés ou non vitrés ou capteurs à tubes sous vides ;
- Rendement minimal (via les paramètres de la courbe de rendement :  $\eta_0$ ,  $a_1$  ( $k_1$ ) et  $a_2$  ( $k_2$ ), voir ci-dessus).

#### 2.2.1.2 Spécification quantitative

- Ouverture optique du champ de capteurs. Exprimée en  $m^2$ , le cahier des charges spécifiera l'ouverture optique minimale et/ou maximale.



### 2.2.1.3 Mise en œuvre

- Type de raccords hydrauliques ;
- Mode d'arrimage des capteurs à la toiture ou autre surface portante. Tenir compte de la résistance à l'arrachage et des contraintes dues au vent ;
- Mesures de protection de l'étanchéité de toiture.

## 2.2.2 Réservoir(s) de stockage (et de vidange éventuel)

### 2.2.2.1 Spécification du matériel

- Type de matériau (revêtement de la paroi interne du ballon, ...)  
Ballons en inox, spécifier la qualité d'inox utilisé; Acier émaillé, préciser le type d'émaillage (simple couche, double couche, à chaud,...) ;
- Type d'échangeurs de chaleur (interne, externe,...) ;
- Pertes thermiques maximales admissibles par 24h (en °C) ou isolation thermique minimale requise (épaisseur en mm et k de l'isolant en  $W/m^2.K$ ).

### 2.2.2.2 Spécification quantitative

- Contenance totale du réservoir de stockage (en litres).

### 2.2.2.3 Mise en œuvre

- Positionnement (intégration dans le circuit hydraulique, volume d'encombrement, charge pondérale par  $m^2$ , verticalité, stratification,...) ;
- Type de raccords hydrauliques ;
- Dispositifs d'assise éventuels.

## 2.2.3 Conduites (intérieures et extérieures)

- Matériaux acceptés ou exigés (type de métal, flexibles,...) ;
- Mode de mise en œuvre (par assemblage ou par soudure & type de soudure) ;
- Inclinaison / pente éventuelle des conduites dans le cas d'un système à vidange.

## 2.2.4 Isolation des conduites intérieures et extérieures

- Type de matériau, caractéristique thermique (k en  $W/m^2/K$ ) et épaisseur (mm) ;
- Coques de protection pour conduites extérieures :  
L'isolant extérieur doit être imputrescible, résistant aux UV, au gel, aux hautes températures et aux attaques de polluants, protégé de l'attaque des rongeurs et des oiseaux, imperméable au vent et à la pluie.

## 2.2.5 Organes hydrauliques de circulation

- Pompes de circulation ;
- Vannes, électrovannes et robinets ;
- Clapets anti-retour et disconnecteurs ;
- Dispositifs de dégazage ;
- ...



### 2.2.6 Organes hydrauliques de sécurité

- Vases d'expansion (contenance, type de membrane, place dans le circuit hydraulique,...);
- Soupapes de sécurité (tarage, type, place dans le circuit hydraulique,...).

### 2.2.7 Fluide caloporteur

- Propriétés chimiques, compatibilité avec les matériaux mis en œuvre (parties métalliques ou autres), présence d'inhibiteurs de corrosion ou autres additifs,... ;
- Propriétés physiques (résistance au gel, résistance aux surchauffes, capacité calorifique,...).

### 2.2.8 Régulation électronique

- Nombre et positionnement des sondes de température ;
- Logique de fonctionnement du module de régulation.

### 2.2.9 Calorimétrie

- Nombre, positionnement et type de sondes de température et débitmètre(s) ;
- Fonctions de comptage de chaleur nécessaires.

## 2.3 Plans d'exécution

### 2.3.1 Toiture

- Implantation de la zone des capteurs ;
- Détails des dispositifs d'arrimage à la structure portante ;
- Si nécessaire : détail des dispositifs de protection d'étanchéité de toiture, conduites, éléments hydrauliques.

### 2.3.2 Bâtiment

- Eléments à représenter : chemin de passage des conduites.

### 2.3.3 Local technique

- Eléments à représenter : positionnement du ballon stockage (et éventuellement du réservoir de vidange), vase d'expansion, conduites, éléments hydrauliques (vannes, clapets,...).

### 2.3.4 Schéma hydraulique

Schéma complet reprenant tous les composants détaillés dans le cahier des charges et les connexions à l'installation existante de production et distribution d'eau chaude. Un exemple de schéma hydraulique pour piscine est présenté à [l'Annexe 1](#).





### 3 Prescriptions particulières (non exhaustif)

Conformité de l'installation solaire thermique de production d'eau chaude aux normes européennes enregistrées comme normes belges:

- Pour les capteurs
- NBN EN 12975-1 [février 2001] : Installations solaires thermiques et leurs composants - Capteurs solaires - Partie 1 : Exigences générales
- NBN EN 12975-2 [septembre 2001] : Installations solaires thermiques et leurs composants - Capteurs - Partie 2 : Méthodes d'essais
- Pour les Installations préfabriquées en usine (généralement vendues sous forme d'ensemble complets emballés, prêts à installer et portant une dénomination commerciale)
- NBN EN 12976-1 [février 2001] : Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations préfabriquées en usine - Partie 1 : Exigences générales
- NBN EN 12976-2 [février 2001] : Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations préfabriquées en usine - Partie 2 : méthodes d'essais
- Pour les grandes installations assemblées à façon (généralement conçues pour une application spécifique en combinant différents composants dans une installation unique):
- NBN ENV 12977-1:2001 : Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations assemblées à façon - Partie 1: Exigences générales
- NBN ENV 12977-2:2001 : Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations assemblées à façon - Partie 2 : méthodes d'essais
- NBN ENV 12977-3:2001 : Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations assemblées à façon - Partie 3 : Caractérisation des performances des dispositifs des installations de chauffage solaire
- Ajouter en annexe les attestations qui prouvent que le système satisfait à l'une ou l'autre de ces normes.

L'installation doit satisfaire aux prescriptions des sociétés de distribution d'eau et d'énergie au moment de l'adjudication.

L'installation doit faire l'objet d'un marquage CE.

...



## Annexe 1 : Schéma de principe

Dans la plupart des établissements gros consommateurs d'eau chaude, le chauffe-eau solaire est conçu de manière à préchauffer l'eau sanitaire, comme illustré dans le schéma de principe ci-dessous.

D'autres schémas sont possibles, en fonction de la situation particulière de l'établissement et du système envisagé, mais celui-ci présente une approche couramment utilisée pour le préchauffage par l'énergie solaire de l'eau sanitaire et de l'eau de renouvellement des bassins d'une piscine.

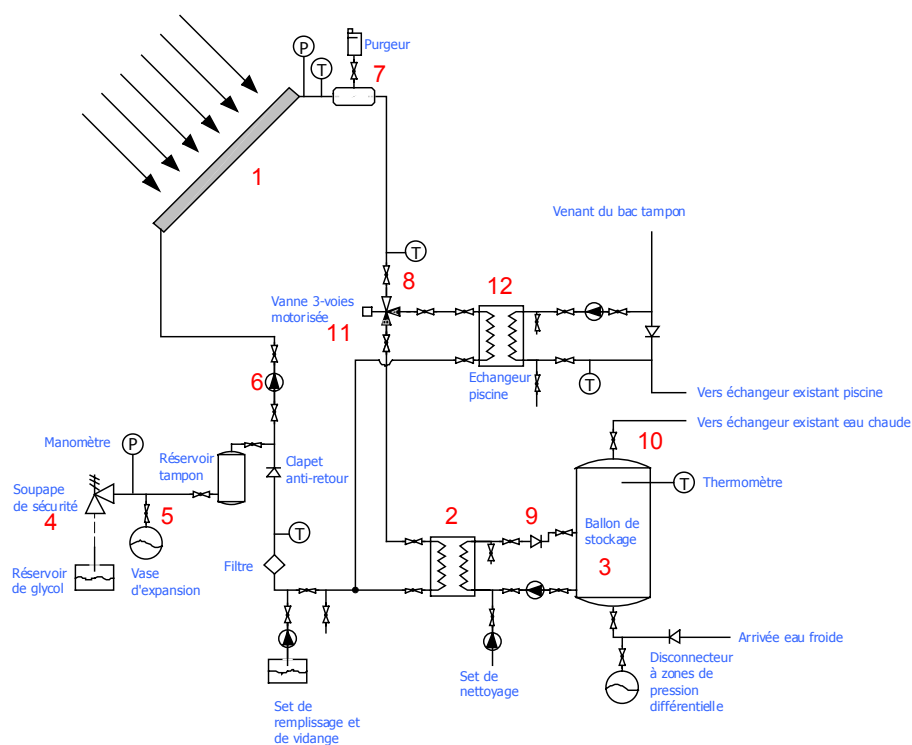


Figure 1 : Schéma de l'installation solaire thermique proposé pour la production d'eau chaude

### Composants du système solaire

Les composants du système solaire présentés à la figure ci-dessus peuvent être groupés en 6 catégories.



## 1. Les capteurs solaires

Pour la production d'eau chaude sanitaire nous choisirons des capteurs plans atmosphériques. En effet, des capteurs solaires sous vides ne conviennent bien souvent que pour des applications à hautes températures ou lorsque la surface disponible en toiture est très limitée. Les capteurs sous vide possèdent des performances supérieures pour une même surface installée. Cependant, ces capteurs sont, à production identique, plus chers que des capteurs plans atmosphériques.

## 2. Le circuit primaire

Le circuit primaire est un circuit fermé composé de tuyauteries, généralement en cuivre, qui relie le capteur (1) à un échangeur de chaleur (2) externe au ballon de stockage solaire (3).

Typiquement, pour les grands systèmes solaires, au-delà de 30 m<sup>2</sup> de capteurs, un échangeur de chaleur externe est utilisé. En effet, les puissances importantes mises en jeu nécessitent de grandes surfaces d'échange. Il n'est cependant pas rare de rencontrer des ballons de stockage solaires à échangeur interne, même pour ces grands systèmes. Ce choix est à discuter avec le fournisseur.

Le circuit primaire, relatif à l'installation sous pression, est totalement rempli d'un fluide caloporteur résistant au gel. On pourrait également travailler avec de l'eau pure non glycolée dans le cas d'un système à vidange. Dans ce cas précis, on peut omettre le vase d'expansion car le circuit primaire n'est pas mis sous pression, mais il faut prévoir la place pour installer le réservoir à vidange entre le champ des capteurs et le ballon de stockage solaire. Le choix d'un système "sous pression" ou "à vidange" peut encore s'effectuer lors de la rédaction du cahier des charges ou même lors de l'adjudication.

Le circuit primaire est muni des accessoires suivants :

- Une soupape de sécurité (4) munie d'un manomètre destinée à évacuer les surpressions en cas de surchauffe de l'installation. Cette vanne est raccordée à un réservoir de collecte du fluide caloporteur avec anti-gel pour éviter tout rejet toxique dans le réseau d'égout,
- Un vase d'expansion (5), placé du côté aspiration de la pompe de circulation, chargé d'absorber les différences de volume et de récolter la totalité du fluide caloporteur expulsé des capteurs en cas de surchauffe,
- Une pompe de circulation (6) assurant la circulation du fluide caloporteur dans le circuit,
- Un purgeur manuel (7) permettant d'éliminer l'air en partie haute du circuit lors du remplissage et des entretiens,
- Un clapet anti-retour (8) pour éviter la formation d'un contre-courant de thermocirculation qui déchargerait le ballon de stockage solaire de sa chaleur,
- Plusieurs vannes d'isolement pour isoler les composants principaux du système en cas d'entretien ou de remplacement,
- Un robinet permettant le remplissage et la vidange du circuit en fluide caloporteur.



### 3. Le circuit d'eau sanitaire

En amont des ballons de stockage, le circuit d'eau sanitaire est équipé des dispositifs suivants :

- une vanne d'arrêt permettant d'isoler le chauffe-eau solaire du réseau de distribution d'eau sanitaire,
- une soupape de sécurité destinée à protéger le circuit des surpressions,
- un robinet permettant de vidanger l'installation,
- Le risque de fuite de liquide caloporteur du circuit primaire au niveau de l'échangeur de chaleur externe ne pouvant être totalement exclu, le réseau d'eau froide sanitaire doit être protégé de toute contamination par le fluide caloporteur. L'alimentation en eau sanitaire est donc équipée du dispositif suivant :
  - un disconnecteur non contrôlable à zones de pression différente interdisant le retour de l'eau sanitaire du ballon de stockage solaire vers le réseau. Précisons que ce disconnecteur, les soupapes et robinet de vidange sont raccordés à des réservoirs de collecte du fluide caloporteur, l'évacuation directe vers les égouts étant interdite, vu la toxicité du fluide.

Le ballon de stockage (3), alimenté par le circuit de transfert (9), permet de stocker temporairement l'énergie apportée par l'échangeur (2).

Le circuit d'eau sanitaire est également pourvu des composants suivant :

- une vanne on/off à contrôle thermostatique dirigeant l'eau sortant du ballon de stockage solaire, en fonction de sa température, soit vers l'installation de chauffe complémentaire, soit directement vers les points de puisage,
- une conduite (10) équipée d'un clapet anti-retour et d'un circulateur permettant de transférer l'eau chaude du ballon vers les échangeurs,

En outre, en cas d'ensoleillement important, l'eau chaude sanitaire peut sortir du ballon de stockage solaire à une température supérieure à la consigne. Afin d'éviter tout risque de brûlure aux points de puisage, l'installation est donc munie d'une vanne thermostatique à 3 voies mélangeant de l'eau froide à l'eau chaude de façon à produire de l'eau à une température maximale égale à la consigne.

### 4. Le circuit piscine

Lorsque la température dans le stockage solaire (2) dépasse la température de consigne, la vanne à trois voies motorisées (11) bascule en position B et envoie la chaleur utile vers le bac tampon de la piscine via l'échangeur piscine (12).

Ce schéma peut être complété par une conduite reliant le ballon de stockage solaire au bac tampon.



## 5. La régulation

L'installation solaire thermique de production d'eau chaude est totalement automatisée. Ce système possède plusieurs organes de régulation (généralement contenu dans un seul boîtier), avec entre autres un appareil de régulation pour le circuit primaire, qui commande le circulateur et celui du circuit de transfert, un appareil de régulation commandant le circulateur de la chaudière et le circulateur de la conduite.

## 6. L'appoint

Les panneaux solaires ne peuvent à eux seuls satisfaire l'entièreté des besoins en eau chaude, un système solaire comprend donc toujours une connexion à un appoint. Dans la plupart des cas, l'appoint sera assuré par les chaudières et les échangeurs de chaleur existants.

