

RÉINVENTONS  
L'ÉNERGIE



## Audit Solaire Thermique de la Maison de repos La Charmille (CPAS de Gembloux)

Production d'eau chaude par l'énergie solaire  
(étude de pré-faisabilité)

un  
choix  
chaleureux



Le chauffe-eau solaire

un partenaire de la Région wallonne  
Agence pour l'Énergie  
Wallonne  
**SOLTHERM**

**RÉINVENTONS  
L'ÉNERGIE**



## **Audit Solaire Thermique de la Maison de repos La Charmille (CPAS de Gembloux)**

Production d'eau chaude par l'énergie solaire  
(étude de pré-faisabilité)

Contractant : MRW  
3E Référence : BST007  
Auteur : Ismaël Daoud  
Date : 30/05/02

## Résultats de l'audit solaire

**L'objectif** de cet audit est d'évaluer la faisabilité, la pertinence et l'impact d'une installation solaire thermique pour la production d'eau chaude de la **Maison de repos La Charmille du CPAS de Gembloux**.

**Le résultat** montre qu'un système solaire thermique de production d'eau chaude est une option intéressante dans le cas présent.

**L'audit** a été effectué par le bureau d'étude Institut Wallon en collaboration avec le bureau d'études 3E, dans le cadre du Plan d'Action Soltherm. Pour toute information complémentaire, veuillez contacter l'auteur :

Ismaël Daoud (tél. : 081.25.04.80 - fax : 081.25.04.90 - e-mail : ismael.daoud@iwallon.be).

**La synthèse des résultats** de cet audit est présentée ci-dessous.

<b>Projet</b>	
Établissement	Maison de repos La Charmille (CPAS de Gembloux) Rue Chapelle Marion, 1 à 5030 Gembloux
Contact	Philippe Grevisse, Président du CPAS. Tél. : 081.62.72.35 (GSM : 0474.26.63.05)

<b>Consommations</b>	
Eau chaude sanitaire	730 m <sup>3</sup> d'eau à 60°C par an (soit 42 340 kWh/an)
Pertes boucle sanitaire	13 135 kWh/an
Pertes ballons	4 927 kWh/an (pour 3 ballons)
Électricité pour l'ECS	60 402 kWh/an
Facture électrique	7 248 € (selon l'hypothèse de 0.12 €/kWh)

<b>Pré-dimensionnement du système</b>	<b>Eau chaude sanitaire + Appoint gaz</b>
Superficie de capteurs plans	50 m <sup>2</sup>
Vol. stockage solaire + vol. stockage appoint	1 000 + 1 000 litres
<b>Bilan Énergétique</b>	
Économie d'énergie primaire	2 862 m <sup>3</sup> de gaz (soit 28 627 kWh)
Fraction de l'énergie utile non fournie par l'appoint	40 %
<b>Bilan Économique</b>	
Coût estimé du système	35 916 € HTVA et hors subsides.
Économie annuelle	887 €/an (2 899 €/an par rapport à l'installation électrique actuelle)
Coût du kWh solaire	0.063 €/kWh
<b>Bilan Environnemental</b>	
Émissions de CO <sub>2</sub> évitées par an	5 659 kg CO <sub>2</sub> /an
Émissions de CO <sub>2</sub> évitées sur 25 ans de durée de vie du système	141 tonnes
Coût de la tonne des émissions de CO <sub>2</sub> évitée	254 €/tonne



## Table des matières

Résultats de l'audit solaire.....	3
Table des matières .....	4
1 Le Plan d'Action SOLTHERM .....	5
2 Méthodologie de l'audit solaire.....	6
3 Principe général d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude.....	7
3.1 Pourquoi utiliser l'énergie solaire .....	7
3.2 Origine de l'énergie solaire .....	7
3.3 Principe de fonctionnement général.....	7
4 Présentation de l'établissement .....	8
4.1 Type d'établissement.....	8
4.2 Installation de production d'eau chaude.....	8
4.3 Inventaire des consommations d'énergie du bâtiment.....	8
5 Estimation de la consommation d'eau chaude .....	9
5.1 Méthodologie .....	9
5.2 Usages de l'eau chaude.....	9
6 Descriptif du système solaire proposé.....	12
6.1 Stratégie de conception de l'installation .....	12
6.2 Contraintes et opportunités.....	12
6.3 Schéma du système solaire optimal.....	14
6.4 Composants du système solaire .....	14
6.5 Fonctionnement du système solaire.....	16
7 Pré-Dimensionnement du système solaire .....	18
7.1 Méthodologie .....	18
7.2 Hypothèses de calcul et paramètres de simulation.....	18
7.3 Dimensionnement optimal pour la production d'ECS seule .....	19
8 Bilan de l'opération.....	22
8.1 Bilan énergétique.....	22
8.2 Bilan économique.....	22
8.3 Bilan environnemental.....	23
8.4 Autres Impacts.....	23
9 Contrôle des performances .....	24
9.1 Garantie de Résultats Solaires .....	24
9.2 Monitoring.....	24
10 Aide à la Concrétisation du projet .....	25
Annexe 1 : Subsidés octroyés par la RW .....	26



## 1 Le Plan d'Action SOLTHERM

La Région wallonne a initié le Plan d'Action Soltherm afin de créer des conditions de développement durable du marché solaire thermique. L'objectif est d'installer 200 000 m<sup>2</sup> de capteurs solaires d'ici 2010. Les actions entreprises pour atteindre cet objectif concernent d'une part, l'amélioration de l'offre (qualité du matériel, formation des installateurs, ...) et d'autre part, la stimulation de la demande (primes à l'installation, campagne de promotion, aide à la concrétisation de projets d'installation de systèmes solaires collectifs, ...).

Concernant les établissements du secteur tertiaire et les logements groupés, la Région wallonne a chargé le bureau d'étude 3E de mettre sur pied une méthodologie pour estimer la faisabilité technique des applications solaires thermiques collectives de production d'eau chaude. Le développement de ce service d'assistance technique au secteur tertiaire fait l'objet d'un partenariat entre 3E, l'Institut Wallon et le département Architecture et Climat de l'UCL. Il comprend plusieurs volets:

1. La réalisation d'une étude du potentiel de l'énergie solaire thermique active dans les établissements tertiaires et les logements groupés.
2. Le développement d'un outil informatique, baptisé Quickscan, permettant au responsable de projet d'évaluer lui-même (de manière simplifiée) le pré-dimensionnement d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude.
3. La réalisation d'une vingtaine d'audits solaires selon la méthodologie élaborée par 3E, afin d'évaluer la pré-faisabilité, la pertinence et l'impact d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude.

Parallèlement au plan d'action Soltherm, la Région wallonne soutient financièrement les projets visant à économiser l'énergie ou recourant aux énergies renouvelables. Les différentes **primes** accordées pour ces projets sont reprises en annexe 1.



## 2 Méthodologie de l'audit solaire

L'audit solaire a pour objectif d'évaluer la faisabilité et la pertinence d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude, communément appelée "système solaire", dans l'établissement concerné.

La première étape consiste à caractériser l'établissement (affectation principale, contraintes techniques et/ou architecturales, consommation d'eau chaude, opportunités,...). Le dossier de candidature et la visite sur site ont permis d'acquérir les informations nécessaires à cette fin.

La seconde étape consiste à concevoir et effectuer le pré-dimensionnement du système solaire en fonction des besoins en eau chaude et des contraintes techniques de l'établissement (place disponible, orientation de la toiture, ombrage,...).

La troisième étape consiste à calculer l'optimum technico-économique. En effet, dans la plupart des cas, il est possible de trouver un système solaire adéquat. Mais, *in fine*, c'est le coût de production de l'eau chaude solaire qui déterminera la décision.

Le présent rapport suit la démarche indiquée ci-dessus pour aboutir aux résultats chiffrés qui donnent au maître d'ouvrage les éléments nécessaires pour prendre une décision fondée sur des données techniques et financières, indépendantes des producteurs et vendeurs de matériel solaire.

Dans le cadre de Soltherm, une aide à la concrétisation est envisageable pour les maîtres d'ouvrage qui, à l'issue du rapport, décident d'entamer la réalisation du cahier des charges afin de réaliser le projet dans les meilleurs délais (voir le point 10 à la page 25).



### 3 Principe général d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude

#### 3.1 Pourquoi utiliser l'énergie solaire

Le rayonnement solaire constitue une source d'énergie gratuite, abondante et renouvelable. La technologie permettant de capter cette énergie et de la transformer en chaleur utile est aujourd'hui arrivée à maturité.

#### 3.2 Origine de l'énergie solaire

Le soleil émet, d'une manière uniforme, d'énormes quantités d'énergie dans l'espace. Le rayonnement qui arrive à la surface de la terre est de 1000 kWh (soit 100 litres de mazout) par an pour une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup>. Un capteur solaire thermique peut raisonnablement récupérer 40 à 60 % de cette énergie sous forme de chaleur.

Le **rayonnement global** qui atteint finalement la surface de la terre est de 2 types :

- Le **rayonnement direct**, provenant directement du soleil, visible par temps clair.
- Le **rayonnement diffus**, résultant de la diffusion de la lumière dans l'atmosphère, essentiellement par la couverture nuageuse.

En Belgique, la part d'énergie contenue dans le rayonnement diffus représente en moyenne annuelle 60 % du rayonnement global.

#### 3.3 Principe de fonctionnement général

Une installation solaire thermique de production d'eau chaude est un **système complet** qui sert à pré-chauffer l'eau à partir du **rayonnement solaire global**. Ce système, représenté schématiquement à la figure 1, est constitué des éléments suivants:

- Les **capteurs solaires (1)**, qui transforment le rayonnement solaire en chaleur grâce à un **absorbeur**. Celui-ci transfère la chaleur vers le **fluide** qui le parcourt.
- Le **circuit primaire**, qui relie les capteurs au(x) ballon(s) de stockage.
- Le **ballon de stockage (2)**, qui permet d'accumuler l'eau chaude produite pour l'utiliser en temps voulu.
- Les autres composants tels le **circulateur (3)** et le dispositif de **régulation automatique (4)**, qui régulent le fonctionnement du système selon les conditions d'ensoleillement et la demande en eau chaude.
- Une **source d'énergie d'appoint (5)**, qui porte l'eau préchauffée à la température souhaitée, quelles que soient les conditions d'ensoleillement.

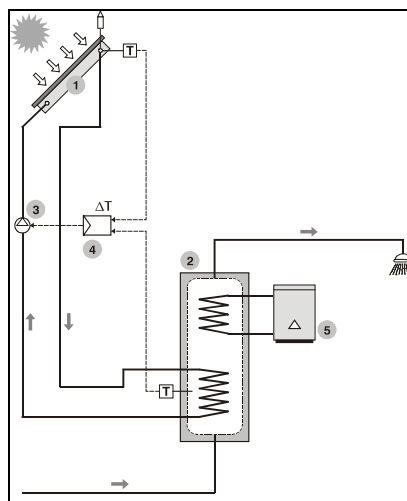


figure 1 : Schéma simplifié d'un système solaire de production d'eau chaude.



## 4 Présentation de l'établissement

### 4.1 Type d'établissement

#### 4.1.1 Affectation principale

L'établissement audité est une **maison de repos et de soins**, appartenant au CPAS de Gembloux, qui accueille des personnes âgées valides, semi-valides et invalides.

La Maison de repos La Charmille possède 79 lits ainsi qu'une cuisine.

En annexe à la Maison de repos se trouvent les bureaux du CPAS, dont la consommation d'eau chaude n'est pas prise en compte dans le pré-dimensionnement du système solaire.

#### 4.1.2 Taux d'occupation

La Maison de repos La Charmille possède un taux d'occupation de 100% durant la plus grande partie de l'année.

### 4.2 Installation de production d'eau chaude

#### 4.2.1 Descriptif de l'installation

Actuellement, l'ECS est produite par 4 ballons électriques (de 1988) de 1000 litres chacun, raccordés en série (avec une résistance électrique de 10 kW chacun). Un des ballons a rendu l'âme, un autre est sur le point de le faire.

L'eau "devrait" être chauffée durant la nuit sur le tarif exclusif nuit (un compteur dédié au chauffage exclusif nuit a été installé). De fait, étant donné que la consommation d'eau chaude est plus importante que la quantité chauffée la nuit (3 ballons en fonctionnement au lieu des 4 initialement prévus), plusieurs relances en journées sont nécessaires pour maintenir une eau suffisamment chaude.

#### 4.2.2 Combinaison avec le chauffage des locaux

Les locaux sont actuellement chauffés par des accumulateurs électriques statiques datant de la construction du bâtiment, l'eau chaude sanitaire est donc produite de manière indépendante.

### 4.3 Inventaire des consommations d'énergie du bâtiment

#### 4.3.1 Consommation d'électricité

Selon le rapport de l'audit URE remis par l'Institut Wallon le 6 novembre 2001, la consommation annuelle en chauffage est estimée à 670 000 kWh/an pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Le montant total de la facture correspondant à cette consommation est de 33 182.21 € HVAC, soit 0.12 €/kWh (mélange des tarifs exclusif nuit, binôme A et électrothermie<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Le tarif électrothermie est encore d'application pour les consommateurs possédant ce tarif avant la réforme des tarifs.





## 5 Estimation de la consommation d'eau chaude

### 5.1 Méthodologie

Étant donné que la consommation d'eau chaude annuelle de la Maison de repos La Charmille n'est pas connue, elle doit être estimée à partir des relevés de consommation.

Un compteur a été installé sur l'alimentation en eau froide des ballons d'ECS fin 2001. Cependant, les relevés de consommation s'avèrent incorrects vu la mauvaise position du compteur sur le circuit d'alimentation. En effet, ce compteur ne prend pas en compte la consommation d'eau froide qui alimente la vanne thermostatique en aval des ballons d'ECS.

Au lieu de changer la place du compteur, nous avons fermé l'alimentation en eau froide de cette vanne thermostatique, d'ailleurs défectueuse. Ainsi, les données de consommation disponibles ne concernent que deux périodes de mesures: du 18 au 25 janvier 2002 et du 16 au 19 avril 2002.

Outre le volume d'eau consommé, il est important de connaître la température d'utilisation. Étant donné le système de production d'ECS (électrique exclusif nuit), cette température évolue tout au long de la journée, contrairement à un système raccordé à une chaudière qui permettrait de respecter une consigne de température constante. On ne peut dès lors pas considérer une température d'utilisation constante équivalente à la consigne de température des ballons (soit 60°C).

Nous avons placé une sonde de température digitale à la sortie des ballons d'ECS. Ces mesures permettent d'affiner la consommation d'énergie nécessaire à la production d'ECS. Par la suite, cette consommation d'énergie est convertie en m<sup>3</sup> d'eau chaude à une température de référence de 60°C.

### 5.2 Usages de l'eau chaude

#### 5.2.1 Estimation de la consommation d'eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire est utilisée pour les bains, les douches, les lavabos et la cuisine de la Maison de repos La Charmille.

Durant la période de relevé du compteur d'ECS (du 18 au 25 janvier 2002), 21 m<sup>3</sup> d'ECS à une température variable ont été consommés, soit 3 m<sup>3</sup> par jour. Cette valeur moyenne de consommation est confirmée par la deuxième période de mesures. En effet, entre le vendredi 18 janvier et le vendredi 19 avril, 262 m<sup>3</sup> d'ECS ont été consommés en 90 jours, ce qui nous donne une moyenne de 2.9 m<sup>3</sup> par jour, valeur très proche des 3 m<sup>3</sup>.

Pour déterminer la température de consommation, nous effectuons une moyenne arithmétique des mesures de température obtenues avec la sonde entre le 18 et le 25 janvier 2002. Cette température moyenne est égale à 41°C. Convertis en eau chaude à la température de référence de 60°C, 3 m<sup>3</sup> d'ECS à 41°C correspondent à 1.9 m<sup>3</sup> d'ECS à 60°C.

Cependant, nous prenons une marge de sécurité en arrondissant à 2 m<sup>3</sup> de consommation d'ECS à 60°C, ce qui nous donne un ratio de consommation de **25 litres d'ECS à 60°C par lit et par jour**. A titre de comparaison, dans la littérature, ce ratio de consommation est estimé à 40 litres d'ECS à 60°C par lit et par jour, pour une maison de repos.



## 5.2.2 Profil journalier des besoins en eau chaude

Le profil journalier de consommation d'ECS illustré par l'histogramme de la figure 2 est relatif à la journée du lundi 21 janvier 2002. Les barres en gris foncé représentent les mesures, celles en gris clair représentent une estimation de cette consommation car les mesures n'ont pas pu être relevées pour ces plages horaires nocturnes. L'estimation de la consommation pour ces plages non mesurées se base sur le profil de température (à une chute de température correspond un puisage important) et sur les habitudes du personnel (bains et toilettes des résidents le matin et faible consommation en soirée).

Pour ce lundi 21 janvier 2002, 3.046 m<sup>3</sup> d'ECS ont été consommé à une température variable, dont 1.466 m<sup>3</sup> ont été mesuré et le reste, 1.580 m<sup>3</sup>, représente la somme des estimations pour les plages horaires non mesurées.

En outre, cette figure montre que l'installation actuelle de production d'ECS ne fonctionne pas de manière optimale. En effet, nous constatons de nombreuses relances des résistances électriques en journée, à un tarif électrique très désavantageux pour la Maison de repos La Charmille. Ces périodes de relance sont représentées par une hausse de la température en sortie des ballons d'ECS. Il est également étonnant que la consigne des 60°C ne soit pas respectée lors du réchauffage de l'ECS la nuit.

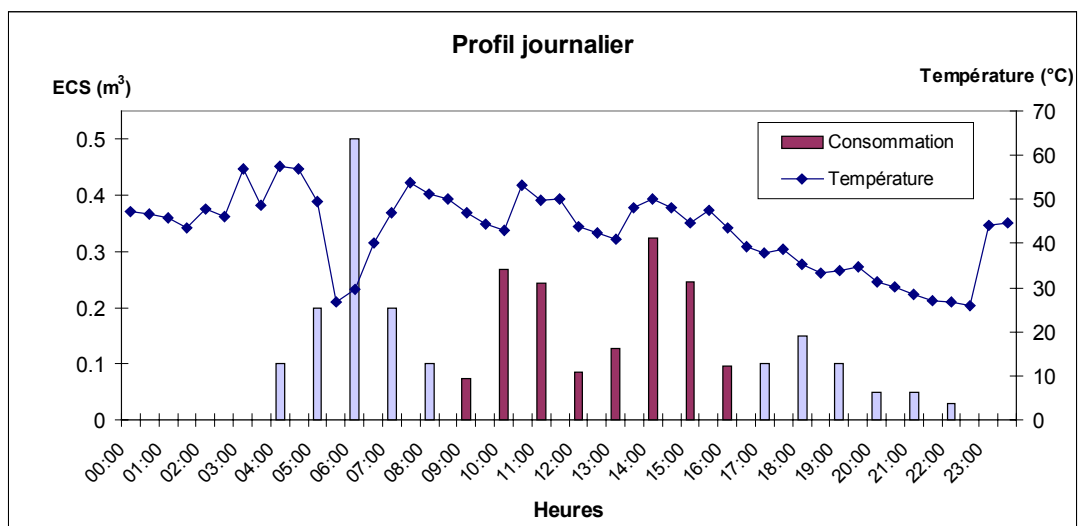


figure 2 : Profil journalier de consommation d'ECS et profil journalier de température (mesures et estimations) relatif au lundi 21 janvier 2002.

Dans la suite du rapport, nous considérons que ce profil journalier se répète de manière cyclique tous les jours de l'année.



### 5.2.3 Profil hebdomadaire des besoins en eau chaude

Le profil hebdomadaire, illustré à la figure 3, a été obtenu à partir de la première période de mesure (du 18 au 25 janvier 2002).

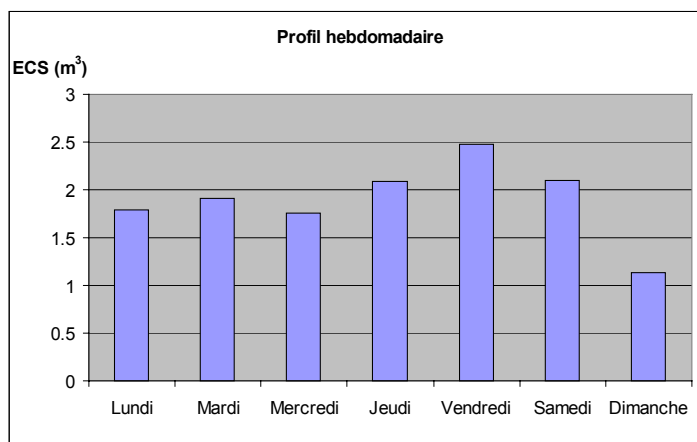


figure 3 : Profil hebdomadaire mesuré de consommation d'ECS à 60°C.

Nous remarquons que la consommation d'eau chaude sanitaire est quasi constante d'un jour à l'autre, excepté dimanche. Pour cette semaine, la consommation moyenne d'eau chaude à la température de référence de 60°C est de 1.9 m³ par jour. Par la suite, nous supposons un profil hebdomadaire de 7 jours de consommation égale à 2m³ d'ECS à 60°C par jour, et ce pour toutes les semaines de l'année.

### 5.2.4 Variations mensuelles des besoins en eau chaude

Le profil mensuel de consommation d'ECS à 60°C considéré dans ce rapport est illustré à la figure 4. Nous avons supposé que ce profil est relativement constant pour une année type. Il a été obtenu en multipliant le nombre de jours compris dans un mois par le ratio de consommation de 2 m³. Ainsi, la Maison de repos La Charmille consomme annuellement 730 m³ d'ECS à 60°C.

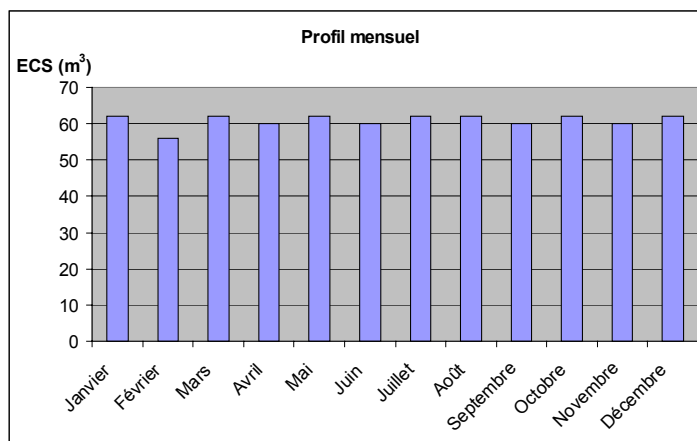


figure 4 : Profil annuel type de consommation d'ECS à 60°C.



## 6 Descriptif du système solaire proposé

### 6.1 Stratégie de conception de l'installation

L'étape suivante consiste concevoir l'installation solaire thermique de production d'eau chaude en fonction des besoins en eau chaude déterminés au point 5.

Le système solaire proposé tient compte des contraintes techniques (place disponible, orientation de la toiture, ...) ainsi que des opportunités présentes pour l'intégration d'un système solaire dans l'installation existante (travaux de rénovations en cours, adéquation des besoins, ...).

### 6.2 Contraintes et opportunités

Les différentes contraintes et opportunités techniques et/ou architecturales concernent essentiellement :

- l'installation des capteurs (surface disponible, orientation, ombrage, accès, ...)
- l'installation des ballons de stockage (place disponible, accès, ...)
- l'appoint (électrique, gaz, mazout, cogénération, ...)

#### 6.2.1 Installation des capteurs solaires

##### 6.2.1.1 Contraintes

Le toit plat de la Maison de repos La Charmille est séparé en deux par un local technique, comprenant les moteurs des ascenseurs, créant un ombrage sur la portion de toit située au nord de ce local. De cette façon, la surface horizontale disponible est limitée à la partie de toit située au sud du local technique, soit 230 m<sup>2</sup>.

Généralement, la surface des capteurs qu'il est possible de poser sur un toit plat, en évitant l'ombrage des champs de capteurs entre eux, est égale au tiers de la surface du toit. En terme de surface installée de capteurs, cette contrainte se traduit par une surface maximale de 75 m<sup>2</sup>.

Comme nous le verrons par la suite, d'un point de vue économique, la surface optimale de capteurs se trouve en-dessous de cette contrainte.

##### 6.2.1.2 Opportunités

Étant donné que la portion de toiture pressentie est plate et n'est soumise à aucun ombrage, il est possible de choisir l'orientation et l'inclinaison optimale des champs de capteurs.

#### 6.2.2 Installation des ballons de stockage

##### 6.2.2.1 Contraintes

Aucune contrainte pour l'installation des ballons de stockage dans le local technique du sous-sol n'a été inventoriée.

Par contre, nous déconseillons l'installation des ballons de stockage dans le local technique du toit, où la place disponible est réduite et d'accès difficile.

##### 6.2.2.2 Opportunités

Étant donné la vétusté de l'installation de production d'ECS existante (un ballon hors service et un deuxième qui menace de percer) et le souhait du gestionnaire d'effectuer des économies d'énergies et financières (production d'ECS et chauffage électriques), un projet de rénovation est en cours. Le moment est donc bien choisi pour évaluer la pertinence d'un système solaire de production d'eau chaude.

Le local technique du sous-sol est suffisamment spacieux (4 ballons de 1000 litres chacun sont déjà installés) et l'accès est aisé (porte d'environ 2 m de large sur 2 m de haut).



## 6.2.3 Appoint

### 6.2.3.1 Contraintes

Actuellement, l'appoint ne peut être qu'électrique. Outre le coût plus élevé du kWh électrique par rapport au kWh gaz, cet appoint exige, si l'on désire faire fonctionner les résistances au tarif exclusif nuit, un surdimensionnement important du volume de stockage. En effet, il faut qu'en début de journée les ballons de stockage soient chargés au maximum afin d'assurer la satisfaction des besoins en ECS tout au long de la journée. Il faut qu'ils contiennent, dans le cas présent, minimum 3 000 litres d'eau à 60°C (correspondant au pic de consommation mesuré) majoré d'un facteur de surdimensionnement tenant compte des pertes thermiques de la boucle sanitaire et des ballons eux-mêmes.

### 6.2.3.2 Opportunité

Étant donné qu'une conduite de gaz passe juste devant la Maison de repos La Charmille et que, suite à l'audit URE du mois de décembre 2001, il s'avèrerait très intéressant d'y installer le chauffage central, il serait plus judicieux d'assurer l'appoint du système solaire par un échangeur raccordé à la chaudière au gaz. C'est cette option qui sera considérée dans la suite du rapport.



### 6.3 Schéma du système solaire optimal

Pour la Maison de repos La Charmille et selon la stratégie de conception adoptée, le schéma<sup>2</sup> de la figure 5 présente le système solaire optimal pour le préchauffage de l'eau sanitaire.

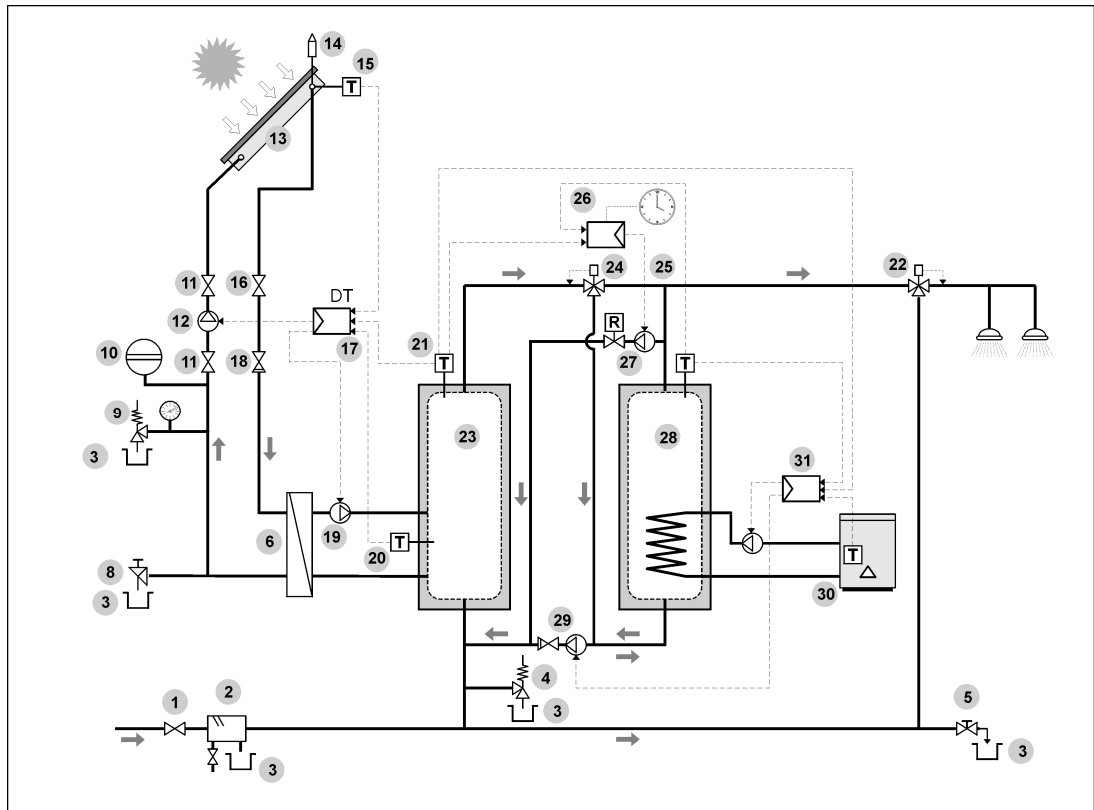


figure 5 : Schéma de l'installation solaire thermique proposé pour la production d'eau chaude

D'autres schémas sont possibles, mais celui-ci présente une approche couramment utilisée. Le schéma est expliqué en détail ci-dessous.

### 6.4 Composants du système solaire

Les composants du système solaire présenté à la figure 5 peuvent être groupés en 5 catégories.

#### 6.4.1 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 limitée, ce qui n'est pas le cas de la Maison de repos La Charmille. 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.

#### 6.4.2 Le circuit primaire

Le circuit primaire est un circuit fermé composé de tuyauteries, généralement en cuivre, qui relie le capteur (13) à un échangeur de chaleur (6) externe au ballon de stockage solaire (23).

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

<sup>2</sup> La boucle de circulation de l'ECS n'est pas représenté sur ce schéma.



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 (9) 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 (10), 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 (12) assurant la circulation du fluide caloporteur dans le circuit,
- un purgeur manuel (14) permettant d'éliminer l'air en partie haute du circuit lors du remplissage et des entretiens,
- Un clapet anti-retour (18) pour éviter la formation d'un contre-courant de thermocirculation qui déchargerait le ballon de stockage solaire de sa chaleur,
- plusieurs vannes d'isolement (11) et (16) pour isoler les composants principaux du système en cas d'entretien ou de remplacement,
- un robinet (8) permettant le remplissage et la vidange du circuit en fluide caloporteur.

#### 6.4.3 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 (1) permettant d'isoler le chauffe-eau solaire du réseau de distribution d'eau sanitaire,
- une soupape de sécurité (4) destinée à protéger le circuit des surpressions,
- un robinet (5) 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 différentielle (2) 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 (3), l'évacuation directe vers les égouts étant interdite, vu la toxicité de ce fluide.

Les deux ballons de stockage ont une fonction différente : le premier (23), alimenté par le circuit de transfert (19), stocke temporairement l'énergie apportée par l'échangeur (6), tandis que le deuxième (28) permet, grâce à l'appoint, de disposer d'une eau à la température souhaitée, quelles que soient les conditions d'ensoleillement.

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

- une vanne on/off à contrôle thermostatique (24) 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 (25) permettant de bi-passer le ballon d'appoint pré-existant chaque fois que le ballon de stockage solaire peut assurer seul la satisfaction des besoins en eau chaude,



- une conduite (27) équipée d'une vanne on/off motorisée et d'un circulateur reliant la partie haute du ballon d'appoint à la partie basse du ballon de stockage solaire,
- une conduite (29) équipée d'un clapet anti-retour et d'un circulateur permettant de transférer l'eau chaude du premier ballon (23) au second (28),

En outre, en cas d'ensoleillement important (été), l'eau chaude sanitaire peut sortir du ballon de stockage solaire (23) à une température supérieure à la consigne (soit 60°C pour la Maison de repos La Charmille). Afin d'éviter tout risque de brûlure aux points de puisage, l'installation est donc munie du dispositif suivant :

- une vanne thermostatique à 3 voies (22) mélangeant de l'eau froide à l'eau chaude de façon à produire de l'eau à une température maximale égale à la consigne de 60°C.

#### 6.4.4 Régulation

L'installation solaire thermique de production d'eau chaude est totalement automatisée. Ce système possède trois organes de régulation (généralement contenu dans un seul boîtier), chacun ayant une mission qui lui est propre :

- un appareil de régulation (17) pour le circuit primaire, qui commande le circulateur (12) et celui du circuit de transfert (19),
- un appareil de régulation (26), qui commande la vanne et le circulateur de la conduite (27),
- un appareil de régulation (31) commandant le circulateur de la chaudière (30) et le circulateur de la conduite (29).

Les règles de décision de ces 3 organes de la régulation seront explicitées dans le fonctionnement du système solaire.

#### 6.4.5 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 le cas présent, l'appoint sera assuré par une chaudière au gaz (30) qui chauffe le ballon d'appoint (28).

### 6.5 Fonctionnement du système solaire

Le fonctionnement du système solaire est régi par la régulation dont nous allons passer en revue les paramètres de décision.

#### 6.5.1 Régulation du circuit primaire

Le principe qui régit la régulation est de véhiculer l'énergie contenue dans les capteurs (13) vers le ballon de stockage solaire (23) de façon à maximiser la production solaire.

Le circulateur (12) du circuit primaire et celui du circuit de transfert (19) sont mis en marche lorsqu'une différence de température supérieure à la consigne de démarrage programmée dans la régulation (17) est mesurée entre la sonde capteur (15) et la sonde en fond de ballon de stockage solaire (20). Typiquement, cet écart de température est de l'ordre de 5 à 10°C. La régulation met les deux circulateurs à l'arrêt dans deux cas :

- Soit, pour un ensoleillement trop faible, lorsque la différence de température est inférieure à la consigne d'arrêt (typiquement 2°C et en tout cas toujours inférieure à la consigne de démarrage pour éviter des conflits de régulation càd marche – arrêt intempestif),
- Soit, pour un ensoleillement trop abondant, lorsque la température en pied de ballon de stockage solaire dépasse la température limite programmée dans la consigne. Cette température varie entre 60 et 75°C selon le fournisseur.

De par sa conception, une installation à circuit primaire classique sous pression peut atteindre des températures de fonctionnement supérieures à 100°C (jusqu'à 130°C avec une pression de 6 bars). De ce fait, certains constructeurs équipent leurs installations d'une autre sonde de température (21) positionnée en tête de ballon de stockage solaire. Dans ce cas la mise à l'arrêt en cas de surchauffe est commandée lorsque la température mesurée par cette sonde atteint 95°C.





### 6.5.2 Régulation des ballons de stockage

Les ballons de stockage ne nécessitent pas de régulation particulière, ils chauffent et refroidissent selon les apports et les soutirages d'eau chaude.

Cependant, une désinfection thermique du ballon de stockage solaire doit être prévue afin d'éviter les risques de légionellose. La régulation des ballons de stockage gère la conduite (27) permettant d'assurer cette désinfection thermique. Cette désinfection consiste à porter l'ensemble du ballon de stockage solaire à une température de 60°C par transfert d'eau chaude provenant du ballon d'appoint. Pour ce faire, la vanne motorisée est ouverte et le circulateur du circuit (27) est mis en fonctionnement jusqu'à obtenir la température requise en tête de ballon de stockage solaire. La manœuvre est commandée par la régulation (26) raccordée à une horloge programmable. En effet, pour la prévention de la prolifération de légionelles, il est recommandé de porter l'ensemble du ballon de stockage solaire à 60°C toutes les 24 heures.

### 6.5.3 Régulation de l'appoint

Finalement, le troisième organe de régulation (31) commande l'appoint. Le système d'appoint assure la fourniture constante d'eau à la température de consommation requise. La chaudière est également commandée par la régulation de l'appoint pour la désinfection thermique du ballon de stockage solaire, indépendamment des prélèvements aux points de puisage.



## 7 Pré-Dimensionnement du système solaire

### 7.1 Méthodologie

La méthodologie suivie pour le pré-dimensionnement du système solaire est la suivante :

- Détermination d'une dimension du système permettant de répondre aux besoins en tenant compte des contraintes techniques et architecturales.
- Recherche du dimensionnement optimal du point de vue économique. Les deux variables considérées sont la superficie des capteurs et le volume de stockage.

Cet ajustement est réalisé en effectuant plusieurs simulations avec le logiciel suisse Polysun 3.3 Plus (version 2001) et tient compte du coût des composants du système solaire.

Le paramètre calculé est le coût du kWh d'eau chauffée par le système solaire (hors appoint). Le coût du kWh solaire le plus faible détermine la dimension optimale du système solaire.

### 7.2 Hypothèses de calcul et paramètres de simulation

#### 7.2.1 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul concernent essentiellement la consommation d'eau chaude sanitaire.

- La Maison de repos La Charmille consomme  $2 \text{ m}^3$  d'ECS à  $60^\circ\text{C}$  par jour, soit 116 kWh par jour.
- Le profil hebdomadaire correspond à 7 jours de consommation constante égale à  $2 \text{ m}^3$ .
- Le profil mensuel de la figure 4 est pris en compte pour la simulation.
- La consommation annuelle d'ECS à  $60^\circ\text{C}$  est de  $730 \text{ m}^3$ , soit une énergie équivalente de 42 340 kWh.
- L'eau froide qui entre dans le système a une température égale à  $10^\circ\text{C}$ .
- L'existence d'une boucle d'ECS entraînant des pertes d'environ 13 135 kWh par an. Les caractéristiques suivantes ont été considérées:
  - longueur : 200 m,
  - diamètre : 50 mm,
  - delta de température :  $40^\circ\text{C}$ ,
  - isolation en laine minérale de 40 mm d'épaisseur,
  - fonctionnement : de 5h à 22h, soit un total de 6570h par an.

#### 7.2.2 Paramètres de simulation

Les paramètres de simulation se rapportent au système solaire: les conditions d'ensoleillement, les capteurs, les ballons de stockage, la puissance de la chaudière d'appoint, ...

##### 7.2.2.1 Conditions d'ensoleillement

Les conditions d'ensoleillement correspondent à une année météorologique type en région Namuroise (données fournies par le logiciel de simulation : Météonorme 95 valeurs horaires).

##### 7.2.2.2 Capteurs solaires

- Orientation optimale, plein sud.
- Inclinaison optimale de  $40^\circ$  par rapport à l'horizontale.
- Aucun ombrage des capteurs (par des arbres, bâtiments ou collines, ou par les rangées successives de capteurs)
- Capteurs plans atmosphériques:  $\eta_0 = 0.8060$ ,  $\eta_1 = 3.551 \text{ W/m}^2\text{K}$  et  $\eta_2 = 0.013 \text{ W/m}^2\text{K}$  (moyenne de trois marques réputées de capteurs, proposées sur le marché wallon).



### 7.2.2.3 Ballons de stockage

- Le ballon de stockage solaire possède un échangeur de chaleur externe et est isolé par 150 mm de laine de verre.
- Le ballon de stockage d'appoint possède un échangeur interne et est isolé par 150 mm de laine de verre.

### 7.2.2.4 Chaudière d'appoint au gaz

- Puissance nominale de 250 kW (fixée arbitrairement)
- Consigne de marche : 60°C, consigne d'arrêt : 65°C.

### 7.2.3 Schéma du système solaire simulé

Le schéma le plus proche de celui présenté à la figure 5 proposé par Polysun est illustré à la figure 6. Les chiffres de surface de capteurs et de volume de stockage concernent les dimensions optimales du système solaire pour la production d'ECS.

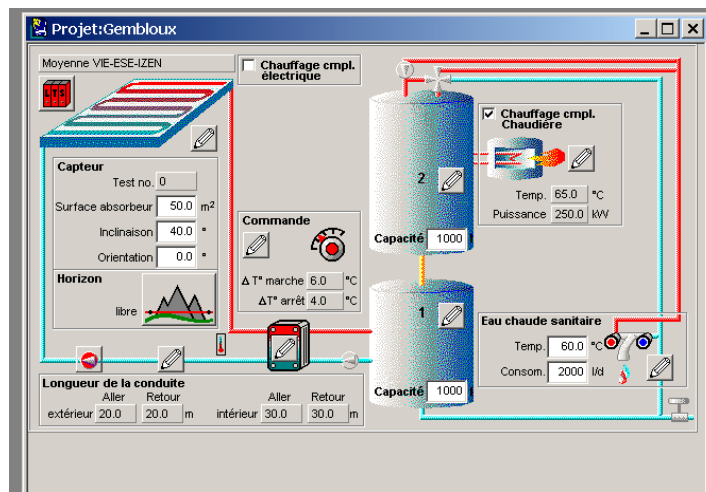


figure 6 : Schéma du système solaire simulé avec Polysun

## 7.3 Dimensionnement optimal pour la production d'ECS seule

### 7.3.1 Estimation du coût du système

L'optimisation du dimensionnement s'effectuant selon une recherche du coût minimum du kWh solaire, il est nécessaire d'évaluer ce coût.

Pour ce faire, nous avons demandé à différents fournisseurs de réaliser un devis pour 4 dimensions différentes du même système solaire. Les coûts des composants repris dans ce rapport font la moyenne des prix proposés par deux fournisseurs ayant répondu favorablement, majorée de 4%.

Le tableau ci-dessous (Figure 7) indique un coût moyen par poste principal. Les prix sont exprimés en € et s'entendent hors TVA. La main d'œuvre pour le montage de l'installation est comprise dans le prix. Il s'agit d'un ordre de grandeur donné à titre d'information.

Superficie (m <sup>2</sup> )	25	50	75	100
Volume (litres)	1 000	2 000	3 000	4 000
Capteur	9 788	19 575	29 363	39 072
Circuit primaire	5 414	6 134	6 855	7 575
Ballons	3 291	6 583	9 874	13 166
Régulation	2 123	2 123	2 123	2 123
Divers	1 500	1 500	1 500	1 500
<b>Total (€ HTVA)</b>	<b>22 116</b>	<b>35 916</b>	<b>49 715</b>	<b>63 436</b>

Figure 7: Coût moyen d'un système solaire par poste principal



### 7.3.2 Surface optimale

Le tableau ci-dessus montre que la surface installée de capteur est le facteur qui influence le plus largement les coûts. Nous allons donc, en premier lieu, estimer la surface optimale de capteurs qu'il faut installer à la Maison de repos La Charmille.

Une première série de simulations ont été effectuées pour quatre surfaces de capteurs (25, 50, 75 et 100 m<sup>2</sup>) et pour le même volume de stockage (2 000 litres au total). Le logiciel Polysun fournit l'apport solaire annuel (en kWh/an) pour ces quatre superficies de capteurs.

Ensuite, il faut calculer le coût du kWh solaire. Pour ce faire, on considère une durée de vie réaliste du système de 25 ans. La formule permettant de calculer ce coût est la suivante :

$$C_{kWh\ Solaire} = \frac{INV}{n * A_{kWh\ Solaire}}$$

Où :  $C_{kWh\ Solaire}$  = coût du kWh solaire (en € / kWh )

$INV$  = Investissement total du système solaire (en €)

$n$  = durée de vie escomptée du système solaire (en année)

$A_{kWh\ Solaire}$  = apport solaire annuel (en kWh / an)

Finalement, cette formule, appliquée aux quatre surfaces de capteurs considérées (25, 50, 75 et 100 m<sup>2</sup>), donne le coût moyen estimé du kWh solaire, tel que représenté à la figure 8 .

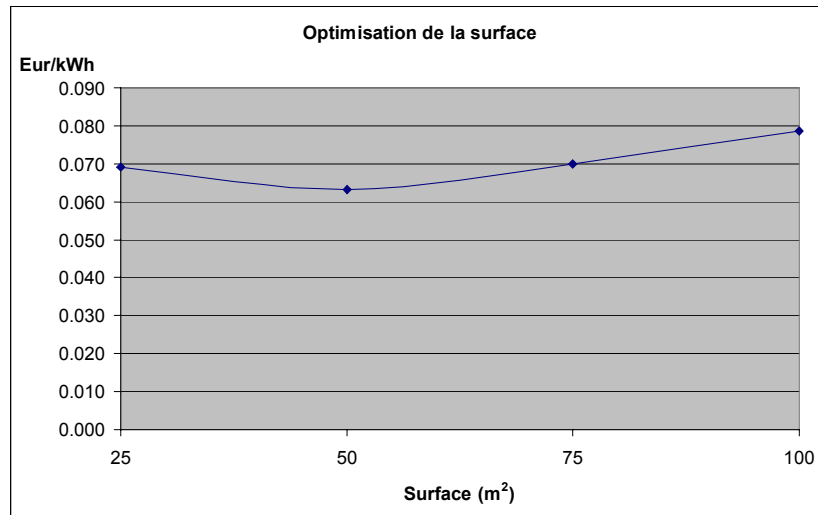


figure 8: Optimisation de la surface de l'installation qui minimise le coût moyen du kWh solaire.

Nous remarquons qu'à l'optimum économique, soit une surface de capteurs d'environ 50 m<sup>2</sup>, le coût du kWh solaire est d'environ 0.063 €.



### 7.3.3 Volume de stockage optimal

Nous allons à présent déterminer l'optimum économique du volume de stockage du système solaire correspondant à la surface de capteurs optimale (50 m<sup>2</sup>). Nous calculons le coût moyen du kWh pour quatre volumes différents, à savoir 1 500, 2 000, 3 000 et 4 000 litres, le coût des ballons de stockage solaire varie quant à lui d'environ 3 300 € par 1 000 litres.

D'après les résultats de simulation, le volume de stockage correspondant à l'optimum économique est d'environ 2 000 litres au total, soit 1 000 litres pour le ballon de stockage solaire et 1 000 litres pour le ballon de stockage d'appoint.

Cet optimum pour le volume de stockage est illustré à la figure 9.

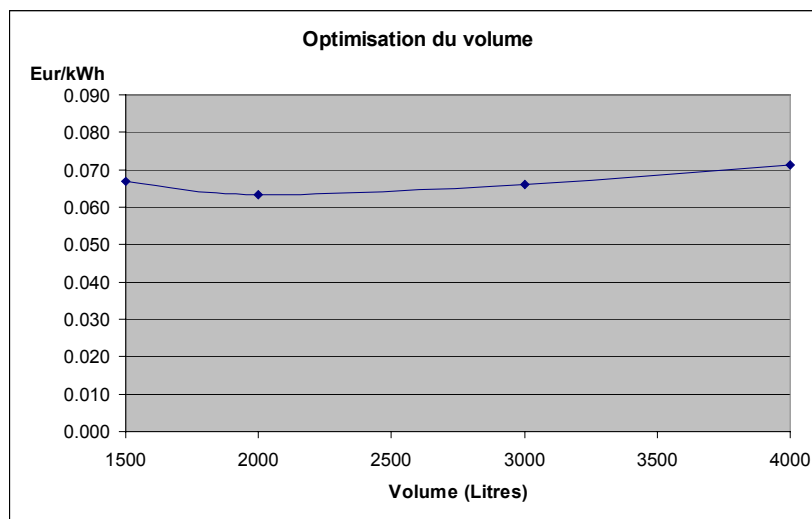


figure 9: Optimisation du volume de stockage qui minimise le coût moyen du kWh solaire.

### 7.3.4 Conclusion

Pour la production d'ECS à la Maison de repos La Charmille, les dimensions optimales du système solaire, du point de vue économique, sont les suivantes:

- Une surface installée de capteurs d'environ **50 m<sup>2</sup>**,
- et un volume de stockage d'environ **2 000 litres** (1 000 litres pour le ballon de stockage solaire et 1 000 litres pour le ballon de stockage d'appoint).

Faisons remarquer que si l'appoint est électrique et que l'on désire faire fonctionner les résistances sur le tarif exclusif nuit, il faudra majorer le volume stockage d'appoint d'environ 3 à 4 000 litres.

*A noter qu'il s'agit d'un optimum économique. Il est tout à fait possible d'installer une superficie de capteurs plus importante, qui aura l'avantage d'augmenter l'économie en énergie primaire et donc de réduire davantage les émissions de CO<sub>2</sub> pour la production d'ECS à la Maison de repos La Charmille.*



## 8 Bilan de l'opération

### 8.1 Bilan énergétique

#### 8.1.1 Fraction de l'énergie utile non fournie par l'appoint (en %)

L'énergie utile  $Q_U$  représente la quantité de chaleur qui a été nécessaire pour chauffer l'eau consommée. Cette valeur tient compte des pertes du circuit solaire (tuyaux, pompe, capteurs, ...), des pertes de stockage et de l'énergie auxiliaire qui a dû être fournie par le chauffage d'appoint. Si l'on retire de  $Q_U$  la partie fournie par l'appoint  $Q_{aux,net}$ , et que l'on rapporte cette quantité obtenue par l'énergie utile  $Q_U$ , nous obtenons la fraction solaire utile, soit le fraction de l'énergie utile qui n'a pas dû être fournie par l'appoint, telle que le montre la formule suivante:

$$f_{sol,u} = \frac{Q_U - Q_{aux,net}}{Q_U}$$

Pour le système solaire possédant les dimensions optimales, l'énergie utile nécessaire pour produire 730 m<sup>3</sup> à 60°C est de 56 570 kWh/an (pertes comprises). L'énergie auxiliaire de l'appoint est de 33 668 kWh/an. Ainsi, la fraction solaire utile est de **40%** telle que le montre la formule suivante:

$$f_{sol,u} = \frac{56\,570\text{ kWh} - 33\,668\text{ kWh}}{56\,570\text{ kWh}} = 40.5\%$$

#### 8.1.2 Économie d'énergie primaire

Cette énergie fournie chaque année par le rayonnement solaire ne doit pas être produite par la chaudière. S'agissant d'une chaudière au gaz à haut rendement dont le rendement annuel global est égal à 80 %, l'économie d'énergie primaire réalisée est de 28 627 kWh/an, d'après la formule suivante:

$$E = \frac{22\,902\text{ kWh}}{80\%} = 28\,627\text{ kWh}$$

Un m<sup>3</sup> de gaz ayant un PCI d'environ 10 000 Wh/Nm<sup>3</sup>, le système solaire permet d'économiser **2 863 m<sup>3</sup> de gaz par an**.

### 8.2 Bilan économique

#### 8.2.1 Estimation du coût du kWh solaire

Le coût du système solaire optimale est de 35 916 € HTVA, hors subsides, main d'œuvre comprise. Ce système solaire permet de produire 22 902 kWh/an par le soleil. Ainsi, comme mentionné précédemment, le coût du kWh solaire est d'environ **0.063 €** avec une durée de vie du système estimée à 25 ans.

#### 8.2.2 Gain économique

Au prix du gaz de 2001, soit environ 0.31 €/m<sup>3</sup>, (tarif ND2) le gain économique annuel consécutif à l'installation du système solaire est d'environ **887 €**, correspondant à une réduction de la facture de 40% pour la production d'ECS.

*Remarquons que si l'on compare le système solaire par rapport à l'installation actuelle de production d'ECS (électricité), le gain économique annuel est d'environ **2 899 €**.*

L'avantage économique majeur du système solaire réside dans le **prix constant du kWh solaire**. Alors que, pour les énergies fossiles, les scénarios les plus réalistes tablent sur une augmentation des prix de ces énergies dans les prochaines années. Comme nous l'avons constaté entre 1998 et 2001, le prix du gaz a augmenté de 41 % en 3 ans ! Il va de soi que si le prix du gaz double, l'économie financière réalisée est également doublée.



*A noter que les éventuelles primes et subsides que la Maison de repos La Charmille peut obtenir pour l'installation d'un système solaire de production d'eau chaude ne sont pas prises en compte dans les calculs de coût du kWh solaire ni du gain économique.*

### 8.3 Bilan environnemental

#### 8.3.1 Émissions de CO<sub>2</sub> évitées

Le facteur d'émission du gaz naturel est de 249 grammes de CO<sub>2</sub> par kWh d'énergie primaire. Ce facteur, issu du Décret du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché de l'électricité en Wallonie, tient compte des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production du gaz naturel. Le système solaire permet une réduction de **5 659 kg de CO<sub>2</sub> chaque année**, soit un total de 141 tonnes sur la durée de vie du système (25 ans).

Nous pouvons également calculer le coût des émissions de CO<sub>2</sub> évitées en divisant le coût total du système solaire par la réduction de CO<sub>2</sub>. Le système solaire optimal coûte 35 916 € (hors subsides) et permet d'éviter l'émission de 141 tonnes de CO<sub>2</sub> sur 25 ans. Le coût des émissions de CO<sub>2</sub> évitées est par conséquent de 254 €/tonne.

### 8.4 Autres Impacts

Les autres impacts positifs d'un tel projet résident dans la visibilité du système solaire, rejaillissant sur l'image "durable" de la Maison de repos La Charmille, ainsi que dans l'aspect didactique de l'installation: le personnel pourra s'apercevoir de l'intérêt évident et de la facilité de fonctionnement d'une installation solaire de production d'eau chaude.

En outre, la Maison de repos La Charmille se positionnera parmi les premiers projets de maison de repos "solaire" de la nouvelle génération.



## 9 Contrôle des performances

### 9.1 Garantie de Résultats Solaires

Appliquée à la production collective d'eau chaude sanitaire, la **Garantie de Résultats Solaires** correspond à un engagement contractuel de fourniture d'énergie thermique d'origine solaire pour un besoin donnée d'ECS. Cette garantie permet à l'auteur de projet d'avoir un seul interlocuteur qui représente solidairement le fournisseur, le bureau d'études et l'installateur. Comme toute garantie, si le consortium ne respecte pas ses engagements, il devra dédommager l'auteur de projet. Cette garantie, d'ailleurs proposée par certains fournisseurs en Belgique, est vivement conseillée.

### 9.2 Monitoring

Les fournisseurs peuvent également assurer, en dehors de la garantie de résultats solaires, le monitoring du système solaire (mesures énergétiques, acquisition et transfert des données). Le monitoring a l'avantage de faire connaître avec précision l'apport solaire pour le pré-chauffage de l'eau mais également de déceler tout dysfonctionnement du système ou une consommation anormale de l'établissement.





## 10 Aide à la Concrétisation du projet

Si, compte tenu des résultats de l'audit, vous êtes décidé à réaliser le projet, n'hésitez pas à nous faire part de votre décision. Le cas échéant, vous bénéficierez d'une aide supplémentaire à la concrétisation, sous forme :

- d'une évaluation des offres des bureaux d'études et d'aide à la sélection de la meilleure offre,
- de la remise d'un cahier des charges type pour un chauffe-eau solaire collectif donné,
- d'une réunion de travail avec le bureau d'étude en charge de la réalisation du projet,
- d'un avis non contraignant sur la partie du cahier des charges spécifique au système solaire de production d'eau chaude,
- d'une guidance technique ponctuelle et limitée dans le temps, sur demande expresse,
- d'une intervention spécifique en cas d'innovation particulière du projet (notamment en matière d'intégration architecturale).

A noter que dans le cadre de la mission confiée à 3E par la Région wallonne, cette aide est limitée à la concrétisation d'une dizaine de projets chauffe-eau solaires pour lesquels le cahier des charges se réalise en 2002.



## Annexe 1 : Subsidés octroyés par la RW

### AGEBA (Appel pour la Gestion Énergétique des Bâtiments publics)

- Pour qui ? Toutes les communes, provinces, centres publics d'aide sociale (CPAS), associations de communes (intercommunales, sauf distributeurs d'énergie), et autres pouvoirs locaux de la Région wallonne, pour les immeubles affectés à leurs propres services.
- Pour quoi ? Pour tout investissement économiseur d'énergie acquis à l'état neuf et réalisé en Région wallonne, en ce inclus les énergies renouvelables ou alternatives (**solaire**, éolienne, hydraulique, biomasse, ...). Les critères de réduction de CO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> sont aussi pris en compte.
- Combien ? La subvention s'élève à 30 % des frais d'expertise préalable (audit énergétique), de matériel, de main-d'œuvre extérieure et TVA.
- Où ? La demande du formulaire de prime est à introduire au MRW, DGTRE – Division de l'Énergie, Avenue Prince de Liège, 7 à 5000 Jambes (Namur), tél. 081.33.55.06.  
La demande doit être effectuée avant le commencement des travaux.

### ECHOP (Subvention aux investissements URE dans les bâtiments scolaires, hospitaliers et médico-sociaux)

- Pour qui ? Les établissements scolaires (écoles libres, communales ou provinciales, excepté les écoles organisées par la Région wallonne ou par les Communautés française et germanophone) et les établissements hospitaliers ou médico-sociaux.
- Pour quoi ? **Idem** AGEBA. Une liste de 25 catégories est citée dans la brochure explicative.
- Combien ? A l'investissement : 20 % du matériel, de la main d'œuvre extérieure et TVA. Pour l'étude (énergétique) : 50 % des coûts de cette étude, plafonnée à 1250 €.
- Où ? La demande du formulaire de prime est à introduire au MRW, DGTRE – Division de l'Énergie, Avenue Prince de Liège, 7 à 5000 Jambes (Namur), tél. 081.33.55.06.  
La demande doit être effectuée après les travaux et avant la fin de l'année qui suit celle de l'investissement (la date de facturation faisant foi).

### SOLTHERM

- Pour qui ? Toute personne physique ou morale, publique ou privée.
- Pour quoi ? Pour l'installation d'un **chauffe-eau solaire** en Wallonie, quel que soit son système d'appoint, pour autant que l'installation soit réalisée par un entrepreneur enregistré, sans préjudice de la demande éventuelle d'un permis d'urbanisme. En outre, les capteurs doivent être orientés au sud jusqu'à l'est ou l'ouest et avoir une inclinaison comprise entre 15 et 60°. Le vendeur de matériel doit pouvoir attester des performances du système.
- Combien ? 625 € forfaitairement de 1 à 4 m<sup>2</sup> plus 75 € par m<sup>2</sup> supplémentaire avec un maximum de 2500 €. Cependant, pour les installations collectives, se renseigner à l'adresse indiquée ci-dessous.
- Où ? La demande du formulaire de prime est à introduire au MRW, DGTRE – Division de l'Énergie, Avenue Prince de Liège, 7 à 5000 Jambes (Namur), tél. 081.33.55.05.  
Cette demande doit se faire dans les 3 mois, à compter de la date de facturation des travaux.



RÉINVENTONS  
L'ÉNERGIE



## Audit Solaire Thermique de la Maison de repos La Charmille (CPAS de Gembloux)

### *Variante Lave-vaisselle inclus*

Production d'eau chaude par l'énergie solaire  
(étude de pré-faisabilité)

un  
choix  
chaleureux



Le chauffe-eau solaire

un partenaire de la Région wallonne  
Région  
Wallonie  
SOLTherm

**RÉINVENTONS  
L'ÉNERGIE**



## **Audit Solaire Thermique de la Maison de repos La Charmille (CPAS de Gembloux)**

### ***Variante Lave-vaisselle inclus***

Production d'eau chaude par l'énergie solaire  
(étude de pré-faisabilité)

Contractant : MRW  
3E Référence : BST007  
Auteur : Ismaël Daoud  
Date : 06/06/02

## 1 Variante incluant la consommation du lave-vaisselle

### 1.1 Intérêt d'une alimentation en eau chaude

Selon le souhait de la Maison de repos La Charmille de raccorder le lave-vaisselle sur une alimentation en eau chaude et non plus en eau froide, comme c'est le cas actuellement, nous proposons cette variante incluant la consommation du lave-vaisselle pour le pré-dimensionnement du système solaire.

En effet, procéder à une alimentation du lave-vaisselle en eau chaude est intéressant à plusieurs titres.

- Le premier est d'ordre économique: tout dépend du prix auquel le kWh d'eau chaude est produit. Pour la maison de repos La Charmille, le kWh électrique est nettement plus cher que le kWh gaz. D'autre part, à l'exception de l'amortissement du système solaire, le coût du kWh solaire est "gratuit". Donc, produire le kWh d'eau chaude à partir de gaz ou, mieux, à partir du système solaire, est plus intéressant qu'à partir d'électricité.
- Le deuxième est d'ordre environnemental: 1 kWh électrique émet 687 g de CO<sub>2</sub> (selon les chiffres officiels du VITO et du Energie en Milieu Informatie Systeem), 1 kWh gaz émet quant à lui 248 g de CO<sub>2</sub> et 1 kWh solaire n'émet évidemment pas de CO<sub>2</sub>.
- Le dernier est d'ordre fonctionnel: le lave vaisselle lavera plus vite car le temps de chauffe de l'eau se réduit sensiblement.

### 1.2 Nouvelle consommation d'eau chaude

Selon les mesures du compteur individuel placé sur l'alimentation en eau froide du lave-vaisselle, ce dernier consomme en moyenne 1 m<sup>3</sup> d'eau froide par jour.

Suite à un contact téléphonique avec le fournisseur du lave-vaisselle de la marque HOBART (Monsieur Wydard 0478.78.88.73) et suite à l'analyse de la documentation technique, cette eau froide est chauffée à deux niveaux de température:

- 120 l pour le lavage à 60°C,
- 320 à 360 l/h pour le rinçage à 85°C.

Il y a 3 lavages par jour (matin, midi et soir) ce qui représente un total de 360 l à 60°C pour le lavage et 640 litres à 85°C (correspondant à environ 2h de fonctionnement) pour le rinçage. Exprimé à une température de référence de 60°C, la consommation du lave-vaisselle est équivalente à 1 320 litres d'eau chaude à 60°C par jour. Cette consommation s'ajoute donc au 2 m<sup>3</sup>, ce qui nous donne, pour cette variante, **une consommation totale de 3.320 m<sup>3</sup> d'eau chaude à 60°C par jour**. Le nouveau ratio de consommation correspond dès lors à **42 litres d'ECS à 60°C par jour et par lit**.

### 1.3 Dimensionnement optimal du système solaire

Le schéma du système proposé dans le rapport d'audit reste valable pour cette variante étant donné qu'il s'agit d'une simple augmentation de la consommation d'ECS et que les hypothèses de calculs ainsi que les paramètres de simulation restent identiques.

Une nouvelle série de simulation a permis d'établir que les dimensions optimales du système solaire pour la production d'eau chaude sanitaire, lave-vaisselle inclus, ne variaient pas significativement non plus (voir figure 1).

Par contre, le coût du kWh solaire pour les tailles de système simulées initialement dans le rapport d'audit (2 000 litres de stockage et respectivement 25, 50, 75 et 100 m<sup>2</sup> de surface de capteurs) diminue quant à lui de manière significative comme le montre la courbe en pointillé de la figure 1.



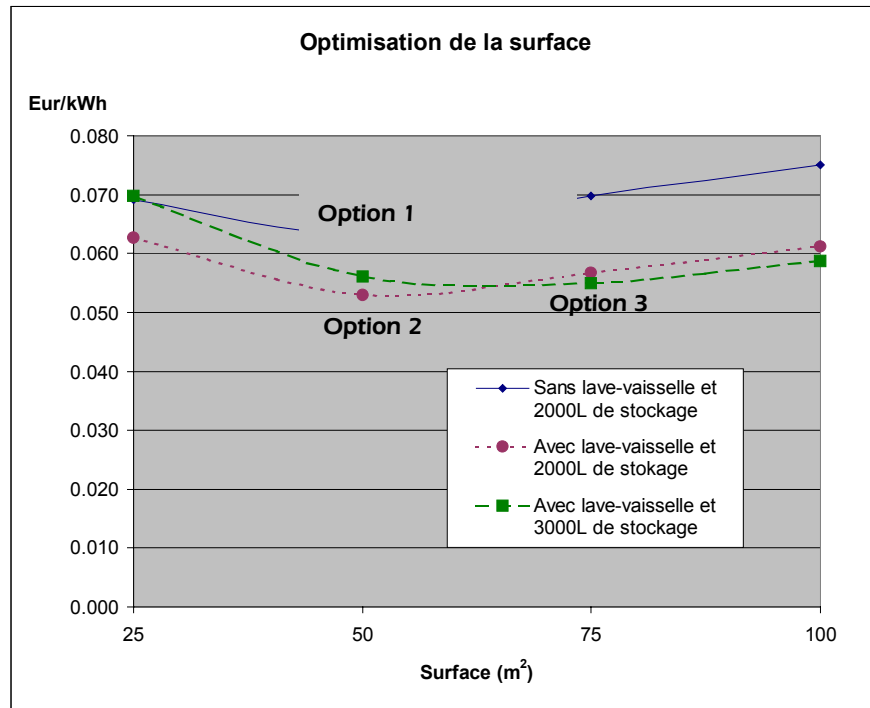


figure 1: Optimisation de la surface de l'installation qui minimise le coût moyen du kWh solaire.

Cette réduction de coût du kWh solaire est directement attribuable à une récupération d'énergie solaire plus importante liée à une consommation d'ECS plus importante. En effet, le rendement du système solaire est meilleur car la température du fluide circulant dans les capteurs est plus basse du fait d'un puisage plus important dans le ballon de stockage solaire. Le graphique montre que l'optimum économique se situe toujours aux environs de 50 m<sup>2</sup> de surface installée correspondant à un coût du kWh solaire équivalent à 0.053 EUR/kWh (option 2) au lieu des 0.063 EUR/kWh dans la variante sans lave-vaisselle (option 1).

Un plus grand système (75 m<sup>2</sup> de capteurs et 3000 litres de stockage) permettrait de récupérer nettement plus d'énergie solaire, et d'augmenter l'économie en énergie primaire et la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 33%, pour un coût du kWh solaire (option 3) sensiblement égal ou légèrement supérieur à celui du système optimal du point de vue économique (option 2). Cette option est reprise dans la troisième colonne du tableau ci-dessous. La première colonne correspond à la situation de référence (sans lave-vaisselle) et la deuxième, à l'optimum économique.



## 2 Conclusions

L'optimum économique se situe toujours aux environs de 50 m<sup>2</sup> de capteurs et de 2 000 litres de stockage, mais pour un coût du kWh solaire moindre car le lave-vaisselle est raccordé à une alimentation en eau chaude. Par conséquent, l'option 2 est celle retenue dans ce rapport.

<b>Pré-dimensionnement du système</b>	<b>ECS seule Option 1</b>	<b>ECS + Lave-vaisselle Option 2</b>	<b>ECS + Lave-vaisselle Option 3</b>
Superficie de capteurs plans	50 m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>	75 m <sup>2</sup>
Vol. stockage solaire + vol. stockage appoint	1 000 + 1 000 litres	1 000 + 1 000 litres	2 000 + 1 000 litres
<b>Bilan Énergétique</b>			
Économie d'énergie primaire	2 862 m <sup>3</sup> de gaz	3 422 m <sup>3</sup> de gaz	4 554 m <sup>3</sup> de gaz
Fraction de l'énergie utile non fournie par l'appoint	40 %	33%	43%
<b>Bilan Économique</b>			
Coût estimé du système	35 916 € HTVA et hors subsides.	35 916 € HTVA et hors subsides.	49 715 € HTVA et hors subsides.
Économie annuelle	887 €/an (2 899 €/an par rapport à l'installation électrique actuelle)	1 061 €/an (3 285 €/an par rapport à l'installation électrique actuelle)	1 412 €/an (4 372 €/an par rapport à l'installation électrique actuelle)
Coût par kWh d'électricité économisé	0.057 €/kWh	0.048 €/kWh	0.049 €/kWh
<b>Bilan Environnemental</b>			
Émissions de CO <sub>2</sub> évitées par an	5 659 kg CO <sub>2</sub> /an	6 817 kg CO <sub>2</sub> /an	9 071 kg CO <sub>2</sub> /an
Émissions de CO <sub>2</sub> évitées sur 25 ans de durée de vie du système	141 tonnes	170 tonnes	227 tonnes
Coût de la tonne des émissions de CO <sub>2</sub> évitée	254 €/tonne	211 €/tonne	219 €/tonne

