

RÉINVENTONS
L'ÉNERGIE



Audit Solaire Thermique de la piscine Hélios de Charleroi

Production d'Eau Chaude par l'Énergie Solaire
(étude de faisabilité)





Audit Solaire Thermique de la piscine Hélios de Charleroi

Production d'Eau Chaude par l'Énergie Solaire
(étude de faisabilité)

Contractant : MRW
3E Référence : BST007
Auteurs : Ismaël Daoud - Institut Wallon ASBL
Date : 26/03/03

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 **piscine Hélios de Charleroi**.

Le **résultat** montre qu'un chauffe-eau solaire est intéressant et est même économiquement rentable. L'**option 3**, qui assure le pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire **ainsi que** le pré-chauffage de l'eau de renouvellement des bassins de natation, est celle qui est la plus avantageuse, tant du point de vue énergétique, que du point de vue économique et environnemental.

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.

Projet	
Établissement	Piscine et Centre Hélios de Charleroi. Rue de Montigny, 103 à 6000 Charleroi
Contact	Annette Renard, Division Économies d'Énergie. Tél : 071.27.18.39
Fréquentation annuelle	289 843 nageurs en 1999

Consommations	Option 1 ECS	Option 2 Bassins	Option 3 ECS + Bassins
Eau chaude sanitaire	19 310 m ³ à 40°C /an (soit 673 597 kWh/an)	–	19 310 m ³ à 40°C /an (soit 673 597 kWh/an)
Eau de renouvellement	–	36 207 m ³ à 30°C /an (soit 842 014 kWh/an)	36 207 m ³ à 30°C /an (soit 842 014 kWh/an)
Consommation de gaz annuelle	79 836 m ³ /an	129 904 m ³ /an	210 123 m ³ /an
Facture de gaz	26 346 EUR	42 868 EUR	69 341 EUR
Pré-dimensionnement			
Superficie de capteurs plans	200 m ²	550 m ²	750 m ²
Volume de stockage solaire	5 000 litres	–	5 000 litres
Bilan Énergétique			
Économie de gaz	12 545 m ³ de gaz	28 459 m ³ de gaz	40 004 m ³ de gaz
Économie annuelle de gaz	16 %	22 %	20 %
Bilan Économique			
Coût du système HORS subsides	109 078 EUR HTVA	255 750 EUR HTVA	364 828 EUR HTVA
Économie annuelle	4 140 EUR /an	9 391 EUR /an	13 531 EUR /an
Coût par kWh de gaz économisé, HORS subsides	3.5 cEUR/kWh	3.6 cEUR/kWh	3.6 cEUR/kWh
Coût par kWh de gaz économisé, AVEC subsides	0.7 cEUR/kWh (80 % de subsides)	0.36 cEUR/kWh (90 % de subsides)	0.36 cEUR/kWh (90 % de subsides)
Bilan Environnemental			
Émissions de CO ₂ évitées par an	31 362 kg CO ₂ /an	71 147 kg CO ₂ /an	102 509 kg CO ₂ /an
Émissions de CO ₂ évitées sur 25 ans de durée de vie du système	784 tonnes	1 779 tonnes	2 563 tonnes



Objectif Kyoto satisfait pour ...	29 wallons	66 wallons	95 wallons
-----------------------------------	------------	------------	------------

Table des matières

Résultats de l'audit solaire	3
Table des matières	4
1 Le Plan d'Action SOLTHERM	6
2 Méthodologie de l'audit solaire.....	7
3 Principe général d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude	8
3.1 Pourquoi utiliser l'énergie solaire	8
3.2 Origine de l'énergie solaire	8
3.3 Principe de fonctionnement général	8
4 Présentation de l'établissement	9
4.1 Type d'établissement	9
4.2 Installation de production d'eau chaude	9
4.3 Inventaire des consommations d'énergie du bâtiment.....	9
5 Estimation de la consommation d'eau chaude.....	10
5.1 Usages de l'eau chaude.....	10
5.2 Variations de consommation d'eau chaude.....	11
6 Intégration du chauffe-eau solaire dans l'installation existante	12
6.1 Les contraintes	12
6.2 Les opportunités	12
7 Pré-Dimensionnement du chauffe-eau solaire.....	13
7.1 Méthodologie	13
7.2 Schéma du chauffe-eau solaire simulé.....	13
7.3 Le coût du chauffe-eau solaire par kWh de gaz économisé	14
7.4 Résultats du pré-dimensionnement	15
8 Bilan de l'opération	16
8.1 Bilan énergétique	16
8.2 Bilan économique	17
8.3 Bilan environnemental	18
8.4 Bilan social.....	18
8.5 Autres Impacts	18
9 Conclusions.....	19
Annexe 1 : Subsidés aux installations solaires en Région wallonne	20
1 Subsidés "Énergie" octroyés par la Région wallonne	20
1.1 AGEBA (Appel pour la Gestion Énergétique des BÂtiments publics)	20
1.2 ECHOP (Subvention aux investissements URE dans les bâtiments scolaires, hospitaliers et médico-sociaux).....	20
1.3 SOLTHERM.....	20
2 Subsidés "Infrasport".....	21
Annexe 2: Schéma de principe de l'option 1	22
1 Schéma du chauffe-eau solaire de l'option 1	22
2 Composants du système solaire	23



2.1	Les capteurs solaires.....	23
2.2	Le circuit primaire	23
2.3	Le circuit d'eau sanitaire	23
2.4	Régulation.....	24
2.5	L'appoint	24
3	Fonctionnement du système solaire	25
3.1	Régulation du circuit primaire.....	25
3.2	Régulation des ballons de stockage.....	25
3.3	Régulation de l'appoint	25
Annexe 3: Schéma de principe de l'option 2.....		26
1	Schéma du chauffe-eau solaire de l'option 2	26
2	Composants du chauffe-eau solaire	27
2.1	Les capteurs solaires.....	27
2.2	Le circuit primaire	27
2.3	Régulation.....	28
2.4	L'appoint	28
3	Fonctionnement du chauffe-eau solaire	28
3.1	Régulation du circuit primaire.....	28
3.2	Régulation de l'appoint	28



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 m² 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, l'amélioration de la demande (primes à l'installation, campagne de promotion, aide à la concrétisation de projets d'installation de chauffe-eau solaires, ...).

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, afin d'évaluer la faisabilité, la pertinence et l'impact de l'installation d'un chauffe-eau solaire thermique de production d'eau chaude dans les établissements audités.

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*, la *pertinence* et l'*impact* de l'installation d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude, communément appelée chauffe-eau solaire (CES), dans l'établissement audité.

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 déterminer la *faisabilité* d'un tel projet. Il s'agira de choisir un type de chauffe-eau solaire, en fonction des besoins en eau chaude, qui s'intégrera au mieux à l'installation existante selon les contraintes techniques de l'établissement (place disponible, orientation de la toiture, ombrage, ...).

La troisième étape consiste à trouver le chauffe-eau solaire le plus proche de l'optimum économique par la recherche des dimensions qui assurent la rentabilité maximale de l'investissement. En effet, dans la plupart des cas, il est possible de trouver un chauffe-eau solaire adéquat. Mais, *in fine*, c'est le coût de production de l'eau chaude solaire qui déterminera la décision.

Finalement, la dernière étape consiste à évaluer l'*impact* d'un tel projet. Il s'agira de dresser le bilan de l'opération, tant du point de vue énergétique, que du point de vue économique et environnementale.

Le présent rapport suit la démarche indiquée ci-dessus pour aboutir à des résultats chiffrés, fiables et indépendants des producteurs et vendeurs d'équipements solaires, qui donnent au maître d'ouvrage les éléments nécessaires pour prendre une décision fondée sur des critères technico-économiques et environnementaux objectifs et quantifiés. En outre, armé du schéma du chauffe-eau solaire et de son dimensionnement optimal, il pourra directement se rendre auprès du bureau d'études en charge de la réalisation du projet.



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 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 m². 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.

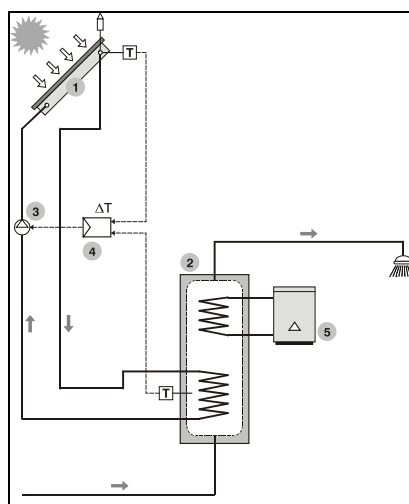


figure 1 : Schéma simplifié d'un chauffe-eau solaire de production d'eau chaude.



4 Présentation de l'établissement

4.1 Type d'établissement

L'établissement audité est une **piscine olympique couverte**, ouverte au public, aux écoles, aux plaines de jeux et aux clubs sportifs, qui comprend également un grand nombre de locaux administratifs répartis sur 5 étages, ainsi qu'une cafétéria. La consommation d'eau chaude sanitaire est produite par la même chaufferie centralisée.

La piscine Hélios de Charleroi possède deux bassins de natation: un grand bassin de 50 m de long, soit une superficie de 1 050 m² et un volume d'environ 2 930 m³, et un petit bassin de 14 m de long, soit une superficie de 175 m² et un volume d'environ 100 m³.

Le gestionnaire de la piscine Hélios de Charleroi comptabilise chaque jour le nombre d'entrée permettant ainsi d'obtenir la fréquentation exacte de la piscine. Les chiffres de fréquentation incluent donc les entrées publiques, les écoles, les plaines de jeux et les clubs sportifs.

En 1999, année de référence¹ pour le pré-dimensionnement, il y a eu 289 843 nageurs qui ont été comptabilisés à la piscine Hélios. La fermeture annuelle a lieu durant les 3 dernières semaines du mois de décembre.

4.2 Installation de production d'eau chaude

4.2.1 Descriptif de l'installation

Actuellement, l'ECS est stockée dans deux ballons de 2 000 litres chacun, chauffés par un échangeur interne, lui-même alimenté par l'eau chaude du collecteur principal. Ce collecteur est connecté à 3 chaudières atmosphériques au gaz, de puissance nominale égale à 462 kW (année de construction : 1993), et à une chaudière au gaz à condensation, de puissance nominale égale à 854 kW (année de construction : 1991). Nous supposons que le rendement annuel du système de chauffage pour la production d'eau chaude sanitaire et le maintien de la piscine à la bonne température est bon, à savoir 85 %.

Par ailleurs, l'eau de renouvellement des bassins est chauffée à l'aide de deux échangeurs de chaleur externes, l'un pour le petit bassin et l'autre pour le grand bassin.

4.2.2 Combinaison avec le chauffage des locaux

Les chaudières assurent également le chauffage de la piscine par un système à air pulsé et par des radiateurs pour le petit bassin. Ce système assure également le chauffage des locaux administratifs. L'eau chaude sanitaire n'est donc pas produite de manière indépendante de l'installation de chauffage.

4.3 Inventaire des consommations d'énergie du bâtiment

4.3.1 Consommation de gaz

Pour l'année de référence (1999), 539 891 m³ de gaz ont été consommés pour le chauffage du bâtiment, le chauffage de l'eau des bassins et pour la production d'ECS. Cette année, le montant total de la facture s'élevait à 109 082 EUR TVAC, soit 0.20 EUR/m³ de gaz. Mentionnons que le prix du gaz a fortement augmenté entre 1998 et 2001. Nous prendrons donc comme référence le prix du gaz en 2001 afin de se rapprocher d'un scénario plus actuel. En 2001, la consommation de gaz s'est élevée à 560 236 m³ pour un montant total de 182 898 EUR TVAC, soit 0.33 EUR/ m³ de gaz ou environ **3.3 cEUR/kWh de gaz**.

¹ Selon le souhait du gestionnaire de la piscine. En effet, en 2000 et 2001, suite au traitement des bassins avec une peinture inadéquate, le nombre de rinçage des filtres, régulièrement bouchés, a été plus important, conduisant à une surconsommation importante. Les prochains travaux de rénovation prévoient le remplacement du recouvrement des parois des bassins.



5 Estimation de la consommation d'eau chaude

5.1 Usages de l'eau chaude

Seule la consommation totale d'eau froide est connue pour l'année 1999 : 60 345 m³ ont été consommés. Afin de pouvoir distinguer les différentes consommations, le gestionnaire a effectué le relevé journalier de la consommation d'eau chaude sanitaire (compteur d'eau adoucie) ainsi que l'eau froide durant les mois d'avril et mai 2002. Ces relevés nous ont permis d'obtenir un ratio de consommation de 32 % d'eau chaude sanitaire par rapport à la consommation totale d'eau froide. Ainsi, sur base de la consommation annuelle d'eau froide, nous pouvons considérer les consommations suivantes pour la piscine et les locaux administratifs:

- La consommation d'eau chaude sanitaire, environ 32 % du total ou 19 310 m³,
- La consommation des bassins en eau de renouvellement, environ 60 % du total, ou 36 207 m³,
- Les consommations d'eau froide (WC, nettoyyages, ...), environ 8 % du total ou 4 828 m³.

Ainsi, l'eau de renouvellement représente environ **125 litres à 30°C par nageur**. Nous pouvons constater que ce chiffre est nettement plus élevé que le minimum exigé de 30 litres d'eau de renouvellement par nageur. Généralement, le renouvellement est automatique. Il est tributaire du débordement du bac tampon lors de grandes affluences. Une solution pour réduire cette quantité d'eau de renouvellement est d'améliorer la régulation de ce bac tampon voire d'augmenter sa capacité par ajout d'un bac supplémentaire.

Pour information, réduire par deux la quantité d'eau de renouvellement permet d'économiser environ 42 000 m³ de gaz chaque année ! En effet, ce sont 18 100 m³ d'eau froide qu'il n'est plus nécessaire de chauffer à 30°C.

Pour l'eau chaude sanitaire, en supposant que 30% est consommée par les bureaux adjacents à la piscine, nous obtenons une consommation d'environ **50 litres à 40°C par nageur**. Cette consommation est également importante. Une gestion rationnelle de cette consommation d'eau chaude sanitaire permettrait également de réaliser des économies d'énergie, et donc financières, significatives.



5.2 Variations de consommation d'eau chaude

Étant donné que le rayonnement solaire est plus important en été, la répartition annuelle de cette consommation d'eau chaude est déterminante pour la rentabilité du chauffe-eau solaire. Plus la consommation d'eau chaude est importante en été, plus l'apport solaire sera important et plus la rentabilité du projet sera intéressante.

Pour la piscine Hélios de Charleroi, nous supposons que la consommation d'eau chaude sanitaire annuelle est proportionnelle à la fréquentation annuelle, comme illustrée à la figure 2. La baisse importante de fréquentation en décembre est due à la fermeture annuelle durant les 3 dernières semaines en 1999.

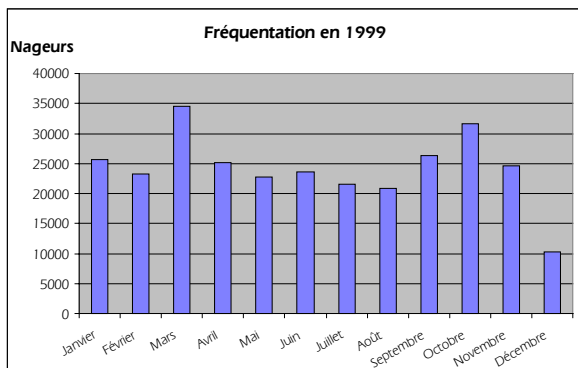


figure 2 : Fréquentation annuelle de la piscine Hélios en 1999

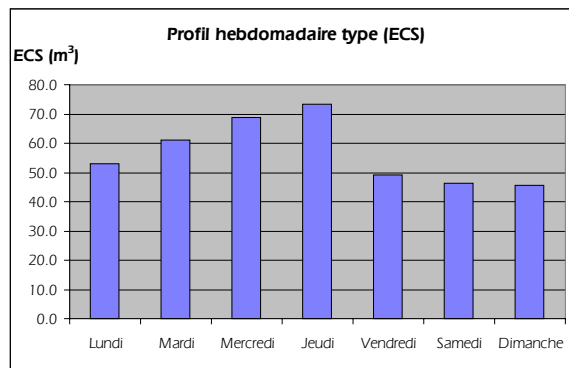


figure 3 : Profil de consommation hebdomadaire type

Pour le profil hebdomadaire de consommation d'eau chaude sanitaire type, nous avons pris la moyenne des relevés de mesure² tel qu'illustré à la figure 3.

Pour la variation journalière de la consommation d'eau chaude sanitaire, nous avons tenu compte des horaires d'ouverture de la piscine Hélios et d'une consommation plus importante en soirée.

Les variations de consommation en eau de renouvellement sont fort aléatoires car elles dépendent du débordement de la piscine et du lavage des filtres. Dans le cadre de cette étude de faisabilité, nous nous limiterons à considérer un apport journalier en eau fraîche **constant**.

² en tenant compte d'un facteur de lissage de 30%



6 Intégration du chauffe-eau solaire dans l'installation existante

Il s'agit de déterminer comment le chauffe-eau solaire peut s'intégrer dans l'installation existante.

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

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

- l'installation des capteurs (surface disponible, orientation, ombrage, accès, résistance de la toiture, ...)
- l'installation du ou des ballons de stockage (place disponible, accès, intégration dans l'installation existante, ...)

6.1 Les contraintes

6.1.1 Installation des capteurs solaires

Pour la piscine Hélios, aucune contrainte particulière n'a été répertoriée pour l'installation des capteurs, excepté un léger ombrage par le panneau publicitaire situé en bout de toiture, côté sud. On veillera à bien positionner le champ de capteurs sur la toiture plate de la piscine.

Le bureau d'études devra vérifier la résistance mécanique de la toiture.

6.1.2 Installation des ballons de stockage

Par ailleurs, pour l'installation des ballons de stockage, aucune contrainte particulière n'a été répertoriée.

6.2 Les opportunités

6.2.1 Installation des capteurs solaires

La superficie disponible pour les capteurs est largement suffisante : 2 242 m², ce qui se traduit par **une superficie maximum de 750 m² de capteurs**. Par ailleurs, étant donné que la toiture est plate, il est possible de choisir l'orientation et l'inclinaison optimale. En outre, le toit n'est soumis à aucun ombrage gênant.

Étant donné que le pré-chauffage de l'eau d'une piscine se fait à basse température, le rendement des capteurs solaires en est amélioré. Il est donc opportun, dans le cas d'une piscine, d'évaluer la faisabilité d'un chauffe-eau solaire thermique répondant à ce besoin.

6.2.2 Installation des ballons de stockage

Actuellement, toute la place disponible dans le local technique est utilisée par les voitures du personnel. Cependant, le démontage de l'installation de chauffage urbain (**environ 16 m² au sol**) est une opportunité pour y installer des ballons de stockage solaire. Par ailleurs, la hauteur du local technique est de 2.5 m. L'acheminement des ballons est aisé (grande porte de garage) et le poids de ceux-ci n'occasionne pas de contrainte particulière (les ballons sont posés à même le sol).



7 Pré-Dimensionnement du chauffe-eau solaire

7.1 Méthodologie

La méthodologie suivie pour le pré-dimensionnement du chauffe-eau solaire est la suivante. Il s'agit, à partir de plusieurs combinaisons "superficie des capteurs – volume de stockage", de déterminer le dimensionnement **optimal** du point de vue **économique**. Cette recherche de l'optimum économique est réalisée en effectuant plusieurs simulations avec le logiciel allemand T*SOL Pro 4.03 (version 2002 en anglais) et tient compte du coût indicatif des composants du chauffe-eau solaire.

Le paramètre calculé est le coût de production de l'eau chaude. Le coût le plus faible détermine la taille optimale du chauffe-eau solaire.

Dans le cadre de ce rapport, nous allons effectuer ce dimensionnement à l'optimum économique pour les 3 options possibles dans le cas d'une piscine.

- Un chauffe-eau solaire dédié au pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire seule (option 1)
- Un chauffe-eau solaire dédié au pré-chauffage de l'eau de renouvellement des bassins de natation seule (option 2)
- Un chauffe-eau solaire combinant les deux fonctions pré-citées, à savoir le pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire **et** de l'eau de renouvellement (option 3)

Pour la deuxième option, étant donné l'absence de ballon de stockage solaire, la seule variable considérée est la superficie des capteurs solaires.

7.2 Schéma du chauffe-eau solaire simulé

Le schéma du chauffe-eau solaire simulé dépend du type des options envisagées. Les figures ci-dessous reprennent les 2 schémas simulés dans le cadre de cet audit. L'option 3 correspond en fait à la somme des options 1 et 2, c'est-à-dire qu'il s'agit de la juxtaposition de manière indépendante des deux schémas ci-dessous.

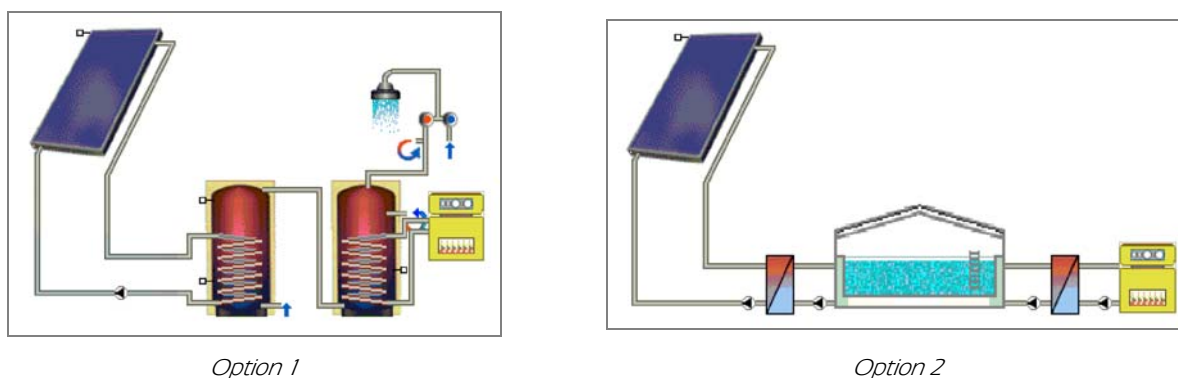


figure 4 : Schéma des différents chauffe-eau solaires simulés dans le cadre de cet audit



7.3 Le coût du chauffe-eau solaire par kWh de gaz économisé

L'estimation du coût d'une installation solaire par quantité de chaleur solaire produite est relativement simple, dans la mesure où :

- les coûts d'investissement de l'installation solaire peuvent être estimés avant mise en œuvre,
- les coûts d'exploitation (achat de combustible) sont pratiquement nuls (énergie solaire gratuite, maintenance supplémentaire très limitée),
- la quantité de gaz économisée peut être évaluée (à partir de la quantité de chaleur produite et des caractéristiques de l'installation d'appoint).

Connaissant la quantité de chaleur produite et l'installation de production de chaleur d'appoint, on peut évaluer la quantité de gaz que permet d'économiser le chauffe-eau solaire.

La notion de **coût du chauffe-eau solaire par kWh de gaz économisé** (s'exprimant en cEUR par kWh de gaz) permet de tenir le raisonnement économique suivant :

- si économiser un kWh de gaz avec un chauffe-eau solaire "coûte" **moins cher** que le prix commercial actuel du kWh de gaz, alors le maître d'ouvrage a un intérêt économique dans l'installation d'un chauffe-eau solaire pour produire une partie de son eau chaude,
- par contre, si ce coût est **plus élevé** que le prix actuel du gaz sur le marché, l'attrait économique de l'opération est moindre.

Pour information, voici le coût du chauffe-eau solaire par kWh de gaz économisé est calculé de la manière suivante :

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

Où: C_{CES} = coût du CES par kWh de gaz économisé (en cEUR/kWh de gaz).

INV = investissement total du CES, hors subsides (en EUR).

n = durée de vie escomptée du chauffe-eau solaire (en année).

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

$\eta_{chaudière}$ = rendement global annuel de l'installation existante (en %).

100 = facteur de conversion EUR en cEUR.

L'estimation de l'investissement se base sur des prix moyens dérivés de devis d'entrepreneurs correspondant à d'autres projets. **Il existe donc un certain degré d'incertitude quant à l'exactitude des prix considérés dans le cas présent.** Les prix s'entendent hors TVA mais comprennent les frais d'étude et la main d'œuvre pour le montage.

D'autres critères entrent évidemment en ligne de compte pour prendre la décision finale. Ceux-ci sont présentés au point **8. Bilan de l'opération**. Il faut noter que le coût par kWh de gaz économisé calculé dans le présent rapport d'audit est un coût maximum. En effet, le calcul ne tient pas compte des subsides à l'installation d'un chauffe-eau solaire, auxquels les établissements d'utilité publique ont généralement droit.



7.4 Résultats du pré-dimensionnement

Si l'on applique cette formule à un ensemble de combinaisons "surface de capteurs - volumes de stockage solaire" pour les différentes options envisagées, on peut déterminer le coût minimum du chauffe-eau (hors subsides) par kWh de gaz économisé. Les résultats sont illustrés à la figure 5.

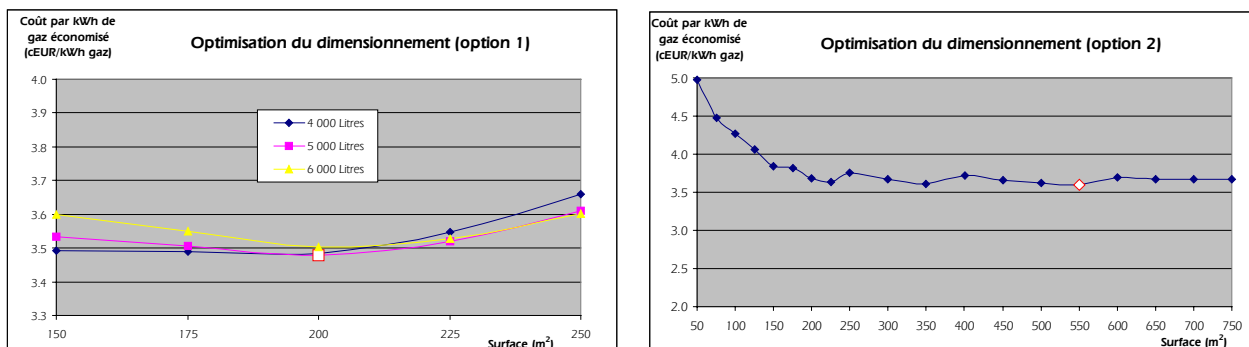


figure 5 : Résultats de l'optimisation de la taille des différents chauffe-eau solaires simulés

La synthèse des résultats du dimensionnement pour les différentes options est présentée dans le tableau ci-dessous :

	Superficie	Volume de stockage	Coût par kWh de gaz économisé
Option 1 (ECS)	200 m ²	5 000 litres	3.5 cEUR / kWh de gaz
Option 2 (bassins)	550 m ²	Pas de stockage	3.6 cEUR / kWh de gaz
Option 3 (ECS+bassins)	750 m ²	5 000 litres	3.6 cEUR / kWh de gaz

Pour l'option 2, il existe 3 points à l'optimum économique : 225 m², 350 m² et 550 m². Dans la mesure où le plus grand système permet d'économiser le maximum d'énergie primaire et donc de réduire davantage les émissions de polluants, pour un même coût (3.6 cEUR/kWh), nous préconisons la taille de 550 m² de capteurs solaires.

Nous constatons que l'optimum pour les deux options correspond à des tailles de système différentes. L'option 3 est simplement la juxtaposition des deux premières options. Par ailleurs, le coût du système par kWh de gaz économisé est presque identique d'une option à l'autre, ce qui ne nous permet pas de déjà préconiser une option. D'autres critères doivent donc être pris en compte. C'est l'objet du point suivant.



8 Bilan de l'opération

Dans la suite du rapport, nous allons effectuer le bilan énergétique, économique et environnemental des différentes options à leur optimum économique, afin de pouvoir les départager sur base d'autres critères que celui du coût de l'eau chaude produite. D'autres impacts positifs sont également mentionnés. Pour rappel, l'option 3 est la juxtaposition des options 1 et 2.

8.1 Bilan énergétique

8.1.1 Fraction solaire

La fraction solaire ou le taux de couverture solaire représente la part de l'eau chaude qui est chauffée par l'énergie solaire, pertes déduites, sur une année entière. Pour les différentes options, cette fraction solaire est donnée par le tableau ci-dessous :

	Taille du système	Apport solaire	Énergie nécessaire	Fraction solaire
<i>Option 1</i>	200 m ² et 5 000 L	106 630 kWh	678 606 kWh	16 %
<i>Option 2</i>	550 m ²	241 900 kWh	1 104 181 kWh	22 %
<i>Option 3</i>	750 m ² et 5 000 L	348 530 kWh	1 786 045 kWh	20 %

Nous pouvons remarquer que **la combinaison des deux premières options, soit l'option 3, est la plus intéressante** dans la mesure où l'apport solaire est le plus important.

8.1.2 Économie d'énergie primaire

Contrairement à ce que pourrait laisser croire la mondialisation des échanges, l'abondance des ressources énergétiques n'est qu'apparente et l'approvisionnement n'est pas acquis. Or, la Wallonie importe plus de 98 % de l'énergie primaire qu'elle consomme, ce qui crée une dépendance énergétique forte vis-à-vis des pays exportateurs. En outre, les ressources fossiles sont épuisables. Au rythme de consommation actuelle, les réserves prouvées de gaz seront complètement épuisées d'ici environ 60 ans, celles de pétrole d'ici à peine 40 ans. Par ailleurs, cette utilisation des ressources fossiles est injustement répartie dans le monde, au désavantage des pays en développement.

Toutes ces raisons font qu'il est primordial de réduire notre consommation d'énergie fossile, ce que permet, notamment, le recours à un chauffe-eau solaire. En effet, l'énergie fournie chaque année par le rayonnement solaire ne doit pas être produite par les chaudières.

Le tableau ci-dessous reprend la quantité de gaz économisée pour la production d'eau chaude grâce au système solaire, en supposant un rendement annuel de 85% pour les chaudières. Pour rappel, nous avons l'approximation suivante : 1 m³ de gaz = 10 kWh d'énergie.

	Taille du système	Consommation de gaz	Économie de gaz	
<i>Option 1</i>	200 m ² et 5 000 L	79 836 m ³ / an	12 545 m³ / an	125 447 kWh/an
<i>Option 2</i>	550 m ²	129 904 m ³ / an	28 459 m³ / an	284 588 kWh/an
<i>Option 3</i>	750 m ² et 5 000 L	210 123 m ³ / an	41 476 m³ / an	414 765 kWh/an

A nouveau, l'option 3 est la plus intéressante car elle permet une plus grande économie de gaz naturel.



8.2 Bilan économique

8.2.1 Estimation du coût par litre de gaz économisé

Comme nous le montre le tableau ci-dessous, le coût du système par kWh de gaz économisé, pour les différentes options, est légèrement supérieur au prix de ce kWh de gaz payé au fournisseur habituel (soit 3.3 cEUR/kWh).

	Taille du système	Coût système	Économie de gaz	Coût par kWh sans subside
<i>Option 1</i>	200 m ² et 5 000 L	109 078 EUR	125 447 kWh/an	3.5 cEUR / kWh
<i>Option 2</i>	550 m ²	255 750 EUR	284 588 kWh/an	3.6 cEUR / kWh
<i>Option 3</i>	750 m ² et 5 000 L	364 828 EUR	410 035 kWh/an	3.6 cEUR / kWh

Cependant, par rapport à un système de chauffage conventionnel, un chauffe-eau solaire présente l'avantage de convertir des frais de fonctionnement (achat de combustible) en coûts d'investissement, qui eux sont **subsidiés**. Dans le cas présent, la part de subsides que peut recevoir la piscine Hélios est assez importante. En effet, les 30 % du mécanisme AGEBA sont cumulables avec les 50 % (60 % pour les investissements dépassant 133 320 EUR HTVA) du mécanisme Infraspport. Ainsi, **en cumulant les deux subsides**, l'installation d'un chauffe-eau solaire à la piscine Hélios est **directement rentable**, comme le montre le tableau ci-dessous.

	Taille du système	Coût système	Subsides AGEBA + INFRASPORT	Coût par kWh avec subsides
<i>Option 1</i>	200 m ² et 5 000 L	109 078 EUR	- 87 262 EUR (80%)	0.7 cEUR / kWh
<i>Option 2</i>	550 m ²	255 750 EUR	- 230 175 EUR (90%)	0.36 cEUR / kWh
<i>Option 3</i>	750 m ² et 5 000 L	364 828 EUR	- 328 345 EUR (90%)	0.36 cEUR / kWh

A nouveau, grâce aux subsides, **le système le plus grand est également le plus intéressant économiquement. En effet, économiser 1 kWh de gaz avec un système solaire (option 3) coûte environ 10 fois moins cher que de le payer au fournisseur habituel.**

Par ailleurs, il est important de remarquer que les coûts par kWh de gaz économisé de l'installation solaire **seront constants tout au long de la durée de vie du chauffe-eau solaire**, à savoir 25 ans minimum. Alors que, pour les énergies fossiles, les scénarios les plus réalistes tablent sur une augmentation des prix de ces énergies. Comme nous l'avons constaté entre 1998 et 2001, le prix du gaz a augmenté d'environ 40 % en 3 ans !

8.2.2 Gain économique

Au prix du gaz en 2001, soit 0.33 EUR/m³ ou 3.3 cEUR/kWh, l'installation d'un chauffe-eau solaire permet de réduire la facture annuelle de gaz de manière significative comme illustré ci-dessous pour les différentes options.

	Taille du système	Économie de gaz	Gain annuel
<i>Option 1</i>	200 m ² et 5 000 L	125 447 kWh/an	4 140 EUR / an
<i>Option 2</i>	550 m ²	284 588 kWh/an	9 391 EUR / an
<i>Option 3</i>	750 m ² et 5 000 L	410 035 kWh/an	13 531 EUR / an

Cette diminution de la facture est bien entendue proportionnelle au prix du gaz. Ainsi une croissance de 40 % de ce prix implique un gain majoré de 40 %.

Nous constatons que **l'option 3**, qui consiste à combiner les deux premières options, **est la plus intéressante dans la mesure où elle permet un gain annuel plus important.**



8.3 Bilan environnemental

8.3.1 Émissions de CO₂ évitées

Les émissions de CO₂ exercent un impact négatif sur l'équilibre climatique de la planète. Connaissant les répercussions d'un tel bouleversement, tels que inondations, sécheresses, tornades, élévation du niveau de la mer, extension des maladies infectieuses, pollution des réserves d'eau potable, etc, il est donc primordial de tout mettre en œuvre pour réduire au plus vite les émissions de CO₂. C'est précisément l'objet du Protocole de Kyoto ratifié par la Belgique en 1997, qui implique que, en 2010, chaque wallon devra réduire ses émissions de 1 080 kg de CO₂. Le recours accru à l'énergie solaire permet de rejoindre ces objectifs de réduction des émissions de CO₂.

Le facteur d'émission de CO₂ du gaz naturel, qui comprend les émissions liées à la production et au transport du gaz naturel, est de 251 grammes de CO₂ par kWh. Le tableau ci-dessous illustre la réduction des émissions de CO₂ grâce à l'installation d'un chauffe-eau solaire et ce pour chaque année et sur toute la durée de vie de l'installation (estimée à 25 ans).

	Taille du système	Économie gaz	Réduction des émissions CO ₂	
			chaque année	pour la durée de vie
<i>Option 1</i>	200 m ² et 5 000 L	125 447 kWh/an	31 362 kg CO ₂	784 tonnes CO₂
<i>Option 2</i>	550 m ²	284 588 kWh/an	71 147 kg CO ₂	1 779 tonnes CO₂
<i>Option 3</i>	750 m ² et 5 000 L	410 035 kWh/an	102 509 kg CO ₂	2 563 tonnes CO₂

Le système le plus grand (option 3) permet une plus grande réduction des émissions de CO₂. Ce système permet de satisfaire l'objectif Kyoto de 95 wallons, contre 29 wallons avec l'option 1 et 66 wallons avec l'option 2.

8.4 Bilan social

Tout nouvel investissement est synonyme de **création d'emploi**. Investir dans un chauffe-eau solaire l'est d'autant plus dans la mesure où la main d'œuvre nécessaire pour le placement des capteurs en toiture et la réalisation du raccordement hydraulique avec l'installation existante est importante.

Par ailleurs, la conception et l'étude d'un tel projet nécessitent de la matière grise locale, également source de nouvelles opportunités d'emploi. Finalement, cette compétence pourra facilement trouver des débouchés dans les régions avoisinantes, voire dans les pays voisins. Une manière de **valoriser le savoir-faire wallon à l'extérieur**.

8.5 Autres Impacts

Les autres impacts positifs d'un tel projet résident dans la visibilité du chauffe-eau solaire rejaillissant sur **l'image "durable"** de la piscine Hélios ainsi que **l'aspect didactique** de l'installation: les écoles n'enverront plus seulement leurs élèves pour nager mais le cas échéant aussi pour visiter l'installation et en comprendre le fonctionnement.

En outre, la piscine se situera parmi les premiers projets de **piscine "solaire"** de la nouvelle génération.



9 Conclusions

L'étude de faisabilité a montré que l'installation d'un chauffe-eau solaire thermique pour la production d'eau chaude est **techniquement possible** à la piscine Hélios de Charleroi. C'est en outre une opération **économiquement intéressante, même sans aucun subside**, dans la mesure où, en plus des nombreux avantages d'un chauffe-eau solaire, le coût du kWh de gaz naturel économisé (de 3.5 à 3.6 cEUR/kWh) est presque égal au prix payé au fournisseur habituel en 2001 (3.3 cEUR/kWh).

Vu les besoins de chaleur différents en quantité et en température, nous avons simulé 3 configurations de systèmes différents, appelées respectivement :

- Option 1, pour le pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire uniquement
- Option 2, pour le pré-chauffage de l'eau de renouvellement des bassins de natation
- Option 3, qui combine les deux applications précédentes.

Les résultats des simulations nous ont montré que, d'un point de vue strictement économique et sans aucun subside, ces 3 options sont identiques. D'autres critères doivent donc être pris en compte pour prendre une décision.

D'un point de vue énergétique, nous avons montré que le plus grand chauffe-eau solaire, soit l'option 3, qui combine le pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire et le pré-chauffage de l'eau de renouvellement des bassins de natation, est la plus intéressante. En effet, cette option 3 permet une économie de gaz plus importante.

Par ailleurs, d'un point de vue environnemental, cette option permet également une plus grande réduction des émissions de polluants, dont le CO₂ qui fait l'objet de beaucoup d'attentions au niveau international.

Ces nombreuses raisons font que, dans le cadre de cette étude de faisabilité, nous préconisons le placement du chauffe-eau solaire de l'option 3, avec ses 750 m² de capteurs et 5 000 litres de stockage solaire, permettant, pour le même coût, d'économiser plus de gaz naturel et de réduire davantage les émissions de polluants.

Par ailleurs, vu l'important taux de subside que peut recevoir la piscine Hélios (90%), ce chauffe-eau solaire (option 3) devient **directement rentable**. En effet, avec les subsides, économiser 1 kWh de gaz (0.36 cEUR/kWh) coûte environ 10 fois moins cher que de la payer au fournisseur habituel.



Annexe 1 : Subsidés aux installations solaires en Région wallonne

1 Subsidés "Énergie" octroyés par la Région wallonne

1.1 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 CO₂ et SO₂ 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.

1.2 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 EUR.
- 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).

1.3 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 m² plus 75 € par m² 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.



2 Subsidés "Infrasport"

La Division des bâtiments et des infrastructures sportives (Infrasport) accorde également un subside pour tout équipement sportif, dont un système solaire de production d'eau chaude.

Le montant du subside est de **50 %** pour les investissements inférieurs à 133 320 EUR HTVA et de **60 %** au-delà de cette limite.

La demande est à adresser à

Direction générale des pouvoirs locaux-Infrasport

Rue Van Opré, 95

5100 Jambes

Tél. : 081/32.36.70

e-mail : m.devos@mrw.wallonie.be



Annexe 2: Schéma de principe de l'option 1

Pour la piscine Hélios de Charleroi et selon la stratégie de conception adoptée, la solution solaire la plus intéressante est de placer deux systèmes solaires indépendants, l'un pour le pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire uniquement (option 1) et l'autre pour le pré-chauffage de l'eau des bassins (option 2).

A titre d'information pour l'auteur de projet, le schéma de principe du chauffe-eau solaire de l'option 1 est présenté en détail ci-dessous.

1 Schéma du chauffe-eau solaire de l'option 1

Voici le schéma de principe³ du chauffe-eau solaire destiné au pré-chauffage de **l'eau chaude sanitaire** uniquement (option 1). D'autres schémas sont possibles, mais celui-ci présente une approche couramment utilisée. Ce schéma est expliqué en détail ci-dessous.

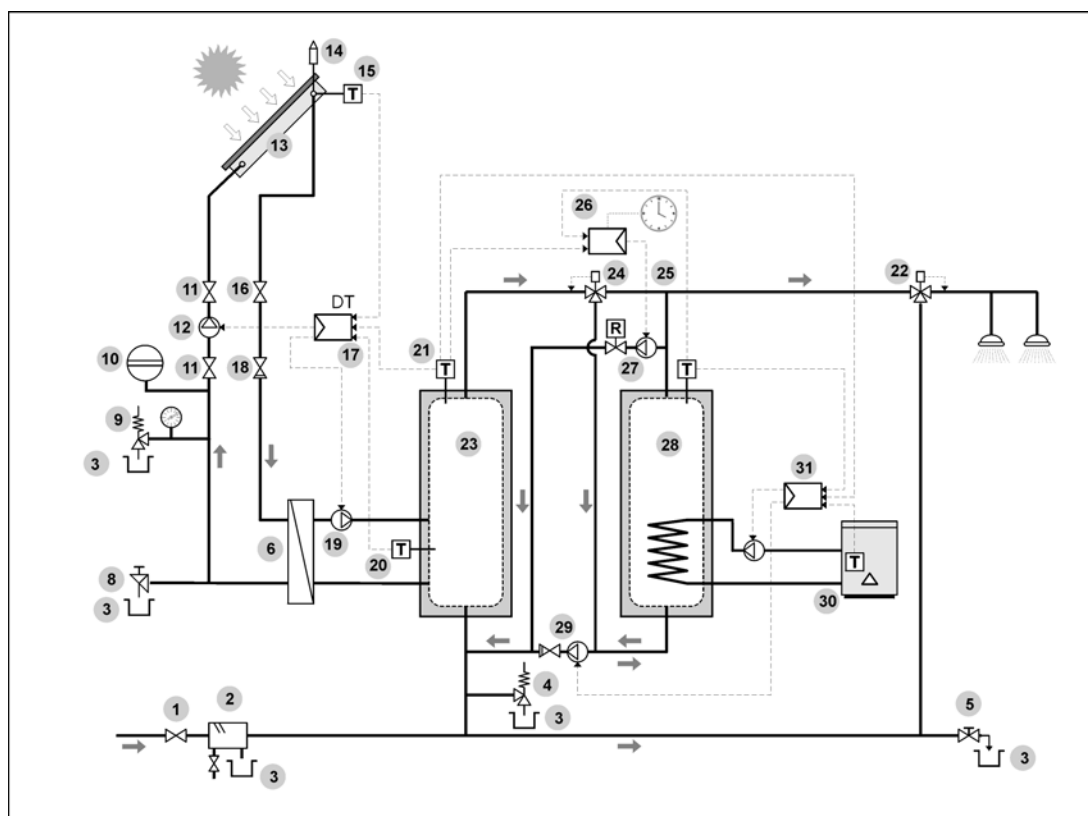


Figure 6 : Schéma de l'installation solaire thermique proposé pour la production d'eau chaude

³ Les vannes, filtres, clapets,... qui ne sont pas strictement nécessaires à la bonne compréhension du principe de fonctionnement sont volontairement absentes de ce schéma de principe.



2 Composants du système solaire

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

2.1 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.

2.2 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 m² 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 (9) munie d'un manomètre destiné 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.

2.3 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 généralement 60°C). 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.

2.4 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.

2.5 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 mazout (30) qui chauffe le ballon d'appoint (28).



3 Fonctionnement du système solaire

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

3.1 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.

3.2 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.

3.3 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.



Annexe 3: Schéma de principe de l'option 2

Pour la piscine Hélios de Charleroi et selon la stratégie de conception adoptée, la solution solaire la plus intéressante est de placer deux systèmes solaires indépendants, l'un pour le pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire uniquement (option 1) et l'autre pour le pré-chauffage de l'eau des bassins (option 2).

A titre d'information pour l'auteur de projet, le schéma de principe du chauffe-eau solaire de l'option 2 est présenté en détail ci-dessous.

1 Schéma du chauffe-eau solaire de l'option 2

Voici le schéma de principe⁴ du chauffe-eau solaire destiné au pré-chauffage de **l'eau des bassins de natation** uniquement (option 2). Ce schéma tient compte de la situation existante à la piscine Hélios de Charleroi pour la production d'eau chaude des bassins où nous pouvons retrouver l'échangeur de chaleur pour l'eau des bassins (1) lui-même connecté aux chaudières existantes, ici représentée par une seule chaudière (2).

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

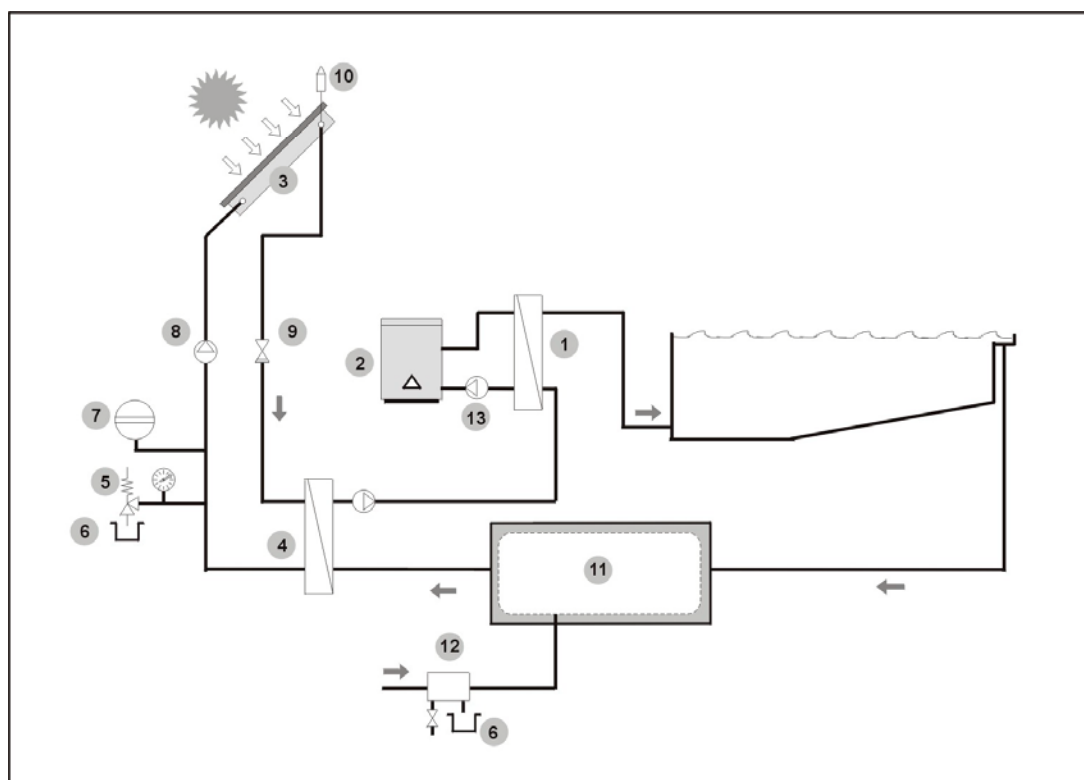


figure 7 : Schéma de l'installation solaire thermique proposé pour la production d'eau chaude

⁴ Les vannes, filtres, clapets,... qui ne sont pas strictement nécessaires à la bonne compréhension du principe de fonctionnement sont volontairement absentes de ce schéma de principe.



2 Composants du chauffe-eau solaire

Les composants du chauffe-eau solaire tel que représentés à la figure 7 peuvent être regroupés en 4 catégories.

2.1 Les capteurs solaires

Pour le pré-chauffage de l'eau des bassins nous choisirons des capteurs plans atmosphériques. En effet, des capteurs solaires non vitrés ne conviennent bien souvent que pour des piscines *ouvertes*, généralement accessibles quelques mois par an.

2.2 Le circuit primaire

Le circuit primaire est un circuit fermé composé de tuyauteries, en acier ou, mieux, en cuivre, qui relie le capteur (3) à l'échangeur de chaleur (4) à contre-courant. Cet échangeur solaire transfère la chaleur solaire vers le circuit de renouvellement d'eau de la piscine, auquel est également raccordé l'échangeur (1) existant de la chaudière (2). De cette façon, l'énergie solaire peut être utilisée pour compenser les pertes thermiques des deux bassins et celles liées au renouvellement de l'eau.

Précisons l'importance de la position de l'échangeur solaire (4) dans le circuit de chauffe de l'eau des bassins. Il doit se situer en amont de l'échangeur (1) afin de travailler à un régime de température plus faible et donc assurant un meilleur rendement des capteurs solaires.

Selon ce schéma, le circuit primaire, 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. 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 vanne de sécurité (5) munie d'un manomètre destiné à évacuer les surpressions en cas de surchauffe de l'installation,
- cette vanne est raccordée à un réservoir de collecte (6) du fluide caloporteur avec anti-gel pour éviter tout rejet toxique dans le réseau d'égout,
- un vase d'expansion (7), placé du côté aspiration de la pompe de circulation, permet d'absorber les variations de volume et de récolter la totalité du fluide caloporteur expulsé des capteurs en cas de surchauffe,
- une pompe de circulation (8) assurant la circulation du fluide caloporteur dans le circuit,
- un clapet anti-retour (9) pour éviter la formation d'un contre-courant de thermocirculation qui, refroidirait l'échangeur solaire et donc l'eau des bassins.
- un purgeur (10) permettant d'éliminer l'air en partie haute du circuit lors du remplissage et des entretiens,
- plusieurs vannes d'isolement pour isoler les composants principaux du système en cas d'entretien ou de remplacement. Ces composants ne sont pas repris dans le schéma hydraulique simplifié de l'installation solaire thermique.



2.3 Régulation

L'installation solaire thermique de production d'eau chaude est totalement automatisée. Le système de régulation associé à ce système n'agit que sur le circulateur du circuit primaire (8). Cette régulation est donc d'une conception très simple.

Les paramètres de fonctionnement du système de régulation sont explicités au point 3.

2.4 L'appoint

Les capteurs solaires ne peuvent à eux seuls satisfaire l'entièreté des besoins en eau chaude des bassins de natation. Un chauffe-eau solaire est donc toujours relié à un système de production d'eau chaude d'appoint. Dans le cas présent, l'appoint sera assuré par l'installation de chauffe existante, à savoir les chaudières existantes (2). L'eau des bassins est chauffée via l'échangeur (1).

Précisons que par sécurité, l'alimentation du bac tampon (11) en eau fraîche possède un disconnecteur non contrôlable à zones de pressions différentielles (12). Ce dispositif permet, en cas de fuite de l'échangeur solaire (4), d'éviter la diffusion du liquide caloporteur, toxique, vers le réseau de distribution.

3 Fonctionnement du chauffe-eau solaire

3.1 Régulation du circuit primaire

Vu l'absence de stockage d'eau chauffée par l'énergie solaire et l'absence d'un pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire, le principe de fonctionnement de la régulation du circuit primaire est simple.

Dès que la sonde de température des capteurs détecte une température supérieure de typiquement 4°C à la température de l'eau en sortie du bac tampon (11), la régulation donne l'ordre à la pompe de circulation (8) de démarrer afin de transférer l'énergie des capteurs vers l'eau de renouvellement des bassins à travers l'échangeur solaire (4).

Quand la température des capteurs est trop basse pour chauffer l'eau de renouvellement des bassins (typiquement lorsque l'ensoleillement faiblit), la régulation arrête la pompe de circulation (8) du circuit primaire jusqu'à ce que la température dans les capteurs remonte.

De par sa conception, l'installation munie d'un circuit primaire sous pression peut atteindre des températures de fonctionnement supérieures à 100°C (jusqu'à 130°C avec une pression de 6 bars). Ces hautes températures ne posent pas de problèmes particuliers étant donné que la régulation assure une température de consigne fixée à 30°C. En cas de dépassement, la pompe de circulation (8) du circuit primaire s'arrête.

3.2 Régulation de l'appoint

Le système d'appoint (2) assure la fourniture constante d'eau à la température de consommation requise pour les bassins de natation. Lorsque le pré-chauffage solaire est suffisant pour atteindre la consigne de température, alors la pompe de circulation d'appoint (13) est arrêtée.

