

COMMENT RÉALISER UN AUDIT SOLAIRE ?

Guide à la réalisation d'une étude
de faisabilité d'un projet solaire thermique

Version juin 2006



Plus d'infos :
www.bruxellesenvironnement.be
> entreprises > energie

facilitateur énergies renouvelables grands systèmes:
facilitateur.grand.renovelable@ibgebim.be
0800 85 775

Table des matières

AVANT PROPOS	3
QU'EST-CE QU'UN AUDIT SOLAIRE ?	4
TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS DE L'AUDIT SOLAIRE.....	5
TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES HYPOTHÈSES CONSIDÉRÉES POUR L'AUDIT	6
MÉTHODE DE RÉALISATION DE L'AUDIT SOLAIRE	7
1 PRÉSENTATION DE L'ÉTABLISSEMENT	8
1.1 TYPE D'ÉTABLISSEMENT	8
1.2 INSTALLATION DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE.....	8
2 INTÉGRATION TECHNIQUE D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE DANS L'INSTALLATION EXISTANTE	9
3 DÉTERMINATION DES CONSOMMATIONS D'EAU CHAUDE ET DE COMBUSTIBLES ASSOCIÉES.....	10
3.1 DÉFINITION DES CONSOMMATIONS D'EAU CHAUDE	10
3.2 CONSOMMATIONS ANNUELLES ET VARIATIONS MENSUELLES	10
3.3 ELABORATION D'UN PROFIL TYPE DE CONSOMMATION D'EAU CHAUDE	11
3.4 DÉTERMINATION DES CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLES CORRESPONDANT À LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE	11
4 PRÉ-DIMENSIONNEMENT À L'OPTIMUM ÉCONOMIQUE DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE.....	12
4.1 PRINCIPE DU DIMENSIONNEMENT À L'OPTIMUM ÉCONOMIQUE.....	12
4.2 DÉTERMINATION DU PRIX DE RÉFÉRENCE POUR LE COMBUSTIBLE UTILISÉ PAR L'INSTALLATION EXISTANTE	13
4.3 DÉTERMINATION DES PERFORMANCES DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE	14
4.4 RÉSULTATS DU PRÉ-DIMENSIONNEMENT	15
5 IMPACT DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE	16
5.1 BILAN ÉNERGÉTIQUE.....	16
5.2 BILAN ÉCONOMIQUE	17
5.3 BILAN ENVIRONNEMENTAL.....	20
6 MESURES DE CONSERVATION D'ÉNERGIE ET ASPECTS SANITAIRES.....	21
7 CONCLUSIONS	21
ANNEXE 1 : SUBSIDES AUX INSTALLATIONS SOLAIRES EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE.....	22
1 PRIMES ENERGIE 2006 OCTROYÉES PAR L'IBGE POUR LE LOGEMENT COLLECTIF (EN VUE DE L'AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS)	22
2 PRIMES ENERGIE 2006 OCTROYÉES PAR L'IBGE POUR LE SECTEUR TERTIAIRE ET INDUSTRIEL (EN VUE DE L'AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS)	22



Avant propos

De nombreuses études dont l'une menée en Région wallonne en 2003¹, montrent que bon nombre d'établissements d'accueil ou d'hébergement de collectivités présentent un potentiel certain pour la production d'eau chaude au départ de l'énergie solaire.

Pour évaluer l'intérêt d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude dans un établissement donné (piscine, hôpital, maison de repos, centre d'hébergement, immeuble de logement, etc.) il est presque toujours indispensable de réaliser une **étude de (pré-) faisabilité**, communément appelée **audit solaire**.

Le présent document est un **référentiel d'information destiné aux bureaux d'études** chargés de réaliser ce type d'étude. Il propose une structure d'audit qui, une fois réalisé, permet au commanditaire de saisir les implications économiques et environnementales de l'installation d'un Chauffe-eau solaire dans son établissement et de décider de la poursuite du projet sur base de critères technico-économiques objectifs et quantifiés.

La méthode d'audit proposée est éprouvée et pratiquée quotidiennement depuis 2001, dans le cadre des audits solaires Soltherm en région Wallonne et des appels à projets réalisés pour le compte de la Région bruxelloise dans des bâtiments tertiaires et dans l'habitat groupé.

L'objectif de ce référentiel est de donner aux bureaux d'études actifs dans le domaine de l'énergie solaire thermique une méthode, une approche et des outils pour évaluer au mieux la faisabilité et le dimensionnement d'une grande installation solaire thermique de production d'eau chaude. Le présent document n'est pas destiné à des fins commerciales. Son contenu n'engage en aucune manière la responsabilité de la Région de Bruxelles-Capitale ni celle du Facilitateur Energie renouvelable – grands systèmes.

A noter que les études de faisabilité, telles que les audits solaires sont subsidiées à hauteur de 50% pour :

- le secteur public bruxellois
- les organismes non commerciaux
- les entreprises et les indépendants de la Région de Bruxelles-Capitale;

dans le cadre des Primes Energie 2006 pour le secteur tertiaire et industriel en vue de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments.

Et pour les acteurs du logement collectif ci-dessous ayant un siège d'exploitation, siège social, principal établissement, siège de direction ou d'administration en Région bruxelloise :

- les Sociétés Immobilières de Service Public (SISP)
- les Régies foncières communales
- les CPAS
- les Agences Immobilières Sociales (AIS)
- les Copropriétés d'immeuble, avec ou sans personnalité juridique propre;

dans le cadre des Primes Energie 2006 pour le logement collectif en vue de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments.

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

Documents de référence disponibles sur le site de l'IBGE et/ou sur le Site Portail de l'énergie en Région wallonne

- Cahier des charges type pour l'exécution des travaux d'installation d'un chauffe-eau solaire (février 2003)
- Référentiel destiné au Maître d'ouvrage : Guide des éléments essentiels à intégrer dans le cahier des charges pour commander un audit solaire (octobre 2003)
- Référentiel destiné au Maître d'ouvrage : check-list des éléments essentiels à retrouver dans le cahier des charges pour l'exécution des travaux d'installation du Chauffe-eau solaire (mars 2004)
- Cahier des charges type avec Garantie de Résultat Solaire (juin 2004).

Qu'est-ce qu'un audit solaire ?

Un audit solaire est une étude de (pré-)faisabilité relative à l'installation d'un grand système solaire thermique de production d'eau chaude.

L'audit solaire est normalement effectué au stade de l'avant-projet, entre l'évaluation de la pertinence du projet et l'étude technique de la conception du système.

Au départ de données relatives à la consommation d'eau chaude et de caractéristiques techniques propres au bâtiment, l'auditeur détermine un profil de puisage de l'eau chaude et une série de contraintes ou opportunités ayant un impact sur l'installation d'un chauffe-eau solaire.

Il effectue ensuite un pré-dimensionnement de l'installation à l'aide d'un logiciel de simulation, permettant de déterminer la taille du système (surface de capteurs, volume de stockage,...) correspondant à un optimum technico-économique.

Le rapport d'audit analyse les modalités d'intégration des composants solaires dans le système de production d'eau chaude existant et fournit un bilan économique, énergétique et environnemental de l'opération.



Tableau synthétique des résultats de l'audit solaire

En début ou en fin du rapport, l'auditeur synthétisera les résultats de l'étude afin que le commanditaire puisse saisir en un coup d'œil l'ensemble des résultats chiffrés et des critères décisionnels. Ceux-ci sont de nature technique, économique et environnementale et doivent permettre au maître d'ouvrage de fonder sa décision de poursuivre ou non son projet d'installation d'un système solaire thermique de production d'eau chaude.

Ces critères sont illustrés ci-dessous et dans le reste du référentiel, par l'exemple d'un rapport d'audit solaire effectué pour un immeuble de logements sociaux, fin 2004.

Projet	
Etablissement	Immeubles résidentiels
Fréquentation annuelle	291 résidents répartis dans 136 logements
Consommations du bâtiment	
Eau chaude sanitaire	3 281 m ³ /an à 58°C
Coût actuel du kWh de gaz	2,6 c€/kWh HTVA 3,1 c€/kWh TVAC
Coût moyen du kWh de gaz pour les 25 prochaines années selon les hypothèses du Bureau fédéral du Plan	3,5 c€/kWh HTVA 4,2 c€/kWh TVAC
Pré-dimensionnement de l'installation solaire	
Superficie de capteurs plans	120 m ²
Volume de stockage (solaire + appoint)	4 000 litres
Bilan Energétique de l'installation solaire	
Economie annuelle d'énergie	75 795 kWh
Taux de combustible économisé (Fraction solaire utile)	20 %
Bilan Economique <i>HORS SUBSIDES, TVA et frais d'études</i>	
Coût du système sans subsides - HTVA	99 648 €
Coût par kWh d'énergie économisée	5,26 c€/kWh
Bilan Economique <i>AVEC SUBSIDES (IBGE, SIBELGA) & prêt SLRB² – TVA et frais d'études compris</i>	
Coût de l'installation tous frais et subsides considérés	60 210 €
Coût par kWh d'énergie économisée	3,18 c€/kWh
Bilan Economique pour la collectivité des locataires	
Augmentation du loyer annuel de la collectivité	1 825 €/an
Diminution moyenne de la facture énergétique de la collectivité (selon hypothèses du Bureau du Plan)	3 183 €/an
Bilan Environnemental	
Emissions de CO ₂ évitées par an	16,5 tonnes/an
Emissions de CO ₂ évitées sur 25 ans de durée de vie	411 tonnes

² subside de la SLRB aux sociétés immobilières de service public pour rénovation/construction de logements sociaux sous forme d'un prêt sans intérêt, remboursable en 33 ans à concurrence de 75% du montant investi



Tableau synthétique des hypothèses considérées pour l'audit

En début de rapport, l'auditeur présente les principales hypothèses considérées pour effectuer l'audit, en distinguant les hypothèses techniques, énergétiques, économiques et environnementales.

Les hypothèses de calcul utilisées sont «conservatrices», afin d'éviter de mauvaises surprises en cours d'exécution des travaux. Les hypothèses et les raisons du choix des hypothèses sont claires et transparentes afin de permettre la comparaison avec d'autres solutions technologiques sur base d'hypothèses de calcul comparables ou identiques.

Hypothèses	Valeurs «conservatrices »
Techniques	
Caractéristiques de l'installation	Type de capteurs Nombre et emplacement des ballons de stockage et échangeurs
Energétiques	
Besoins en chaleur	Déduire la part des besoins en chaleur qui ne peut pas être produite par le système solaire
Rendement de(s) chaudière(s) / unité(s) de production d'eau chaude existante(s)	Considérer le rendement annuel moyen de la production d'eau chaude (préciser : rendement saisonnier, rendement d'exploitation) pour déterminer les besoins nets en chaleur
Economiques	
Durée de vie économique	25 ans. Certains fournisseurs offrent 30 ans de garantie sur leurs capteurs, il ne s'agit donc pas du nombre d'années d'opération des capteurs, mais d'une durée d'amortissement de l'investissement
Investissement	Montant "tout compris" (capteurs, stockage, échangeurs, régulation, génie civil, connexions, primes déduites ...) + marge de sécurité éventuelle
Prix du combustible (achat)	Prix actuel, ristournes déduites
Evolution du prix du combustible	+ 3% par an (gaz naturel et mazout)
Prix des entretiens	Inclure une provision pour les réparations mineures (circulateur, vannes, ...), compter 0.5 à 1% de l'investissement
Evolution du prix des entretiens (inflation)	+ 2% par an
Taux d'actualisation	+ 3% si pas d'emprunt + 6% si emprunt
Environnementales	
Coefficient d'émission de CO ₂ des différents combustibles	Valeurs utilisées par l'IBGE

Méthode de réalisation de l'audit solaire

L'étude de (pré-)faisabilité d'un grand chauffe-eau solaire dans un établissement donné a pour objectif d'évaluer **l'intégration technique du chauffe-eau solaire** dans le système de chauffage existant, de **caractériser le système technique** recommandé et d'en **estimer l'impact énergétique, économique et environnemental**.

L'intégration technique consiste à déterminer si, en fonction des caractéristiques de l'établissement (profil de demande en eau chaude, contraintes techniques et/ou architecturales, équipements existants, ...), l'installation d'un chauffe-eau solaire dans l'établissement considéré est envisageable. Les aménagements annexes éventuellement nécessaires seront pris en compte et inclus dans le calcul de rentabilité.

Caractériser le système technique recommandé consiste à :

- dresser la liste des composants techniques à mettre en œuvre et décrire brièvement la configuration recommandée;
- déterminer la surface du champ de capteurs et le volume du stockage de chaleur correspondant à l'optimum économique

Le dimensionnement correspondant à l'optimum économique s'obtient en simulant le fonctionnement de plusieurs tailles de chauffe-eau solaires au départ des besoins en eau chaude de l'établissement, pour finalement retenir la taille de système qui permet de produire le maximum d'énergie solaire utile au coût d'investissement par unité de combustible économisé le plus bas.

L'étude d'impact de l'installation d'un chauffe-eau solaire passe par le calcul des bilans énergétique, économique et environnemental du projet. Cette étape fournit au commanditaire des résultats chiffrés fiables, reposant sur des critères technico-économiques et environnementaux objectifs et quantifiés. Le résultat de ces bilans, doit permettre au responsable de l'établissement de fonder sa décision de poursuivre (ou non) la réalisation du projet.

Selon les règles de bonne pratique, il est conseillé de suivre les 3 étapes de cette méthode d'audit, largement validée, afin d'obtenir une étude de faisabilité complète et cohérente. Le cas échéant, l'auditeur adaptera la méthode en fonction de la spécificité de l'établissement.

D'autres méthodes de réalisation d'audits solaires existent et peuvent se révéler adéquates également.



1 Présentation de l'établissement

Deux types d'informations relatives à l'établissement sont utiles en pratique :

- le type d'établissement ;
- les installations de production de chaleur existantes et leur capacité à fournir l'appoint au chauffe-eau solaire.

1.1 Type d'établissement

L'auditeur précisera le type d'établissement étudié et détaillera :

1. L'affectation principale de l'établissement ainsi que les activités annexes ;
2. La taille et le nombre de bâtiments (superficie, nombre de chambres ou de lits, ...) ;
3. La fréquence d'utilisation des installations de production d'eau chaude (saisonnière, continue, en semaine, ...) ;
4. Les limites de l'audit (bâtiments concernés, usage(s) de la chaleur produite, ...) ;

1.2 Installation de production d'eau chaude

Pour l'installation thermique, on décrira :

5. Le système de production de chaleur utilisé pour l'eau chaude (chaudières classique/modulante/à condensation, résistance électrique, pompe à chaleur, ...) ;
6. La taille de l'installation de production de chaleur (nombre d'unités, puissance, ...) et le(s) régime(s) de température ;
7. La combinaison avec la production de chaleur pour le chauffage d'ambiance des locaux ;
8. Le(s) type(s) de combustible utilisé(s) (gaz naturel, mazout, bois, huiles végétales, ...) ;
9. L'année de construction et les rendements saisonniers estimés (pas les rendements de combustion) ;
10. Le type de régulation (en cascade, coupure la nuit et/ou en été, fonctionnement continu,...) ;
11. Le système de gestion des équipements (GTC, ...) ;
12. Les équipements annexes (équipements de mesure, vase d'expansion, chauffage urbain, pompe à chaleur, cogénération, ...) ;
13. Les caractéristiques de la boucle de distribution d'eau chaude (longueur, configuration, isolation des conduites, ...).



2 Intégration technique d'un chauffe-eau solaire dans l'installation existante

Sur base des besoins en eau chaude mesurés ou estimés et des caractéristiques de l'installation de production de chaleur existante, l'ingénieur qui effectue l'audit propose l'installation solaire la plus appropriée et présente un schéma de principe de l'installation.

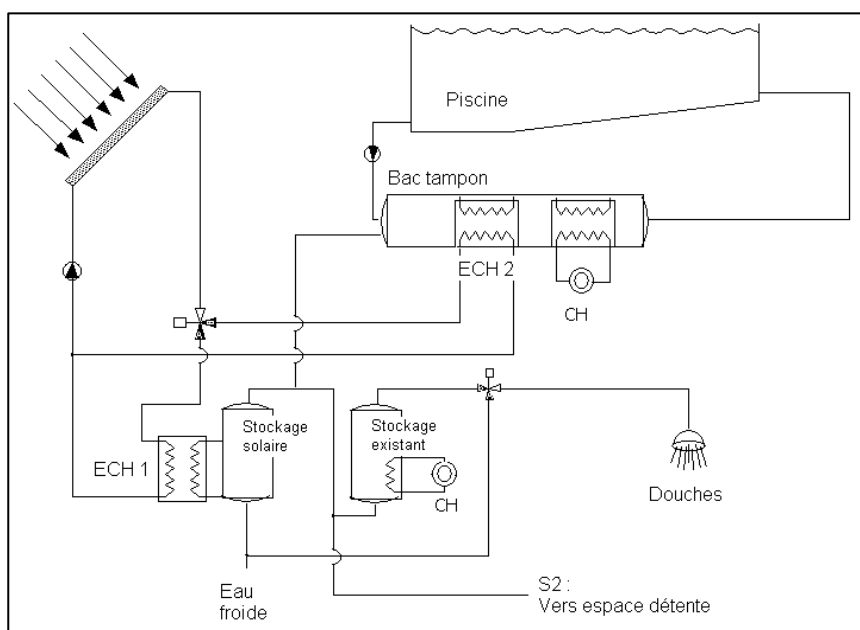


Figure 1 : Schéma de principe de l'installation solaire proposée

A cette fin, il relève au cours de la visite de l'établissement, l'ensemble des contraintes et opportunités techniques ayant un impact sur l'intégration du chauffe-eau solaire.

Parmi les contraintes et opportunités, on notera généralement :

- La surface disponible en toiture pour poser les capteurs solaires ;
- L'encombrement des locaux techniques ou de l'endroit pressenti pour installer les ballons de stockage, conduites et échangeurs de chaleur ;
- La connexion hydraulique au réseau de distribution d'eau chaude ;
- La compatibilité entre le chauffe-eau solaire et les autres équipements (chaudière à condensation, pompe à chaleur, cogénération, réseau de chauffage urbain, ...).
- L'acheminement des composants du chauffe-eau solaire jusqu'à l'endroit pressenti pour leur installation.

La liste des contraintes et opportunités permet d'identifier les mesures et dispositifs annexes éventuellement nécessaires et d'évaluer les surcoûts qu'elles entraînent par rapport à une situation de référence.

Dans certains cas, les contraintes identifiées peuvent aboutir à la conclusion immédiate qu'installer un chauffe-eau solaire dans l'établissement étudié n'est pas envisageable d'un point de vue technique ou économique.

3 Détermination des consommations d'eau chaude et de combustibles associées

3.1 Définition des consommations d'eau chaude

L'eau chaude consommée peut-être de nature différente et à des températures différentes, par exemple :

- Eau chaude sanitaire à 55°C
- Eau de renouvellement pour les bassins de natation à 28°C

Un profil spécifique doit être établi pour chacune des ces consommations.

3.2 Consommations annuelles et variations mensuelles

Les consommations annuelles (de combustible) et leurs variations mensuelles peuvent être déduites de relevés de facturation, dans certains cas elles font l'objet d'une comptabilité énergétique.

En revanche, la consommation annuelle d'eau chaude et à fortiori, les variations hebdomadaires et journalières de celle-ci ne pourra être obtenue de manière fiable et précise qu'après une campagne de mesures .

3.2.1 Choix de l'année de référence

Le dimensionnement d'un chauffe-eau solaire se fait sur base des consommations d'eau et de combustibles d'une année entière. Il est donc primordial de choisir l'année la plus représentative de l'activité de l'établissement au cours de la décennie qui suivra l'installation du chauffe-eau solaire.

- Soit une année de consommation faible, si l'activité est susceptible de diminuer et/ou si des mesures d'Utilisation Rationnelle d'Energie sont prévues ;
- Soit une année de consommation élevée, si l'activité est susceptible d'augmenter, suite à une extension de l'établissement, par exemple.

Une analyse des consommations d'eau chaude des dernières années permet de connaître la tendance (à la hausse ou à la baisse) pour les années à venir. Des facteurs correctifs peuvent être pris en compte afin de se rapprocher le plus possible de l'activité future.

3.2.2 Les variations hebdomadaire et journalière

Les relevés de facturation ne permettent pas de connaître les variations hebdomadaire et journalière de la consommation d'eau chaude. Or, la rentabilité du chauffe-eau solaire sera fonction du profil de puisage de l'eau chaude.

La seule manière de connaître ces profils de manière précise et fiable est de mesurer la consommation d'eau chaude par le placement d'un débitmètre ou d'un compteur de passage qui sera relevé chaque jour durant une période correspondant à 40 jours d'occupation normale de l'établissement (soit six semaines minimum).



3.3 Elaboration d'un profil type de consommation d'eau chaude

Sur ces bases, on élabore un profil de consommation **nette** de l'eau chaude.

De ce profil, on déduit les volumes non concernés par la production du chauffe-eau solaire (par ex. les parties de l'établissement qui ne sont pas desservies par le chauffe-eau solaire).

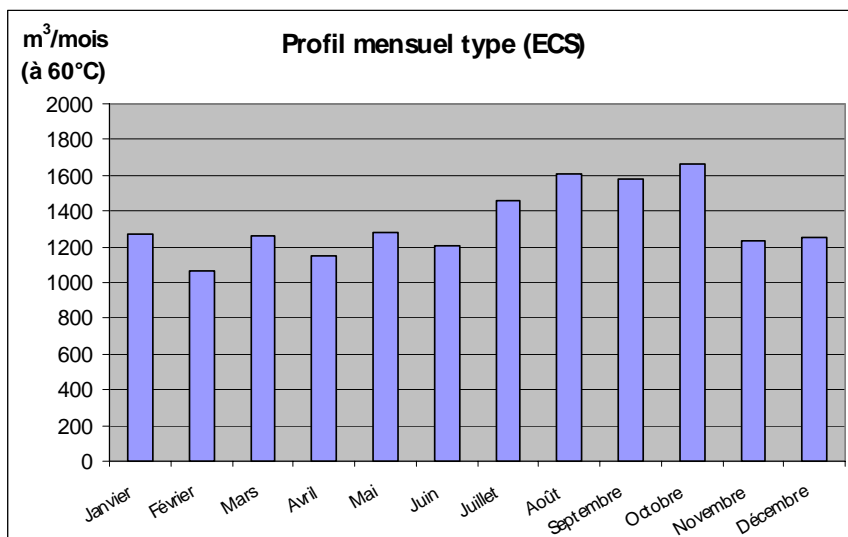


Figure 2 : Exemple de profil mensuel de consommation d'eau chaude

3.4 Détermination des consommations de combustibles correspondant à la production d'eau chaude

La consommation d'énergie correspondant à la production d'eau chaude est obtenue en divisant le contenu énergétique de l'eau chaude consommée par le rendement saisonnier de l'installation de production d'eau chaude existante.

Ce rendement saisonnier tient compte des pertes à l'arrêt des chaudières (au travers des parois et via la cheminée). A ne pas confondre avec le rendement de combustion, mesuré de manière instantanée et à pleine puissance. L'objectif est de connaître ce que permettra d'économiser "réellement" le chauffe-eau solaire.

Le rendement saisonnier d'une chaudière récente à haut rendement se situe entre 80 et 90 %. Pour une chaudière au gaz naturel à condensation, ce rendement saisonnier peut dépasser 90 %. Par contre, pour une chaudière conventionnelle ou ancienne, le rendement saisonnier peut littéralement chuter et ne plus dépasser 60 voir 50%.

4 Pré-Dimensionnement à l'optimum économique du chauffe-eau solaire

4.1 Principe du dimensionnement à l'optimum économique

4.1.1 Le coût du chauffe-eau solaire par kWh de combustible économisé

Une manière correcte d'évaluer l'intérêt économique de l'investissement dans un chauffe-eau solaire consiste à calculer le coût de l'énergie solaire produite et à le comparer ensuite avec le coût de l'énergie normalement utilisée pour produire l'eau chaude.

Les données nécessaires pour calculer le coût de l'énergie solaire produite sont :

- L'investissement NET, hors TVA, subsidés déduits, frais d'étude et d'installation compris.
- La durée de vie (économique) escomptée du chauffe-eau solaire, soit 25 ans minimum ;
- Les apports solaires au niveau du ballon de stockage, exprimés en kWh/an .

La formule suivante donne le coût d'1 kilowattheure d'énergie solaire produit, ce qui constitue une première indication de l'intérêt économique de l'investissement :

$$COÛT = \frac{Investissement\ Net}{Durée\ de\ Vie * Apport\ Sol}$$

Pour pouvoir comparer ce coût avec celui de l'énergie consommée pour produire l'eau chaude dans la situation de référence (sans chauffe-eau solaire), l'auditeur calculera la quantité de combustible que le chauffe eau solaire permet d'économiser.

Connaissant le rendement d'exploitation annuel de la chaudière et la production solaire, on peut calculer l'énergie d'appoint économisée grâce au chauffe-eau solaire en divisant les apports solaires par le rendement d'exploitation de la chaudière :

$$Energie\ Economisée = \frac{Apports\ Solaires}{Rdt\ Appoint}$$

Connaissant le rendement de l'installation existante de production de chaleur, on peut également calculer le **coût du chauffe-eau solaire par kWh de combustible économisé**; soit le coût du kWh de chaleur solaire utile divisé par le rendement de l'installation existante de production de chaleur.

Cette notion de **coût d'investissement dans le chauffe-eau solaire par unité de combustible économisé** (exprimée en cEUR / kWh de combustible) permet de comparer objectivement :

- si économiser un kWh de combustible avec un chauffe-eau solaire "coûte" **moins cher** que le prix actuel du kWh de combustible, alors le maître d'ouvrage a un intérêt économique à installer un chauffe-eau solaire pour produire une partie de son eau chaude,
- si économiser un kWh de combustible avec un chauffe-eau solaire "coûte" **plus cher** que le prix actuel de ce kWh de combustible, l'intérêt économique est moindre.



Le coût du chauffe-eau solaire par kWh de combustible économisé se calcule de la manière suivante :

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

Où :

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

En fonction des sources utilisées pour estimer le coût du chauffe-eau solaire (devis d'entrepreneur, tarifs des fournisseurs d'équipements, etc. l'on considère une marge d'incertitude plus ou moins importante sur les montant considérés dans le rapport d'audit,

Cela étant, l'estimation du coût de l'investissement par unité 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 limitée),
- la quantité de chaleur produite en moyenne par l'installation solaire peut être évaluée au départ des caractéristiques du chauffe-eau solaire et du système d'appoint.

4.2 Détermination du prix de référence pour le combustible utilisé par l'installation existante

Le coût de l'investissement dans un chauffe-eau solaire par kWh économisé présenté ci-dessus peut-être comparé directement avec le prix d'achat du combustible utilisé par l'installation de production de chaleur existante.

Ce prix est déterminé sur base de l'analyse des factures énergétiques de l'établissement. Les conditions tarifaires (forfait annuel, facteur proportionnel à la consommation, taxes) en vigueur pour l'établissement y sont en général reprises.

Lorsque les factures énergétiques de l'établissement ne sont pas disponibles, on se rabattra sur les prix publiés par le ministère des affaires économiques, en choisissant la catégorie tarifaire d'application pour l'établissement.



4.3 Détermination des performances du chauffe-eau solaire

4.3.1 Simulation dynamique sur base annuelle

Les performances du chauffe-eau solaire sont déterminées par simulation informatique dynamique sur une année entière. L'ensemble de l'installation de production de chaleur (tant la partie solaire que la partie appoint) est modélisé au moyen d'un logiciel approprié.

On évalue de cette manière, pour différentes tailles d'installation (caractérisées par une superficie de capteurs solaires et un volume de ballons de stockage), la quantité de chaleur utile produite et la quantité de combustible économisé.

Pour arriver à ces résultats, le logiciel évalue les pertes de stockage et les pertes de distribution de la chaleur. Le coût de production de l'eau chaude est calculé en fonction d'un coût indicatif des composants, de la maintenance et de l'installation du chauffe-eau solaire, et des subsides disponibles pour l'installation d'un chauffe-eau solaire.

Dans le cas d'installations complexes (établissements présentant plusieurs unités de production d'eau chaude ou plusieurs températures de production d'eau chaude différentes), plusieurs configurations d'installations doivent être modélisées et simulées.

4.3.2 Schéma du chauffe-eau solaire simulé

Le(s) modèle(s) retenu(s) lors de l'étape de simulation est (sont) présenté(s) dans le rapport d'audit. Un (ou plusieurs) schéma(s) de principe sont inclus de manière à en faciliter la compréhension.

Les figures ci-dessous représentent deux modèles utilisés lors d'un même audit. La figure 2 décrit l'installation de production d'eau chaude sanitaire, la figure 3 l'installation de production de chaleur pour la piscine.

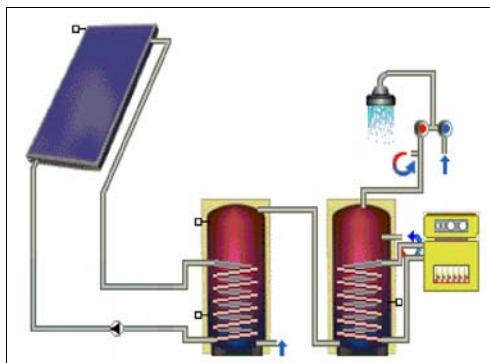


Figure 3 : Schéma de principe de l'installation solaire de production d'eau chaude sanitaire

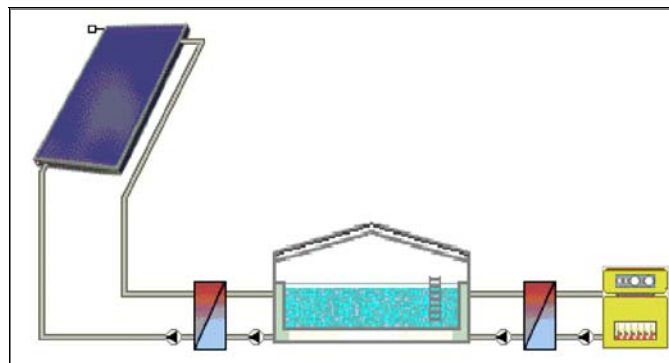


Figure 4 : Schéma de principe de l'installation solaire de chauffage de la piscine

4.4 Résultats du pré-dimensionnement

4.4.1 Détermination de l'optimum économique

Les résultats des simulations de pré-dimensionnement à l'optimum économique sont synthétisés sur un graphique tel que celui présenté à la *Figure 5*.

Pour chacune des tailles de chauffe-eau solaire simulé, le coût par kWh de combustible économisé est reporté sur le graphique. L'installation correspondant à l'optimum économique est celle pour laquelle ce coût sera minimum.

Dans l'exemple ci-dessous, l'installation solaire présentant la meilleure rentabilité est caractérisée par une surface de capteurs de 140 m² et un volume de stockage (solaire) de 5 000 l. L'option comprenant 120 m² de surface de capteurs et 4 000 l de stockage solaire est également proche de l'optimum économique. Ceci est dû au fait que pour le bâtiment considéré, le coût par kWh économisé varie peu entre 120 et 140 m² de surface de capteurs. Si l'espace disponible pour l'installation du stockage solaire est limité, cette option est à privilégier.

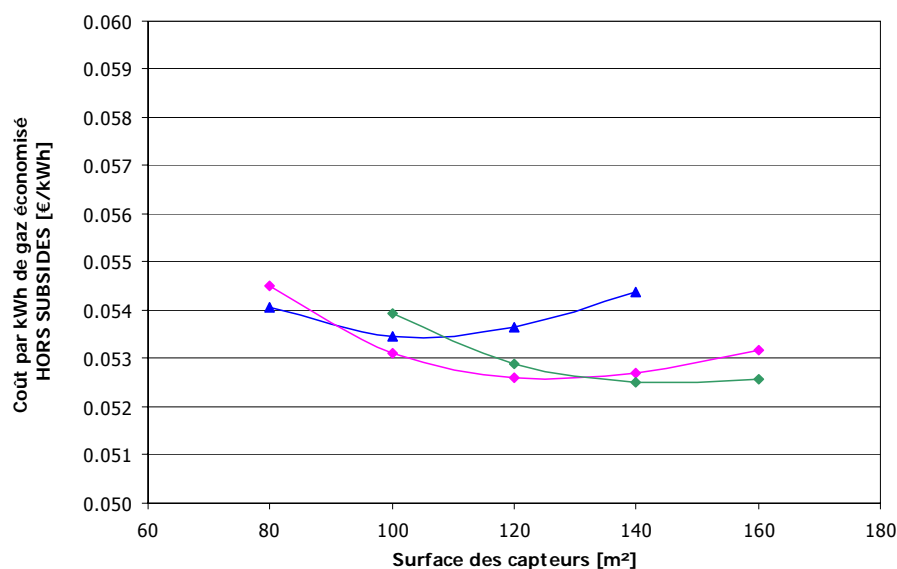


Figure 5 : Pré-dimensionnement de l'installation solaire contribuant à la production de chaleur pour l'eau chaude sanitaire

4.4.2 Caractéristiques du chauffe-eau solaire à l'optimum économique

Les caractéristiques des chauffe-eau solaires susceptibles de présenter un intérêt pour le maître d'ouvrage sont synthétisées dans un tableau (voir ex. Tableau 1.)

On y renseigne la taille de l'installation solaire, la quantité de combustible économisée par an et le coût du chauffe-eau solaire par kWh de combustible économisé.

Superficie de capteurs plans vitrés [m²]	Volume de stockage solaire [litres]	Economie d'énergie [kWh/an]	Coût par kWh d'énergie économisée (HORS TVA et SUBSIDES) [cEur/kWh]
120	4 000	75 795	5,26

Tableau 1 : Ex. de Coût de l'installation solaire par kWh de combustible économisé – HORS SUBSIDES

5 Impact du chauffe-eau solaire

En début ou en fin de rapport, on présente un tableau récapitulatif synthétisant les bilans énergétique, économique et environnemental afin de donner en une page au maître d'ouvrage l'ensemble des éléments utiles à la décision. En effet, la motivation première pour installer un chauffe-eau solaire est généralement d'ordre environnemental, même si l'aspect économique s'avère souvent déterminant dans la décision finale.

5.1 Bilan énergétique

5.1.1 Economie de combustible

Etant donné que la Région bruxelloise importe la quasi-totalité de son énergie et que les ressources fossiles seront épuisées à terme, réduire notre consommation de combustibles fossiles est primordial.

L'installation d'un chauffe-eau solaire entraîne une réduction immédiate et parfois considérable de la consommation d'énergie fossile et des émissions associées de gaz à effet de serre, il n'est pas inutile de le rappeler.

Les économies d'énergie primaire occasionnées par le chauffe-eau solaire seront synthétisées dans un tableau (voir ex. Tableau 2.)

Ce tableau présente pour chacune des options retenues, l'économie de combustible totale et le taux d'économie de combustible. Ces économies prennent en compte tant les pertes de stockage que les pertes de la boucle de distribution.

Taille du système (capteurs plans vitrés)	Consommation d'énergie d'appoint [kWh/an]	Economie d'énergie [kWh/an]	Taux d'économie d'énergie
120 m ² et 4 000 l	309 217	75 795	20 %

Tableau 2 : Economie de combustible

Les chiffres les plus pertinents du tableau seront expliqués en une phrase simple, compréhensible par une personne non experte.

Le bilan énergétique est l'occasion de signaler l'importance des mesures de conservation de l'énergie à mettre en œuvre parallèlement ou préalablement à l'installation d'un chauffe-eau solaire pour réduire la consommation d'eau chaude de l'établissement (voir § 6).

5.2 Bilan économique

Divers aspects économiques (investissement initial, rentabilité, bénéfice annuel) sont abordés dans ce point. L'auditeur veillera à rappeler les hypothèses prises pour chacun d'entre eux.

5.2.1 Rappel des hypothèses

On synthétise ici les principales hypothèses concernant :

1. Le prix d'achat de l'installation solaire (incluant tous les coûts d'installation et d'adaptation de l'installation existante, généralement hors TVA) ;
2. Les coûts de maintenance (très fortement dépendants du type de maintenance en vigueur dans l'établissement considéré) et de la mise en œuvre ou non d'une Garantie de Résultat Solaire (GRS) impliquant un monitoring complet de l'installation;
3. Les coûts de financement, pour autant que le maître d'ouvrage demande explicitement des les inclure dans l'étude et qu'il fournisse les données nécessaires.

5.2.2 Coût d'investissement

Le coût d'investissement d'une installation solaire thermique de production d'eau chaude est généralement élevé. Cependant, par rapport à un système de chauffage conventionnel, un chauffe-eau solaire offre l'avantage de convertir des frais de fonctionnement (achat de combustible) en coûts d'investissement **subsidiables**.

Il est utile de le rappeler au maître d'ouvrage et de lui soumettre la liste des différents subsides octroyés par les pouvoirs publics (les subsides "énergie" accessibles au secteur public et au secteur privé sont repris en annexe 1).

chacune des options considérées, le coût d'investissement avant et après subside «énergie» . L'accès éventuel à d'autres subsides (à la rénovation, prêts sans intérêts, ...) sera signalé explicitement.

Taille du système (capteurs plans vitrés)	Economie d'énergie sur la durée de vie [kWh]	Coût (hors TVA et études) [€]	Coût (TVA et études inclues) [€]	Coût par kWh (TVA et études inclues) [c€/kWh]
120 m ² et 4 000 l	1 894 870	99 648	132 532	6,99
AVEC SUBSIDES IBGE ET SIBELGA⇒			80 280	4,24
AVEC SUBSIDES IBGE ET SIBELGA + SLRB³ ⇒			60 210	3,18

Tableau 3 : Coût de l'installation solaire

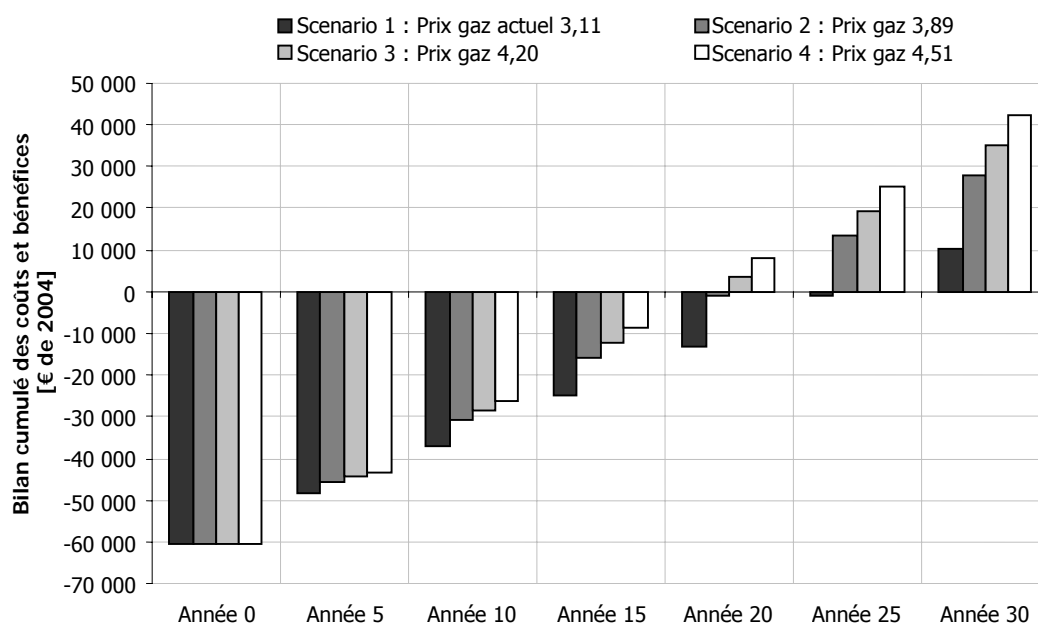
L'inclusion d'un commentaire reprenant les chiffres les plus significatifs du tableau aide généralement à la bonne compréhension de ce point par le maître d'ouvrage.

³ subside de la SLRB aux sociétés immobilières de service public pour rénovation/construction de logements sociaux sous forme d'un prêt sans intérêt, remboursable en 33 ans à concurrence de 75% du montant investi.

5.2.3 Rentabilité

Comme signalé précédemment, le coût de l'investissement dans l'installation solaire par kWh de combustible économisé est le paramètre le moins biaisé pour évaluer la rentabilité d'un chauffe-eau solaire. Un tableau synthétique, accompagné d'un bref commentaire, reprendra donc ce coût, hors et avec subside(s) pour chacune des options retenues.

Ci-dessous, différents scénarios d'évolution du prix du gaz naturel font apparaître la rentabilité pour un investissement initial dans un système solaire thermique incluant tous les coûts d'installation, frais d'études et la TVA, diminué des subsides IBGE, Sibelga et du prêt de la SLRB spécifique à la rénovation/construction de logements sociaux.



Evolution du bilan cumulé des coûts et bénéfices de l'investissement solaire tous subsides, toutes taxes et tous frais d'études inclus (en € de 2004)

On observe qu'après 25 ans, le scénario 3 correspondant à un prix moyen sur 25 ans du gaz de 4,20 c€/kWh entraîne un bénéfice global de près de 20 000 € (en € de 2004).

5.2.4 Gain annuel net sur la facture énergétique

Les maîtres d'ouvrage cherchent généralement à chiffrer l'économie annuelle que leur permettra de réaliser l'installation d'un chauffe-eau solaire. Cette économie financière (indépendante de toute forme de subside, mais liée au prix de l'énergie) est dès lors fournie pour chacune des options retenues.

Il est crucial de mentionner ici que cette économie financière n'est valable que pour le tarif énergétique en cours et qu'elle évoluera en fonction du prix du combustible. Une augmentation moyenne de 50% du coût du combustible utilisé par l'établissement au cours des 25 prochaines années (soit une augmentation annuelle de moins de 3%, chaque année durant 25 ans), résulte en un accroissement de 50% de l'économie financière générée par le chauffe-eau solaire.

De la même manière, le temps de retour calculé en divisant simplement le coût de l'investissement dans le chauffe-eau solaire par l'économie financière qu'il engendre, est à réviser à la baisse à chaque augmentation du prix de l'énergie; à l'inverse du coût par kWh économisé qui reste un indicateur économique stable et garanti pendant toute la durée de vie de l'installation.

Taille du système (capteurs plans vitrés)	Economie d'énergie [kWh/an]	Gain financier annuel au prix du gaz au moment de l'étude (S0) [€/an]	Gain financier annuel au prix moyen du gaz estimé par le Bureau du Plan (S2) [€/an]
120 m ² et 4 000 l	75 795	2 357	3 183

Tableau 4 : Réduction de la facture énergétique

5.3 Bilan environnemental

5.3.1 Economie d'énergie primaire

L'économie de combustible détaillée ci-dessous peut le cas échéant être convertie en économie d'énergie primaire. En effet, chaque kWh de gaz ou de mazout acheté par l'utilisateur final correspond à une consommation nettement plus élevée de ressources énergétiques lorsqu'on prend en compte l'énergie nécessaire à l'extraction, au traitement et au transport du combustible ainsi que les pertes de distribution. Il n'est pas inutile de le rappeler au maître d'ouvrage.

Note :

Les facteurs de conversion de kWh de combustible en kWh d'énergie primaire en Région de Bruxelles-Capitale sont disponibles auprès de l'IBGE.

5.3.2 Emissions de CO₂ évitées

Les émissions de CO₂ ont un impact négatif sur l'équilibre climatique de la planète. Connaissant les répercussions d'un tel bouleversement, tels qu'inondations, sécheresses, tornades, élévation du niveau de la mer, extension géographique des maladies infectieuses, pollution des réserves d'eau potable, etc. il est primordial de tout mettre en œuvre pour réduire massivement et rapidement les émissions de CO₂. Le recours accru à l'énergie solaire permet de réduire ces émissions de manière significative.

Les émissions de CO₂ évitées grâce au chauffe-eau solaire dimensionné selon un optimum économique sont synthétisées dans un tableau (voir ex. Tableau 5). Ce tableau présente pour chacune des options retenues, les émissions de CO₂ évitées chaque année et le total des émissions évitées sur la durée de vie minimum de l'installation.

Taille du système (capteurs plans vitrés)	Economies d'énergie [KWh/an]	Réduction des émissions de CO ₂ [Tonnes de CO ₂]	
		Par an	Sur 25 ans
120 m ² et 4 000 l	75 795	16,5	411

Cela étant, l'installation d'un système solaire de production d'eau chaude aux fins de diminuer les émissions de CO₂ doit s'inscrire dans une approche globale de réduction de la consommation d'énergie du bâtiment qui privilégie l'isolation de l'enveloppe, le remplacement des anciennes chaudières et la parfaite régulation des équipements de production de chaleur et de froid.

Tableau 5 : Réduction des émissions de CO₂

Note :

Les coefficients d'émission de CO₂ varient d'un combustible à l'autre et d'une région à l'autre. Les valeurs à retenir pour la Région bruxelloise sont celles fournies par l'IBGE exprimées en kg équivalent CO₂ par MWh primaire sur PCI, incluant les émissions liées à la production et au transport du combustible, soit :

- gaz naturel : 217 kg. CO₂ / MWh
- mazout : 306 kg. CO₂ / MWh
- charbon : 385 kg CO₂ / MWh

6 Mesures de conservation d'énergie et aspects sanitaires

La plupart des établissements visités dans le cadre de nos audits solaires présentaient une installation de production d'eau chaude peu optimale (voir vétuste), tant du point de vue de la production, du stockage que de la distribution de chaleur.

Le bureau d'études a tout intérêt à recommander dans son rapport d'audit les mesures de conservation de l'énergie à mettre en œuvre parallèlement ou indépendamment de l'installation du chauffe-eau solaire.

Les recommandations les plus courantes en la matière concernent :

- la réduction des consommations d'eau chaude,
- l'isolation des ballons de stockage et de la boucle de distribution,

Par ailleurs, comme dans toute installation de production d'eau chaude de grande taille, il faut s'assurer que le temps de séjour et la température de l'eau sanitaire dans les ballons de stockage assure une protection suffisante contre le risque de prolifération des bactéries (légionelles et autres).

Les recommandations les plus courantes en la matière concernent :

- le temps de séjour et la température de l'eau dans le ballon d'appoint de chaleur,
- la température de l'eau dans la boucle de distribution (température de retour comprise entre 55°C minimum et 60°C maximum).

7 Conclusions

Les conclusions du rapport d'audit sont l'occasion de présenter de manière synthétique les avantages et inconvénients des différentes options s'offrant au maître d'ouvrage, à la lumière des résultats obtenus et des hypothèses "conservatrices" retenues.

C'est à ce stade que le bureau d'études préconise la dimension, le type de capteurs solaires et de stockage de chaleur pour l'établissement concerné. L'option retenue pourra être adaptée en fonction de l'importance relative accordée par le commanditaire à l'un ou l'autre des critères de décision quantifiés dans le rapport (coût par kWh de combustible minimum, gain annuel maximum, réduction des émissions CO₂ maximum, ...).

Les résultats chiffrés les plus significatifs seront repris dans la conclusion. Pour le détail des autres résultats chiffrés, le rapport renverra au paragraphe correspondant.



Annexe 1 : Subsides aux installations solaires en Région de Bruxelles-Capitale

1 Primes Energie 2006 octroyées par l'IBGE pour le logement collectif (en vue de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments)

En vigueur depuis	1 janvier 2006
Pour qui ?	SISP, Régies foncières communales, CPAS, AIS, ACP
Pour quoi ?	Pour l'étude de faisabilité et pour l'installation d'un système solaire thermique collectif de production d'eau chaude
Combien ?	50% des frais d'étude pour l'audit solaire du bâtiment (études de faisabilité d'un investissement économiseur d'énergie relatif au bâtiment) Minimum 35% de l'investissement dans un système de chauffe-eau solaire collectif dans un bâtiment neuf ou à rénover, avec un plafond de 992 EUR TVAC par logement, ajouté à la prime de 758 EUR TVAC pour les 8 premiers m ² de capteurs (+75 EUR/m ² supplémentaires (avec un plafond de 9625 EUR par bâtiment) octroyée par SIBELGA
Où ?	Le dossier de demande de prime est à introduire après réalisation des travaux d'installation du chauffe-eau solaire auprès de l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement - Département Energie - Guledelle 100 - 1200 Bruxelles. La demande doit être effectuée avant le 1er janvier 2007 pour des actes & travaux facturés après le 31/12/2005.

2 Primes Energie 2006 octroyées par l'IBGE pour le secteur tertiaire et industriel (en vue de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments)

En vigueur depuis	1 janvier 2006
Pour qui ?	Secteur public bruxellois, organismes non commerciaux, entreprises et indépendants de la Région de Bruxelles-Capitale
Pour quoi ?	Pour l'étude de faisabilité et pour l'installation d'un système solaire thermique collectif de production d'eau chaude
Combien ?	50 % pour la réalisation d'une étude de faisabilité d'un investissement particulier. 30 % d'un investissement (études comprises) recourant à une ou plusieurs sources d'énergies renouvelables nécessaires aux besoins du bâtiment, dans la cas d'une construction neuve ou d'une rénovation. Le système installé doit être équipé d'un dispositif de suivi de la production solaire pendant au moins 2 ans.
Où ?	Pour les études : la demande doit être introduite dans les 6 mois qui suivent la réalisation de l'audit solaire. L'étude doit être conforme au Cahier des Charges minimal pour la réalisation d'une étude de faisabilité d'un investissement (Primes Energie 2006 secteur tertiaire et industriel. Point 5 p.16) Pour les investissements recourant aux énergies renouvelables : la demande de prime doit être préalable à la commande des travaux et à la publication de l'avis de marché correspondant. Les travaux ne peuvent être effectués qu'après notification de la décision relative à la demande de prime Le dossier de demande de prime est à introduire auprès de l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement - Département Energie - Guledelle 100 - 1200 Bruxelles.

