

## **CHAUFFAGE SOLAIRE THERMIQUE COLLECTIF : ETUDE DE CAS**



**Etudiants :**

**Rémi ANTHORE**

**Cloé DY**

**Julien LALLART**

**Charlotte NICOLAS**

**Cécile CHABOT**

**Alix JODER**

**Paul MATAGRIN**

**Enseignant-responsable du projet :**

**Jamil ABDULAZIZ**



Date de remise du rapport : **18/06/11**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2011 – 37**

Intitulé du projet : **CHAUFFAGE SOLAIRE THERMIQUE COLLECTIF : ETUDE DE CAS**

Type de projet : **Etude de cas**

Objectifs du projet :

***L'objectif du projet est d'acquérir des connaissances scientifiques sur le solaire thermique. C'est à dire observer, comprendre et analyser une installation de chauffage solaire thermique collective au travers d'un exemple concret : la Tour Victor GRANDIN à Elbeuf.***

***De plus, il a pour objectif la réalisation d'une simulation de production et rentabilité de l'installation grâce à des logiciels de simulation ainsi que l'étude des aspects techniques associés à l'installation d'un chauffage thermique solaire collectif.***

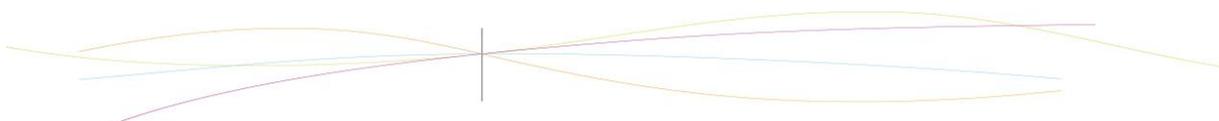
***Enfin ce projet est le résultat d'un travail en équipe alliant les compétences de chacun dans le but de réaliser le projet le plus abouti possible.***

Mots-clefs du projet (4 maxi) :

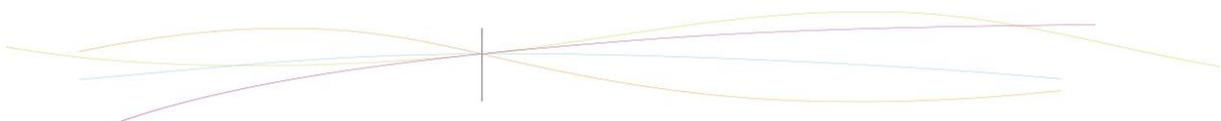
**Solaire  
Thermique  
Collectif**

## TABLE DES MATIERES

1.	Introduction .....	7
2.	Méthodologie / Organisation du travail .....	7
2.1.	Séparation du travail .....	7
2.2.	Rédaction du rapport.....	8
3.	Recherches.....	8
3.1.	Définition .....	8
3.2.	Les capteurs solaires thermiques .....	9
3.2.1.	Les capteurs vitrés .....	9
3.2.2.	Les capteurs sous vide.....	10
3.2.3.	Capteur à air .....	10
3.2.4.	Performances des capteurs.....	10
3.3.	Le CESI : Chauffe-eau solaire individuel .....	11
3.3.1.	Le chauffe-eau stockeur et la moquette solaire .....	11
3.3.2.	Le fonctionnement par thermosiphon .....	12
3.3.3.	Le système à circulation forcée .....	12
3.4.	Le SCC : système solaire combiné chauffage solaire.....	12
3.4.1.	Le PSD, plancher solaire direct .....	13
3.4.2.	Systèmes d'appoint.....	13
3.5.	Mise en place et utilisation de l'installation .....	14
3.5.1.	Les règles à respecter .....	14
3.5.2.	Implantation des capteurs (orientation et inclinaison) .....	15
3.5.3.	Le rendement des panneaux solaires.....	17
3.6.	Aides financières.....	18
3.7.	Les normes .....	19
3.8.	Les labels.....	19
3.9.	Les aspects environnementaux, économiques et sociaux .....	20
4.	Travail réalisé et résultats .....	22
4.1.	Etude de cas .....	22



4.1.1.	Présentation de l'Installation étudiée .....	22
4.1.2.	Explication du logiciel SOLO2000 .....	23
4.1.3.	Le logiciel Simsol .....	27
4.1.4.	Analyse des résultats .....	27
5.	Conclusions et perspectives.....	30
5.1.	Conclusions sur le travail réalisé .....	30
5.2.	Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. projet .....	30
5.3.	Perspectives pour la poursuite de ce projet.....	32
6.	Bibliographie .....	33
7.	Annexes.....	35
7.1.	Carnet de Bord.....	35
7.2.	Données du logiciel SOLO2000 .....	37
7.2.1.	Altitude d'Elbeuf .....	37
7.2.2.	Relevé des consommations .....	38
7.2.3.	Calcul des besoins mensuel à partir de la consommation d'ECS .....	38
7.3.	Schémas de principe de l'installation d'Elbeuf .....	39
7.4.	Charte Qualisol .....	40



## NOTATIONS, ACRONYMES

**ADEME** = Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

**ANRU** = Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine

**BBC** = Bâtiment Basse Consommation

**c** = capacité thermique de l'eau ( $4\,186\text{J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

**CEN** = Centre Européen de Normalisation

**CESI** = Chauffe-Eau Solaire Individuel

**CREA** = Communauté de l'agglomération de Rouen, Elbeuf et Austreberthe

**CSTB** = Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

**DTU** = Document Technique Unifié

**ECS** = Eau Chaude Sanitaire

**EDF** = Electricité De France

**EN** = Norme Européenne

**HT** = Hors Taxe

**ISO** = Organisation Internationale de Standardisation

**j** = jour

**J** :=joules

**kWh** = Kilo Watt Heure

**l** = litre

**nbr jours** = nombre de jour dans 1 mois

**NF** = Norme Française

**PSD** = Plancher Solaire Direct

**Q1** : énergie nécessaire pour chauffer  $1\text{m}^3$  d'eau de  $1^\circ\text{C}$  en joule

**SSC** = Système Solaire Combiné

**Tef** = température d'eau froide

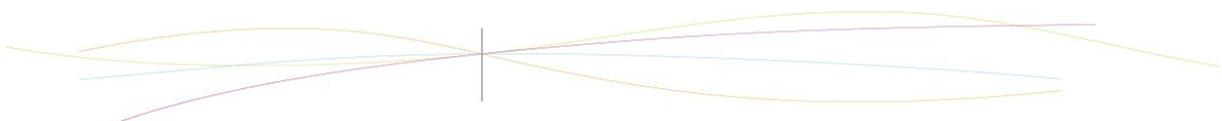
**THPE** = Très Haute Performance Energétique

**V** = volume

**X** = énergie nécessaire pour chauffer  $1\text{m}^3$  d'eau de  $1^\circ\text{C}$  en kWh

**$\rho$**  = masse volumique de l'eau ( $1000\text{kg.m}^{-3}$ )

**$\Delta T$**  = Différence de température.



## 1. INTRODUCTION

Dans un avenir proche nous allons devoir faire face à une double problématique : loger une population de plus en plus importante dans des logements collectifs et diminuer les émissions de gaz à effet de serre liées à nos besoins en énergie. Le chauffage solaire thermique permet de récupérer l'énergie que dispense le soleil par son rayonnement. Cela constitue une alternative viable au système actuel de chauffage. Cependant il a fallu adapter ce système au niveau collectif.

Ce projet d'étude va nous permettre d'approcher la problématique du solaire thermique collectif au travers d'une étude concrète d'une installation existante en Normandie. Le but est de voir dans quelles mesures cette installation va permettre de répondre aux enjeux actuels en termes d'énergie.

Ainsi dans ce dossier nous aborderons dans un premier temps le fonctionnement et la réalisation d'une installation de chauffage solaire thermique, puis nous réaliserons l'étude du rendement d'une installation de chauffage solaire thermique collective grâce à différents logiciels de simulation de production et interpréterons les résultats.

## 2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

### 2.1. Séparation du travail

Dès les premières séances, nous nous sommes répartis les axes de recherches afin de mieux appréhender les différentes facettes du solaire thermique et de pouvoir commencer la rédaction du dossier au plus tôt.

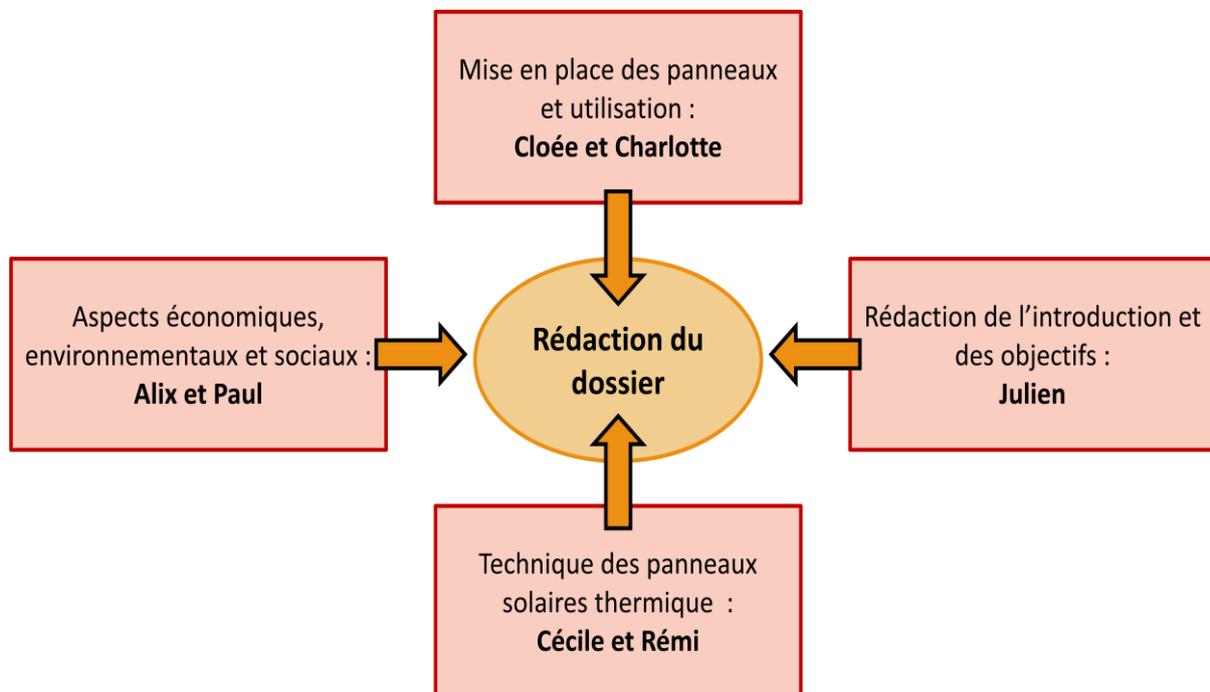
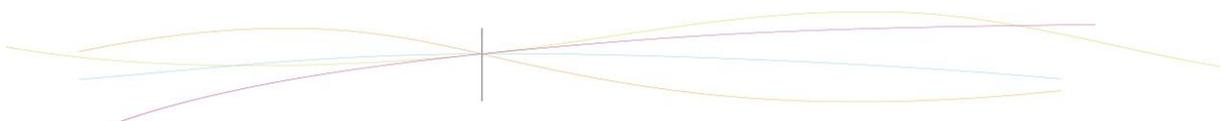


Figure 1 : Répartition du travail pour la rédaction du dossier.



Une fois une installation solaire thermique collective trouvée, nous avons divisé le travail à réaliser en nous répartissant l'étude des différents logiciels ainsi que l'analyse et la comparaison des différents résultats obtenus.

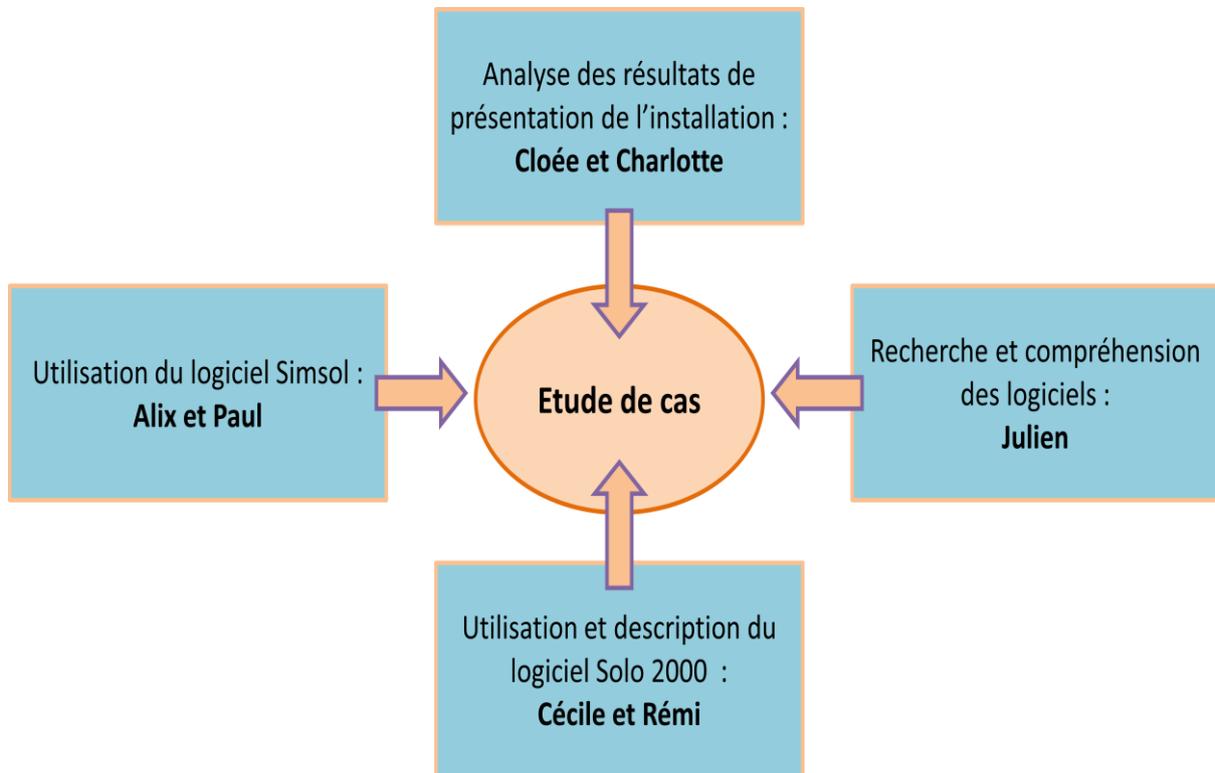


Figure 2 : Répartition du travail pour l'étude de cas.

Pour plus de détails sur l'organisation semaine par semaine de notre projet vous pouvez trouver notre carnet de bord en [annexe](#).

## 2.2. Rédaction du rapport

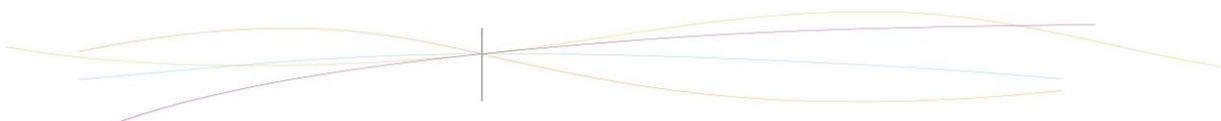
Dans notre équipe, chaque binôme était chargé de rédiger sa partie du dossier. La dernière séance a consisté en la rédaction des parties communes et en la vérification de certains points du dossier.

Enfin tout a été mis en page selon les critères requis pour le rapport par une seule personne afin de garantir un dossier visuellement homogène. De plus avant de rendre la version finale du dossier, nous l'avons diffusé sur la mailing list que nous avons créé pour que tous les membres du groupe puissent corriger les erreurs qui ayant pu persister.

## 3. RECHERCHES

### 3.1. Définition

Le solaire thermique consiste à utiliser la chaleur du rayonnement solaire. Il se décline cela différentes technologies : centrales solaires thermodynamiques, chauffe-eau et chauffage solaires, rafraîchissement solaire, cuisinières et sècheurs solaires.



Deux types d'installation vont particulièrement nous intéresser : Le CESI (Chauffe Eau Solaire), et le SSC (Système Solaire Combiné) qui permet la production à la fois d'eau chaude sanitaire et le chauffage.

### 3.2. Les capteurs solaires thermiques

Ces capteurs permettent de transformer l'énergie transmise par le soleil en chaleur. Le rayonnement solaire est absorbé par une surface noire, parcourue par un fluide caloporteur qui extrait l'énergie thermique et la transfère vers son lieu d'utilisation ou de stockage.

Afin d'optimiser le système on utilise « l'effet de serre », une couverture transparente laissant passer la plus grande partie du rayonnement solaire et évitant le refroidissement de l'absorbeur est ajoutée. Les échanges par convection entre celui-ci et la couverture transparente sont réduits, de même que l'émission du rayonnement infrarouge de l'absorbeur. De plus, une isolation thermique est disposée à l'arrière et sur la périphérie du capteur pour limiter les déperditions par conduction.



Figure 3 : Schéma d'un capteur solaire thermique vitré

#### 3.2.1. Les capteurs vitrés

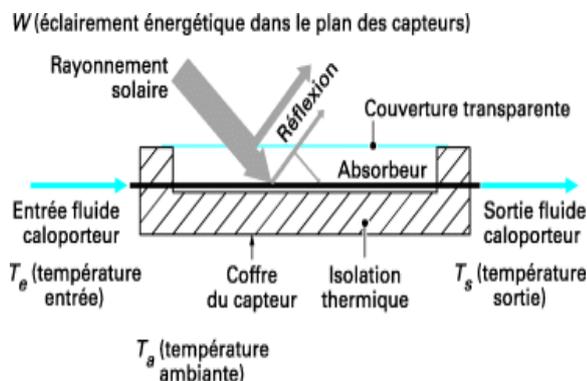
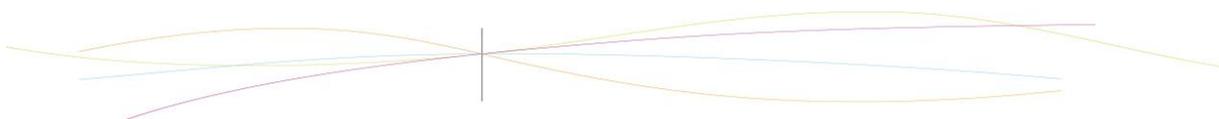


Figure 4 : Schéma d'un capteur solaire thermique vitré

Le capteur vitré est constitué de différents composants :

- Le coffre qui assure la protection du capteur



- L'isolation thermique (arrière et latérale) qui évite les déperditions thermique du capteur par conduction.
- L'absorbeur qui permet de transformer le rayonnement solaire en chaleur et de la transférer au fluide colporteur.
- La couverture transparente qui laisse passer le maximum de rayonnement solaire et évite le refroidissement de l'absorbeur.

L'absorbeur peut-être recouvert d'un revêtement « sélectif » pour limiter les pertes par rayonnement. Il va donc absorber très bien le rayonnement solaire (coefficient d'absorption  $\alpha$  voisin de l'unité) et possède un coefficient d'émission  $\epsilon$  très faible, de l'ordre de 0,20.

### 3.2.2. Les capteurs sous vide

Un capteur solaire sous vide se présente sous la forme de tubes de faible diamètre (jusqu'à une quinzaine de centimètres) dans lesquels sont disposés les absorbeurs. L'intérieur du tube est vidé de l'air qu'il contient et des pertes par convection entre l'absorbeur et la paroi vitrée du tube sont ainsi supprimées. Le capteur sous vide voit ainsi ses déperditions limitées au rayonnement infrarouge. Pour limiter les effets de celui-ci, la surface de l'absorbeur possède un revêtement « sélectif ».

Il existe plusieurs types de capteur sous vide.

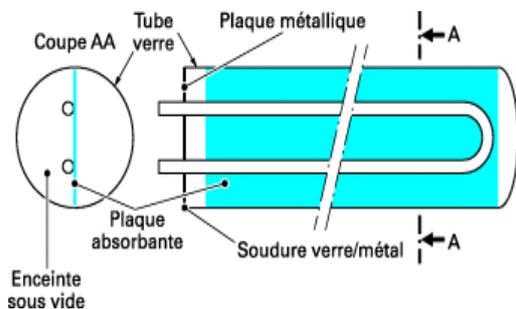


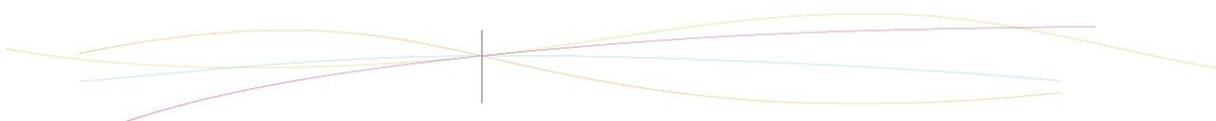
Figure 5 : Détail d'un capteur solaire sous vide, Fraunhofer Institut Freiburg

### 3.2.3. Capteur à air

Dans les capteurs thermiques « à air », de l'air circule et s'échauffe au contact des absorbeurs ou dans une zone d'effet de serre. L'air ainsi chauffé est ensuite ventilé dans les habitats, généralement pour le chauffage et parfois pour des usages industriels ou agricoles (séchage des productions).

### 3.2.4. Performances des capteurs

Les performances sont mesurées grâce à des essais normalisés (norme NF EN 12975-2) qui permet d'obtenir le graphique ci dessous.



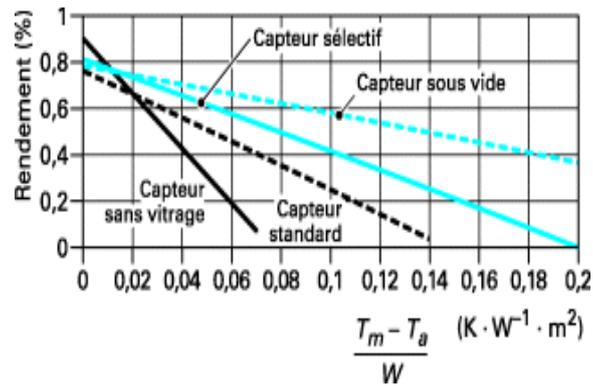


Figure 6 : Courbes caractéristiques des rendements des capteurs. Source : techniques de l'ingénieur

- $T_m$  est la température moyenne de l'absorbeur.
- $T_a$  est la température ambiante dans l'environnement du capteur.
- $W$  est la puissance de l'irradiation solaire mesurée dans le plan du capteur.

### 3.3. Le CESI : Chauffe-eau solaire individuel

Il existe de nombreuses technologies possibles de chauffe-eau, chacune ont leurs propres avantages et inconvénients. Ce choix dépend des conditions d'utilisation.

#### 3.3.1. Le chauffe-eau stockeur et la moquette solaire

Le chauffe-eau stockeur est constitué d'un réservoir disposé dans un coffre isolant et protégé par une couverture transparente. Pendant la période d'ensoleillement, la température du ballon s'élève et, pour éviter que celle-ci ne diminue pendant la nuit, le revêtement est généralement du type « sélectif ».



Figure 7 : Chauffe-eau « autostockeur », Tecsol

La moquette solaire consiste simplement en un tapis de couleur noire posé à plat dans lequel circule l'eau à chauffer, à travers des tuyaux ou rainures.

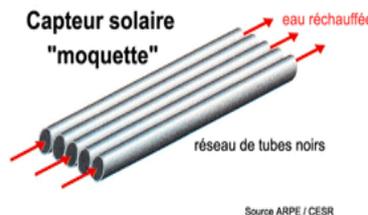
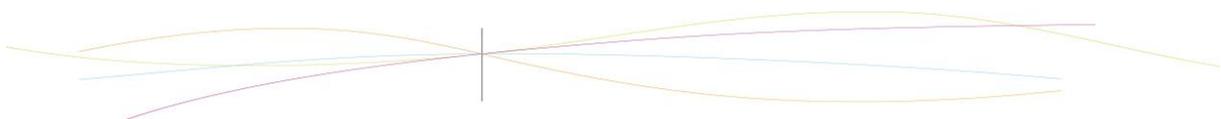


Figure 8 : Moquette solaire



### 3.3.2. Le fonctionnement par thermosiphon

Ce fonctionnement est basé sur le principe selon lequel l'eau chaude a tendance à monter naturellement. Ainsi le réservoir de stockage est placé au dessus des capteurs.

On distingue deux types de chauffe-eau :

- Les chauffe-eau monobloc : le ballon est accolé au capteur solaire.
- Les systèmes à éléments séparés : permet une meilleure intégration architecturale et une protection contre le gel.

Les avantages du chauffe-eau monobloc sont son prix, sa simplicité, et sa facilité de raccordement. Il a cependant des inconvénients, le ballon étant situé à l'extérieur, il subit plus de déperditions et il y a des risques liés au gel. De plus l'ensemble étant assez encombrant il est difficile de l'intégrer à l'habitat.

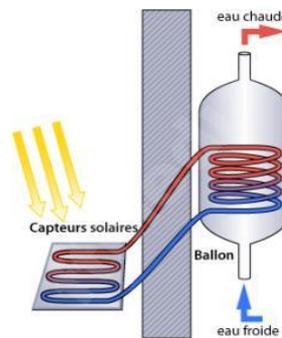


Figure 9 : Schéma illustrant le fonctionnement par thermosiphon

### 3.3.3. Le système à circulation forcée

Les chauffe-eau qui utilisent ce système ont un circulateur qui permet de transférer l'énergie depuis le capteur vers le ballon de stockage.

Il y a plusieurs types de systèmes :

- Les systèmes directs : Une sonde de température commande la mise en route du circulateur.
- Les systèmes à échangeur : un échangeur est noyé dans le ballon de stockage. Son volume augmente quand la température augmente.
- Les systèmes auto-vidangeable : Lorsque la pompe s'arrête, les capteurs se vident afin d'éviter les problèmes causés par le gel.

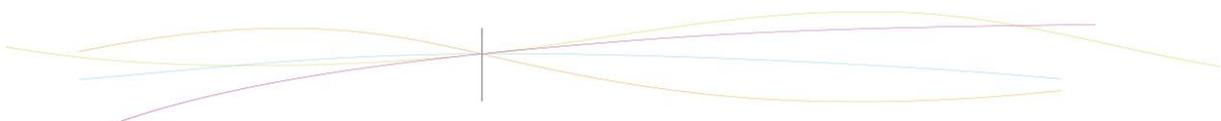
Ces systèmes sont plus complexes mais offrent un meilleur rendement. De plus, cette configuration offre plus de possibilités quant à l'emplacement du ballon.

### 3.4. Le SCC : système solaire combiné chauffage solaire

Le chauffage solaire peut venir en complément d'un chauffe-eau solaire.

Comme toute installation de chauffage central, un système solaire combiné comporte :

- une « chaudière », en l'occurrence des capteurs solaires thermiques analogues à ceux qui alimentent un chauffe-eau solaire,



- une distribution, par un réseau de tuyauteries semblable à celui utilisé dans les systèmes classiques,
- un (ou des) dispositif(s) de stockage de l'énergie thermique (ballon-tampon, dalle de béton),
- des émetteurs de chaleur (radiateurs basse température, dalle chauffante, etc.),
- une régulation.

**3.4.1. Le PSD, plancher solaire direct**

Ce système s'articule autour d'une dalle chauffante. Le principe est simple : le fluide, réchauffé dans les capteurs solaires, circule directement (sans passer par un échangeur ou par un ballon de stockage) dans un plancher chauffant (dalle en béton) qui stocke la chaleur. Son inertie permet de restituer en soirée l'énergie accumulée pendant la journée

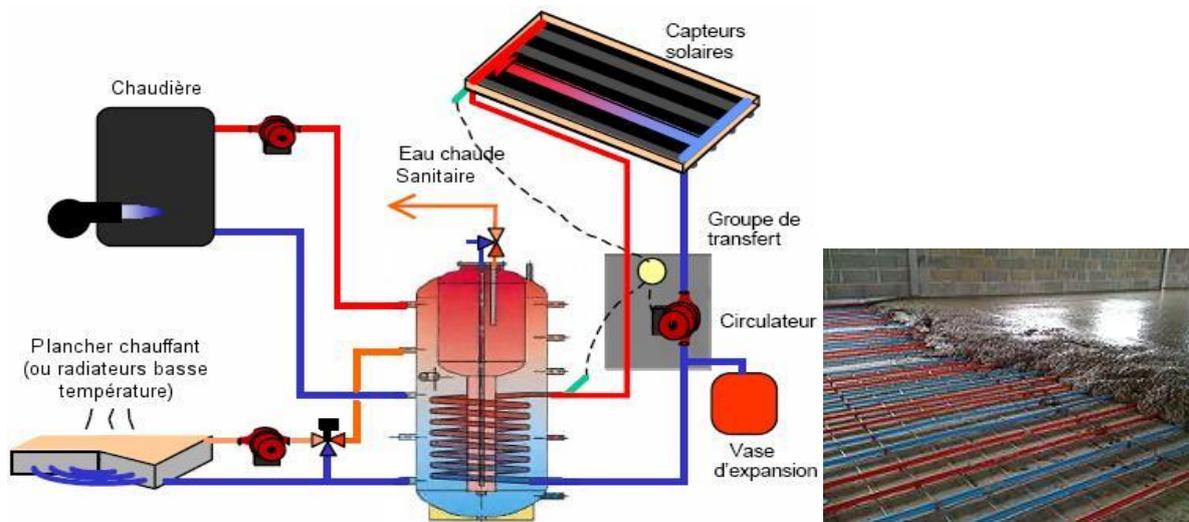
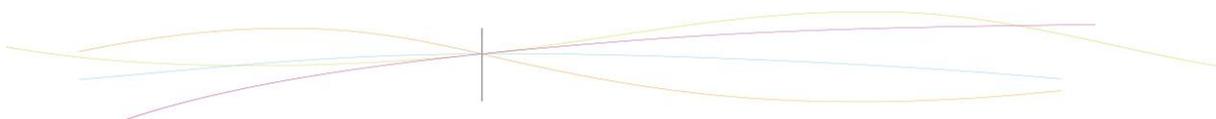


Figure 10 : Schéma d'un SCC et réalisation d'un plancher chauffant

**3.4.2. Systèmes d'appoint**

Pour pallier les insuffisances du rayonnement on peut mettre un système d'appoint électrique, combustible (bois, gaz, fioul) ou encore une pompe chaleur. Il peut être totalement indépendant de l'installation solaire ou non. La régulation peut gérer la mise en route et l'arrêt de l'appoint, en fonction de l'ensoleillement, de la demande de chauffage ou d'eau chaude sanitaire.

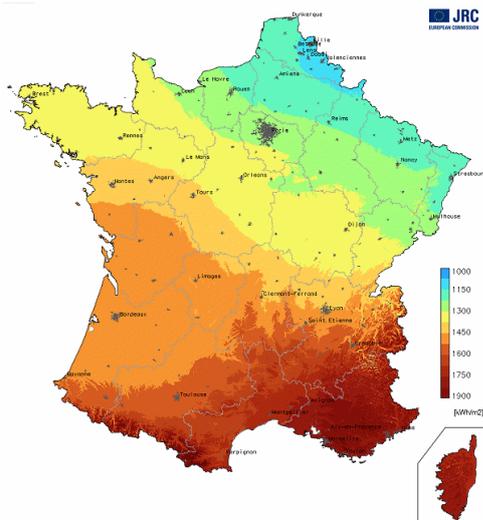
Pour un PSD, le plancher chauffant sert à distribuer la chaleur complémentaire.



### 3.5. Mise en place et utilisation de l'installation

#### 3.5.1. Les règles à respecter

- Tenir compte de la situation géographique



L'utilisation d'un chauffage solaire thermique collectif est théoriquement utilisable partout dans le monde. Cependant, étant donné qu'il fonctionne grâce au soleil, l'ensoleillement doit être étudié.

En effet, en France par exemple, l'ensoleillement est 30 à 50% plus important dans la moitié Sud que la moitié Nord (cf: carte ensoleillement). L'étude de la rentabilité sera donc différente selon la localisation.

Figure 11 : Carte ensoleillement

- Choisir le dimensionnement de l'installation

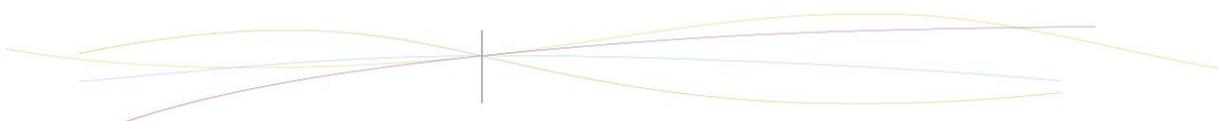
La situation de l'installation nous amène à nous interroger sur son dimensionnement. La surface de capteurs solaires généralement nécessaire pour assurer l'eau chaude sanitaire est d'environ 1m<sup>2</sup>/personne. On compte environ 50 à 60 litres/ personne pour le dimensionnement du ballon de stockage. La surface de capteurs sera donc moins importante dans le Sud que dans le Nord pour obtenir la même quantité d'énergie solaire. Le dispositif, en plus de la fabrication d'eau chaude sanitaire, peut également servir de chauffage. La taille dépendra alors de la surface qu'il est nécessaire de chauffer.

- Analyser les besoins en eau chaude

Il faut déterminer la période d'utilisation de l'installation. En effet, il est nécessaire de savoir si le chauffe eau sera utilisé dans la résidence pendant la période estivale ou toute l'année, car les chauffe eaux solaires se distinguent par ceux qu'on utilise de façon permanente et ceux utilisés de façon saisonnière.

#### *Chauffe eau solaire saisonnier :*

Vous résidez dans votre habitat que pendant l'été (exemple : chalet). Le chauffe-eau saisonnier convient à ce genre d'habitat, car il n'a pas besoin d'être pourvu d'un liquide antigel nécessaire en période de froid. Il convient aussi aux régions chaudes. Il fonctionne suivant une température minimale d'exploitation, en dessous de laquelle, il doit être vidangé. Il est en général sans réservoir.



### *Chauffe eau solaire permanent:*

Il est plus robuste que le saisonnier car adapté aux conditions climatiques rudes. Il a une plus grande capacité de réserve d'eau chaude, ce qui permet de convenir pour une utilisation tout au long de l'année.

Une estimation quantitative fiable permet de dimensionner convenablement le système de production d'eau chaude. C'est un volet important de sa conception. En effet, un bon dimensionnement doit conduire à produire un maximum d'énergie d'origine solaire à un coût compétitif. Un surdimensionnement entraîne une augmentation de la production solaire, mais également une augmentation du coût du kWh produit et une baisse de la productivité de l'installation (production par m<sup>2</sup> et par an).

En règle générale, les installations sont souvent dimensionnées avec des taux de couverture solaire compris entre 40 et 60 %. Il n'est en effet pas réaliste de vouloir produire 100 % des besoins en ECS en utilisant seulement l'énergie solaire.

- Diagnostiquer l'état du bâtiment

Un diagnostic de l'état du bâtiment évitera d'intégrer un système performant à des installations en mauvais état qui pourraient nuire au fonctionnement optimal du système de production d'eau chaude sanitaire.

- Étudier l'installation déjà existante

Les capteurs solaires thermiques préchauffent ou chauffent totalement l'eau sanitaire. La chaudière prend le relais si la température de l'eau n'atteint pas 60° C (jours sans soleil, hiver). Ce système d'appoint à votre chauffe-eau traditionnel est possible avec tous les types d'installations :

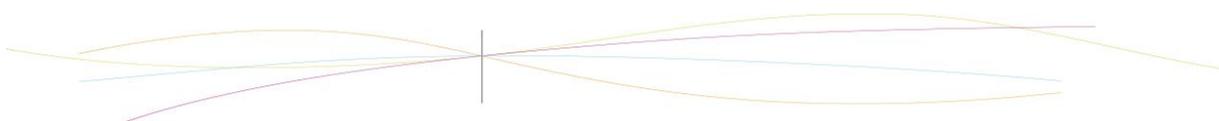
Selon votre système existant, chaudière gaz, au fioul, chauffage électrique, l'ancienneté de votre installation, toutes les combinaisons ne sont pas judicieuses ni même possibles. Un système solaire peut aussi être combiné avec une pompe à chaleur ou avec un système au bois (bûche, granulés, déchiqueté).

Sans appoint : le ballon existant sert d'appoint. Appoint électrique : il est assuré par une résistance électrique intégrée au ballon solaire. Appoint hydraulique : il est assuré par un échangeur intégré au ballon solaire et raccordé à la chaudière. Appoint mixte : double système d'appoint (hydraulique et électrique).

### **3.5.2. Implantation des capteurs (orientation et inclinaison)**

Le rayonnement solaire reçu par un capteur solaire varie considérablement en fonction du lieu d'implantation, de son orientation, de son inclinaison et de la présence de masques éventuels.

La position apparente du Soleil variant pendant la journée et suivant les saisons, le rendement va beaucoup varier au cours du temps. A un moment donné, cette position est déterminée par les angles de son azimut et sa hauteur.



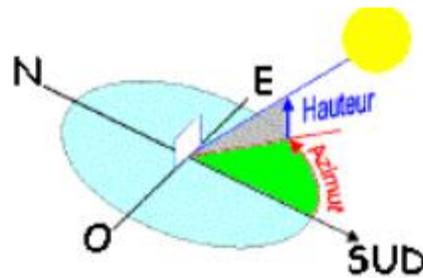


Figure 12 : position du soleil

NB : En relevant ces coordonnées heure par heure on peut tracer la course apparente du soleil et dessiner un diagramme solaire.

Idéalement, un capteur plan doit être orienté plein Sud et incliné à un angle perpendiculaire au rayonnement solaire, soit un angle de 50° en moyenne, par rapport à l'horizontal.

Pour mieux visualiser la variation du parcours du soleil et donc du rendement du système thermique, prenons un exemple concret.

Le tableau ci-dessous montre des estimations de la couverture des besoins d'eau chaude (fraction solaire) par un chauffe-eau solaire à Lyon suivant l'orientation et l'inclinaison des capteurs.

Plus précisément, la "fraction solaire" est la partie de l'énergie nécessaire pour produire de l'eau chaude qui est fournie par le système solaire, le restant sera fourni par l'appoint. C'est une notion commode pour estimer les performances moyennes pendant une période donnée (mois ou année). Dans ce calcul, l'énergie solaire sert au préchauffage de l'eau chaude sanitaire.

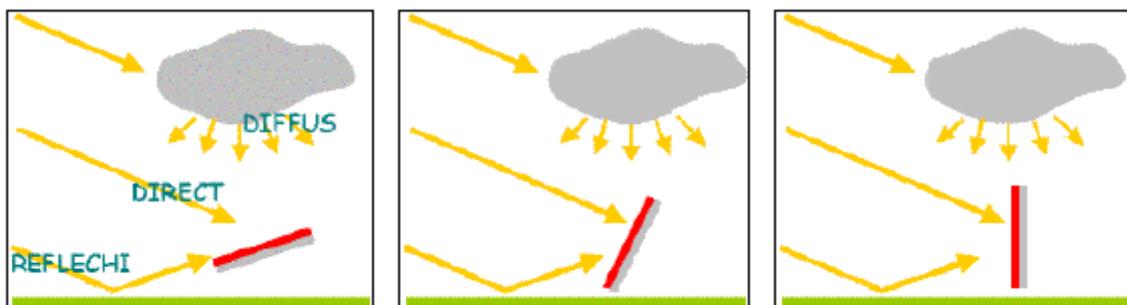
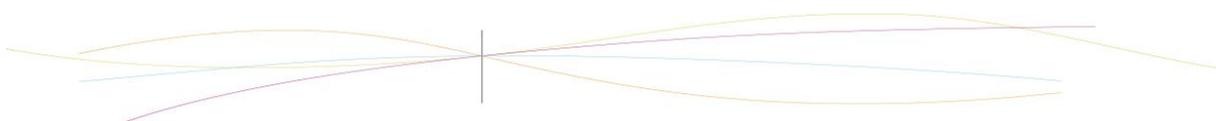


Figure 13 : inclinaison des panneaux solaires

Selon l'inclinaison des capteurs, différents rayons seront captés :

Ainsi en hiver, un capteur solaire faiblement incliné peut absorber le rayonnement diffus pendant toute la journée sans capter le rayonnement direct, l'énergie produite sera utile pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire. Toutefois la température sera trop basse pour une utilisation sans appoint. Par contre, les capteurs fortement inclinés ou même verticaux, vont capter le rayonnement direct et pendant une période relativement courte, ils peuvent fournir de l'eau chaude à une température utile sans appoint.

L'installation prise comme exemple ici est composée de 5 m<sup>2</sup> de capteurs avec un ballon de 300 litres et une consommation d'eau chaude de 200 litres à 50°C par jour.



Fraction solaire d'un chauffe-eau solaire en %		Inclinaison des capteurs		
L'orientation des capteurs	Période de l'année	20°	50°	90°
<b>Sud</b>	Janvier	26%	29%	27%
	Juillet	97%	96%	79%
	Année	65%	66%	55,00%
<b>Sud Est/Sud Ouest</b>	Janvier	25%	26%	23%
	Juillet	97%	96%	84%
	Année	64%	63%	53%
<b>Est/Ouest</b>	Janvier	21%	19%	15%
	Juillet	97%	95%	82%
	Année	61%	57%	45%

Conclusion :

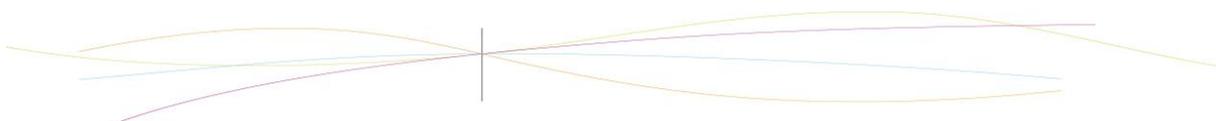
- L'orientation Sud donne les meilleures performances et surtout avec une inclinaison de 40 à 50°. Cependant, une inclinaison de 20° comme les toits dans le midi de la France, offre des meilleurs résultats en été et des performances excellentes en moyenne annuelle.
- Plus l'écart de l'orientation Sud est grand, plus les performances en hiver diminuent.

### 3.5.3. Le rendement des panneaux solaires

Le rendement est difficile à exprimer de manière simple. Les performances des capteurs étant dépendantes de nombreux paramètres susceptibles de varier durant l'utilisation des panneaux solaires.

Quelques facteurs dont dépend le rendement :

- la température extérieure
- l'irradiation (intensité du rayonnement solaire)
- l'angle du capteur par rapport au soleil
- le vent sur le capteur (force et direction)
- le type de rayonnement (ciel clair, pollution, nuage, altitude...)



Les capteurs solaires thermiques peuvent produire entre 60 et 100% des besoins en eau chaude sanitaire et jusqu'à 65% du chauffage d'une maison individuelle. Ces chiffres varient suivant les régions.

Nous avons choisi de vous présenter un exemple concret illustrant une différence de rendement entre le Nord et le Sud de la France.

Cas étudié : Eau chaude sanitaire d'un foyer moyen de quatre personnes.

Légende : (N): Nord (S): Sud

M<sup>2</sup> de capteurs : 3 (S) / 5 (N)

Volume en litres du ballon : entre 200 et 350

1 m<sup>2</sup> de capteurs équivaut à : 600 kWh (S)

1 m<sup>2</sup> de capteurs équivaut à : 300 kWh (N)

Rendement moyen / an nord (N) de la France pour 5m<sup>2</sup> de capteurs : entre 60 et 75 % .

Rendement moyen / an sud (S) de la France pour 3m<sup>2</sup> de capteurs : 80 à 100 %.

### 3.6. Aides financières

Le plan soleil : mis en place par l'ADEME, il s'agit d'un programme national destiné à amplifier la diffusion de ses applications sur le terrain et à les soutenir par des aides publiques conséquentes. Les aides mises en place peuvent financer les projets d'installation de système de production d'eau chaude collective à hauteur de 70 %.

La région Haute Normandie propose également des aides à l'installation d'équipements de production d'eau chaude sanitaire pour des utilisations collectives.

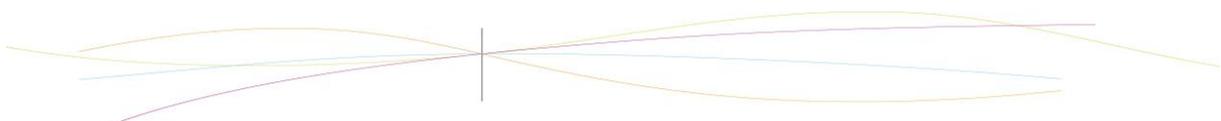
Peuvent être bénéficiaires de ces aides :

- Les communes et leurs groupements,
- Les établissements publics,
- Les organismes d'habitations à loyer modéré,
- Les associations,
- Les syndicats de copropriétés.

La région intervient en proposant une aide forfaitaire aux investissements de 350€ /m<sup>2</sup> de capteur solaire, dans la limite d'un plafond d'intervention publique de 80% du coût HT de l'investissement.

Pour être éligible, il faut respecter les critères de performance énergétique suivants :

- Pour les bâtiments neufs dont les études de maîtrise d'oeuvre ont démarré après le 1er janvier 2008, le niveau THPE (Très haute performance énergétique) est exigé,



- Pour les bâtiments neufs, publics et tertiaires et les logements ANRU dont les études de maîtrise d'œuvre ont démarré après le 1er janvier 2010, le niveau BBC (Bâtiment basse consommation) est exigé.
- Pour les bâtiments existants, il faut réaliser au préalable un audit conforme au cahier des charges de l'ADEME.

### 3.7. Les normes

Les normes concernant le chauffage solaire collectif sont assez nombreuses. Voici une liste non exhaustive des ces nombreuses normes qui réglementent ces installations :

- ISO 9808 : Chauffe-eau solaires — Matériaux en élastomères pour absorbeurs, raccords et tuyaux --- Méthode d'évaluation.
- ISO/TR 10217, Énergie solaire — Système de production d'eau chaude — Guide pour le choix de matériaux vis-à-vis de la corrosion interne.
- NF P 50-511:1985, Énergie solaire — Capteurs solaires à circulation de liquide — Aptitude à l'emploi.
- Le CSTB délivre un certificat pour valider que les critères techniques sont bien conformes à la norme NF EN 12975-1

Les capteurs solaires sont soumis aux normes **et DTU** :

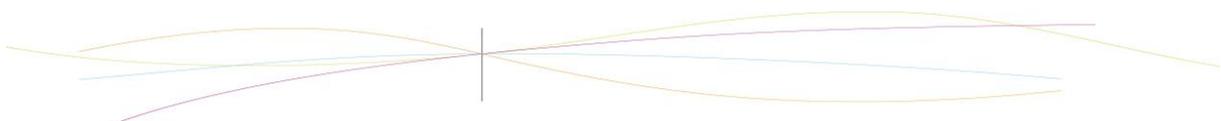
- NF EN 12976-2 : Installations solaires thermiques et leurs composants-Capteurs solaires - Installations préfabriquées en usine
- NF EN 12975-1 : Installations solaires thermiques et leurs composants-Capteurs solaires- Exigences générales.
- NF EN 12975-2 : Installations solaires thermiques et leurs composants-Capteurs solaires - Méthodes d'essai.
- NF EN ISO 9488 : Énergie Solaire-Vocabulaire.
- DTU 65.12 (NF P 50-601) « Réalisation des installations de capteurs solaires plans à circulation de liquide pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaires ».

### 3.8. Les labels

Il existe de nombreux labels, mis en place par diverses entités et structures administratives. Quelques labels parmi les plus importants :

- Qualisol :

Créée par l'ADEME en 1999 dans le cadre du Plan Soleil, Qualisol veut être synonyme d'installation de qualité. Le prestataire qui l'utilise certifie qu'il respecte les engagements constituant les "10 points solaires" de la charte (Cf annexe)



- O solaire :

La marque « Ö Solaire » a été créée par Enerplan, la principale association professionnelle de l'énergie solaire, avec les industriels du solaire, qui ont pris le relais de l'ADEME en 2006 pour la sélection des systèmes CESI (chauffe-eau solaires individuels) et SSC (systèmes solaires combinés) : autrement dit il s'agit de garantir la qualité des équipements domestiques (panneaux solaires, chauffage, chauffe-eau sanitaire).

- Solar Keymark :

La certification européenne "Solar Keymark" est délivrée par le Comité Européen de Normalisation (CEN). Elle atteste de la conformité aux normes européennes établies par le CEN TC 312. Elle porte pour le moment essentiellement sur les capteurs et chauffe-eaux solaires.

### 3.9. Les aspects environnementaux, économiques et sociaux

- Aspects environnementaux :

Il peut être surprenant de parler des enjeux environnementaux d'une installation solaire, étant donné que la raison majeure de son installation est bien souvent la protection de l'environnement. Il est évident que ces modes de chauffage permettent de réduire l'utilisation d'électricité ou de gaz. Ceux-ci, ayant un effet néfaste sur l'environnement en rejetant une grande quantité de gaz nocif, entre autre. De plus, les installations solaire n'utilisent pas les énergies fossiles, qui se raréfient. Cependant, le chauffage solaire présente des risques pour l'environnement notamment en matière de réchauffement climatique.

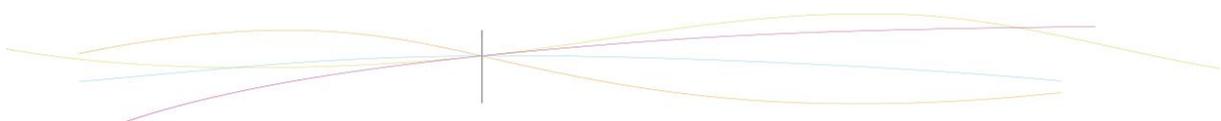
En effet, la fabrication des installations et leur fin de vie nécessitent de l'énergie. Il faut donc calculer le cycle de vie d'une telle installation dans sa totalité. C'est-à-dire : l'énergie qu'elle produit lors de son fonctionnement moins l'énergie nécessaire à sa fabrication et à son traitement en fin de vie, soit le recyclage, soit le stockage.

- Aspects économiques :

L'avantage économique est évidemment la semi-autonomie au niveau des dépenses pour l'électricité ou le gaz. Dans l'idéal, le surplus d'énergie apporté par le chauffage solaire peut être vendu à EDF.

Cependant, la réelle efficacité du chauffage solaire ne permet une indépendance totale et encore moins un surplus d'énergie.

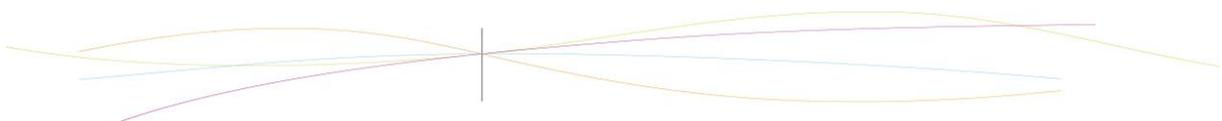
De plus, il ne faut pas oublier que l'investissement de départ est important. En effet, les prix du marché aujourd'hui pour un logement social collectif sont assez élevés. Ainsi, le prix moyen d'une installation solaire centralisée pour un bâtiment collectif, avec stockage individualisé, est d'environ 3200 € par logement de type T3.



- Aspects sociaux :

Entretien : les panneaux thermiques ont besoin d'être contrôlés une fois par an par un chauffagiste spécialisé. Il est chargé de surveiller la pression des fluides contenus dans l'installation, et l'absence de fuite.

Impacts au quotidien : les installations solaires ne produisent aucun sons, il n'y a donc pas de pollution sonore. De plus, elles sont généralement installées sur les toits des bâtiments collectifs. Comme ceux-ci sont souvent assez grand, elles ne sont pas visibles depuis l'extérieur.



## 4. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

### 4.1. Etude de cas

#### 4.1.1. *Présentation de l'Installation étudiée*

##### 4.1.1.1. *Description de l'installation*

Afin de réaliser l'étude de cas d'un chauffage solaire thermique collectif, nous avons voulu nous appuyer sur une installation déjà opérationnelle de la région rouennaise. Les recherches se sont avérées difficiles mais, grâce à Habitat76, nous avons trouvé un cas qui correspondait à notre demande. Même si certains de nos mails sont restés sans réponse, nous avons obtenu les informations nécessaires pour l'utilisation des logiciels que nous avons choisi et ainsi réaliser notre étude.

L'installation se trouve sur la tour Victor Grandin à Elbeuf (76). Ce bâtiment est composé de 96 logements. Sur la terrasse 34 panneaux solaires de marque VIESSMAN de type VITOSOL100 sont installés, soit une surface de 86m<sup>2</sup>. L'installation solaire est équipée de 4 000L de stockage primaire sous forme de deux ballons tampons de 2 000L chacun. Le schéma de principe de l'installation est donné en [annexe](#).

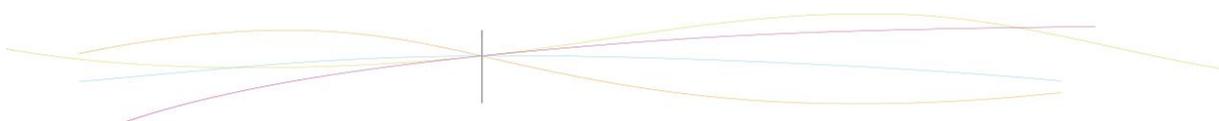
Le rendement de l'installation sur la période du 21 mars 2008 au 15 janvier 2009 est de l'ordre de 82,5%. En effet, la production d'énergie à partir des panneaux s'élève à 27 094kWh. Cependant, seulement 22 342kWh ont été transmises au réseau ECS.



Figure 14 : Tour Victor Grandin à Elbeuf

##### 4.1.1.2. *Panneaux de marque VIESSMANN de type VITOSOL 100*

Les capteurs solaires plats Vitosol 100 se distinguent par leur rapport qualité/prix attrayant. Les Vitosol 100 sont disponibles en deux tailles ; 2,3m<sup>2</sup> et 4,76m<sup>2</sup>. Le capteur de type 2,3m<sup>2</sup> peut être monté dans le sens vertical ou dans le sens horizontal. Les capteurs Vitosol 100, modèle 5DI (4,76 m<sup>2</sup>), ont été spécialement conçus pour une intégration dans un toit à versants.



Le revêtement sol-titane hautement sélectif récupère le rayonnement solaire de façon optimale. Le cadre du Vitosol 100 est fabriqué en une seule pièce, en aluminium cintré sans coupe d'onglet ni arrête. La solidité et le rendement énergétique de l'ensemble sont encore assurés par un vitrage maintenu en place par un joint sans raccords, résistant aux intempéries et aux ultraviolets, et par une paroi arrière en tôle d'aluminium.



Figure 15 : Panneaux solaires de l'installation d'Elbeuf

#### 4.1.2. Explication du logiciel SOLO2000

Le logiciel SOLO 2000 est disponible gratuitement à l'adresse suivante :

[http://enr.cstb.fr/webzine/preview.asp?id\\_une=241](http://enr.cstb.fr/webzine/preview.asp?id_une=241)

Il est la transcription informatique de la "Méthode mensuelle d'évaluation des performances thermiques des installations solaires de production d'eau chaude sanitaire" développée par le CSTB. Ce logiciel n'est cependant plus mis à jours.

Le logiciel se décompose en 4 grandes parties :

- Météo
- Besoins
- Système capteur ballon
- Résultats

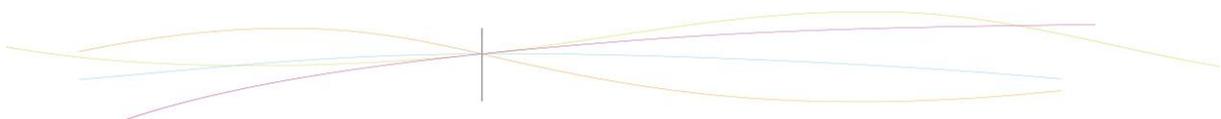
Ces différentes parties permettent d'entrer les paramètres pour calculer le rendement espéré de l'installation.

##### 4.1.2.1. Météo

METEO	
<b>Station</b>	<b>Site</b>
Pays <b>France</b>	Altitude [m] <b>13</b>
Départ. <b>76-Seine-Mari</b>	Distance mer [km] <b>&gt;= 10</b>
Station <b>Rouen</b>	Millions d'hab. <b>&lt; 0.5</b>

Figure 16 : Section météo du logiciel Solo2000

Les données « Station » et « Site » permettent de connaître l'ensoleillement prévisionnel grâce à des données préenregistrées. Le logiciel offre également la possibilité de créer une station météo personnalisée.



Les données du site sont utilisées essentiellement pour corriger les valeurs d'ensoleillement qui dépendent de l'altitude, de la distance à la mer et du nombre d'habitants de l'agglomération où se situe le projet. Pour l'altitude d'elbeuf voir en [annexe](#).

#### 4.1.2.2. Besoins

Les besoins indiqués ont été calculé à partir d'études de consommation réalisées sur 1 an. Chaque mois la consommation (en m<sup>3</sup>) du bâtiment est relevée. On en déduit la consommation en litre par jour pour insérer les valeurs dans le logiciel, Pour ce faire nous avons compté le nombre de jours d'écart entre 2 relevés de consommation (nombre de jour) et effectué le calcul suivant :

**eq 1.**  $Consommation\ en\ l/j = Consommation\ (m3) * 1000 / nombre\ de\ jour$

Les relevés de consommation sont donnés en [annexe](#).

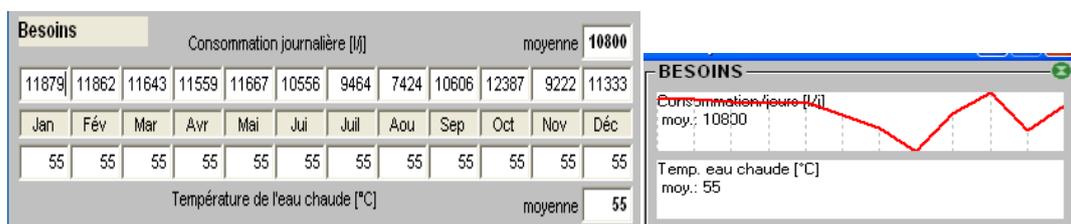


Figure 17 : Section besoin du logiciel Solo2000

Lorsqu'on clic sur les graphiques une boite de dialogue apparait. On peut y rentrer les données mesurées et les profils de consommation et de température apparaissent dans les cadres.

#### 4.1.2.3. Système capteur ballon

Cela correspond à l'installation proprement dite. Le système capteurs ballon est constitué d'un ensemble de capteurs reliés à un ou plusieurs ballons à travers une boucle de captage. Les ballons peuvent être avec ou sans appoint électrique.

Ainsi, cette catégorie peut être séparée en 5 sous-catégories :

- Capteurs
- Boucle de captage
- Ballon
- Appoint intégré
- Masque

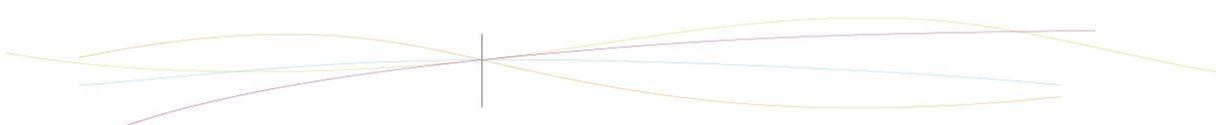
##### Capteurs

Dans cette partie on choisit le capteur que l'on souhaite utiliser, ensuite on définit l'inclinaison des capteurs, leur orientation et leur nombre donc la surface qu'ils occupent. Il existe des valeurs prédéfinies mais dans notre cas de figure toutes les données on dû être définie manuellement hormis le type du capteur.

Kc, Bc, Ac sont des données relatives au capteur : sa puissance, son efficacité et sa surface.

##### Boucle de captage

Dans cette partie on calcule les déperditions thermiques dues au circuit de transport du fluide calorifugé.



### Ballon

Ici il faut définir le ballon qui est utilisé : son type mais aussi ses dimensions, donc sa contenance. Le logiciel prend là encore en compte les déperditions thermiques lors de l'échange de chaleur entre le fluide et l'eau sanitaire.

Pour notre étude de cas nous avons choisit de faire un ballon personnalisé. En effet, nous avons fait l'hypothèse que les deux ballons de 2000L pouvaient être équivalents à un ballon de 4000L et aucun des ballons prédéfinis n'a un tel volume.

Vn est le volume nominal du ballon, Vs le volume utile et Ds le coefficient de déperdition thermique (le logiciel prend  $Ds=0.01Vs$ ).

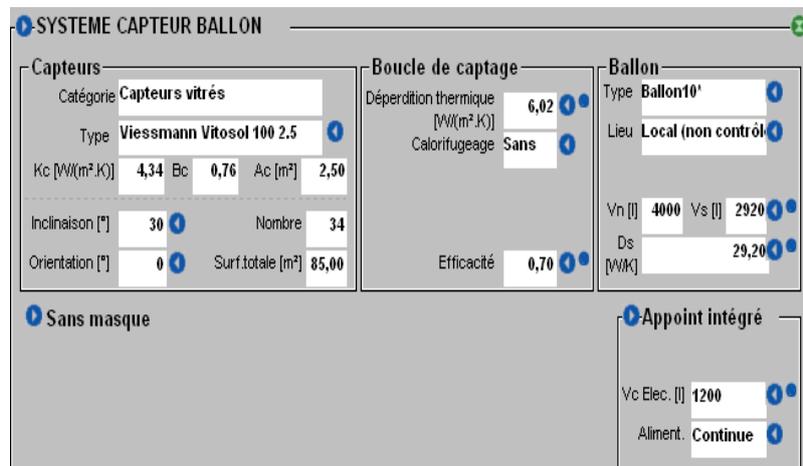
Il est aussi possible d'entrer une autre valeur : Cr (constante de refroidissement). Dans notre cas elle est calculée automatiquement.

### Appoint

Le ballon peut être choisi avec ou sans appoint. L'appoint est un appoint électrique qui est intégré au ballon. L'alimentation électrique du ballon peut être soit permanente soit uniquement pendant les heures creuses. On peut calculer cet appoint ou entrer une valeur de celui-ci.

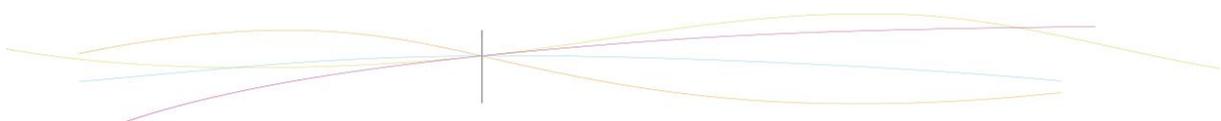
### Masques

Si dans notre cas de figure il n'y a pas de masques cette option est disponible dans le logiciel. Il s'agit de prendre en compte les différents objets qui pourraient masquer le panneau solaire et donc diminuer son rendement.



SYSTEME CAPTEUR BALLON			
<b>Capteurs</b>		<b>Boucle de captage</b>	
Catégorie: <b>Capteurs vitrés</b>			
Type: <b>Viessmann Vitosol 100 2.5</b>			
Kc [W/(m².K)]	4,34	Bc	0,76
Ac [m²]	2,50		
Inclinaison [°]	30	Nombre	34
Orientation [°]	0	Surf.totale [m²]	85,00
Déperdition thermique [W/(m².K)]		6,02	
Calorifugeage		Sans	
Efficacité		0,70	
<b>Ballon</b>		Type: <b>Ballon10'</b>	
Lieu: <b>Local (non contrôl)</b>			
Vn [l]	4000	Vs [l]	2920
Ds [W/K]	29,20		
<b>Sans masque</b>			
<b>Appoint intégré</b>			
Vc Elec. [l]	1200		
Aliment.	Continue		

Figure 18 : Section Système capteur ballon du logiciel Solo2000



#### 4.1.2.4. Résultats

RESULTATS													
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Couverture (%)	6	11	18	25	30	36	40	44	26	15	10	6	21
Besoins [kWh]	20590	18455	19427	18142	18208	15429	13953	10972	15576	19733	14923	19439	204946
Productivité [kWh]	1273	1992	3497	4567	5538	5596	5561	4825	4062	2932	1510	1079	42433
Productivité /m²	15	23	41	54	65	66	65	57	48	34	18	13	499

Figure 19 : Section résultat du logiciel Solo2000

Les résultats apparaissent sous forme d'un tableau donnant pour chaque mois et pour l'année les besoins en électricité (en kWh), la productivité des panneaux (en kWh), la productivité par m<sup>2</sup> de panneau et le pourcentage de couverture solaire.

#### Les besoins

L'énergie nécessaire ( $Q_1$ ) pour chauffer 1 000 litres d'eau (ou 1m<sup>3</sup>) de 1°C se calcul grâce à la formule suivante :

$$\text{eq 2.} \quad Q = mc\Delta T = \rho Vc\Delta T$$

Avec  $\rho$  la masse volumique de l'eau (1000 kg.m<sup>-3</sup>),  $V$  le volume d'eau à réchauffer,  $c$  la capacité thermique de l'eau (4 186 J.kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>) et  $\Delta T$  la différence de température.

$$\text{eq 3.} \quad Q_1 = 1000 * 1 * 4186 * 1$$

Ainsi  $Q_1 = 4186$  kJ.

Les besoins sont donnés en kWh, il faut donc convertir les joules en kWh.

$$\text{eq 4.} \quad 1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$$

Ainsi, pour chauffer 1m<sup>3</sup> de 1°C il faut X kWh avec

$$\text{eq 5.} \quad X = \frac{Q_1(kJ)*1(kWh)}{3600(kJ)} = 1.16 \text{ (kWh)}$$

Ceci permet de connaître la formule utilisée par le logiciel pour calculer les besoins, qui sont mensuels, en fonction de la consommation qui est journalière.

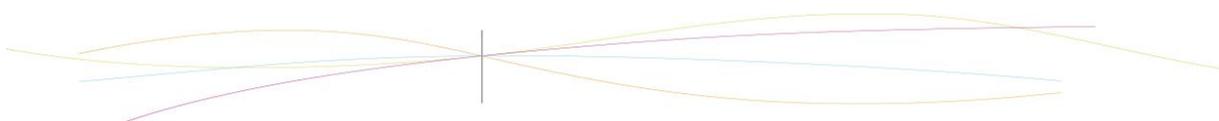
$$\text{eq 6.} \quad \text{Besoins (kWh)} = V(m^3/j) * 1.16 * \Delta T v * \text{nbr jours} = \frac{V(l/j)}{1000} * 1.16 * \Delta T * \text{nbr jours}$$

$\Delta T$  est la différence de température entre l'eau froide et l'eau chaude. On fait l'approximation que la température d'eau froide est constante au cours d'un mois. La valeur de température d'eau froide est dans les données du logiciel. La température d'eau chaude est fixée à 55°.

Ainsi, on obtient la formule suivante :

$$\text{eq 7.} \quad \text{Besoins (kWh)} = \frac{V(l/j)}{1000} * 1.16 * (55 - T_{ef}) * \text{nbr jours}$$

Les calculs sont détaillés en [annexe](#).



### La productivité et la productivité/m<sup>2</sup>

La productivité solaire est calculée à la sortie du ballon solaire en valeur d'énergie utile (le système d'appoint situé en aval ainsi que le système de distribution vers les différents points de puisage ne sont pas pris en compte). La productivité solaire correspond aux besoins d'énergie pour l'eau chaude sanitaire couverts par l'énergie solaire.

La productivité par m<sup>2</sup> est la productivité ramenée à 1 m<sup>2</sup> de capteurs.

### Le pourcentage en couverture

Ce pourcentage est calculé à partir des besoins et de la productivité :

eq 8. 
$$\text{Couverture(\%)} = \frac{\text{Productivité (kWh)}}{\text{Besoins (kWh)}}$$

#### 4.1.3. Le logiciel Simsol

Pour compléter l'étude faite avec solo2000 nous avons utilisé le logiciel Simsol. Les différences notables avec Solo2000 sont les suivantes : sur Simsol le calcul se fait au pas de temps horaires, il prend en compte des consommations énergétiques (appoint, pompes) et donne la température atteinte en différents points comme à la sorti du capteur, du ballon.

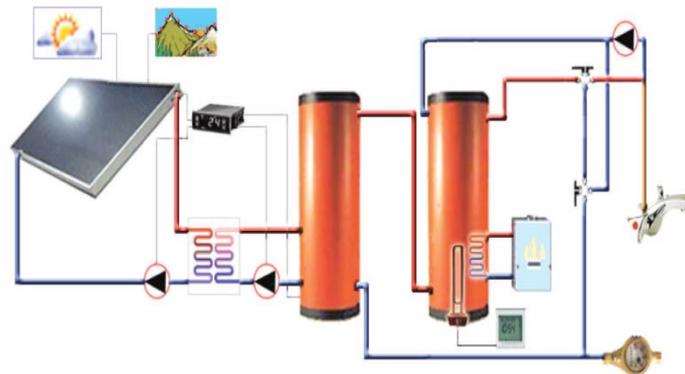


Figure 20 : logiciel Simsol

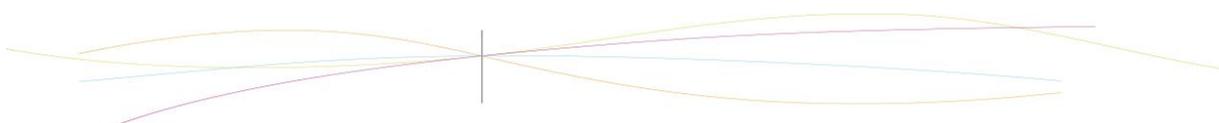
#### 4.1.4. Analyse des résultats

##### 4.1.4.1. A l'aide du logiciel Solo2000

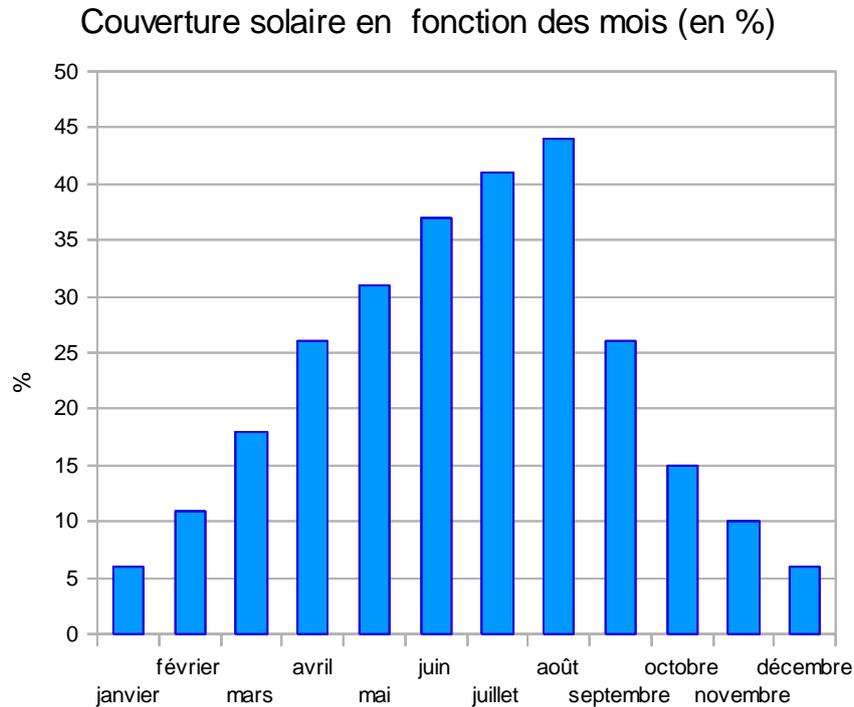
Nous avons suivi l'évolution de la productivité en kWh des panneaux solaires à l'aide du logiciel SOLO 2000 décrit précédemment. Nous avons aussi estimé les besoins (en kWh) au cours des différents mois afin de déterminer le pourcentage de couverture assuré par l'installation solaire.

D'une part, les besoins sont maximaux en hiver et minimaux en période estivale. Par exemple, ils sont de l'ordre de 20 000 kWh en décembre et janvier, alors qu'ils ne sont que de 11 000 kWh en août.

D'autre part, la productivité des panneaux solaires évolue en sens inverse des besoins. En effet, la même installation produit 1 086 kWh en décembre et 5 697 kWh au mois de juin.



Par conséquent, la couverture des besoins assurée par l'installation est maximale au mois d'août (44%) contre seulement 6% en janvier.



*Figure 21 : Couverture solaire sur l'année*

La moyenne annuelle de la couverture solaire est de 21%.

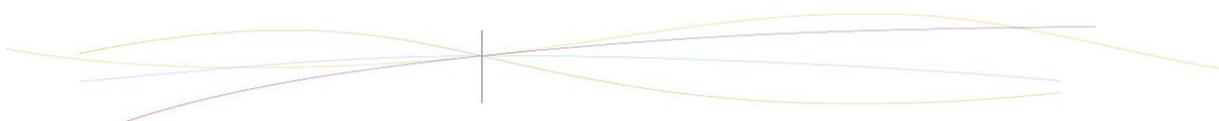
#### **4.1.4.2. A l'aide du logiciel SIMSOL**

Nous avons également réalisé une simulation avec un autre logiciel : Simsol, les résultats obtenus sont plus conséquents. La couverture solaire des besoins en ECS annuel est un petit plus élevée (25%) mais du même ordre de grandeur. De la même manière les couvertures maximales et minimales correspondent au mois de Juillet, Aout et de Décembre, Janvier.

Ce logiciel nous a permis de visualiser les pertes. Celles-ci sont très importantes en été (213 kWh), alors qu'elles sont négligeables en hiver (10 kWh). On observe des pertes à trois endroits différents de l'installation: le circuit solaire, ballon solaire et le ballon d'appoint. Elles sont majoritaires dans le ballon solaire.

Grâce au logiciel Simsol, nous avons pu obtenir le temps de fonctionnement et la consommation des pompes et des appoints. La pompe ne fonctionne que 30% du temps car il faut une différence de 5°C entre les panneaux et l'eau chaude du ballon pour qu'elle se mette en marche. L'appoint fonctionne 19% du temps principalement en hiver car l'énergie fournie par le rayonnement solaire est insuffisante.

Ce logiciel nous permet enfin d'accéder au bilan environnemental, on peut voir que l'émission totale en CO2 est très limitée lorsqu'on utilise une installation solaire, par exemple en Juillet, une installation solaire émet environ 5 fois moins de CO2 qu'une installation classique.



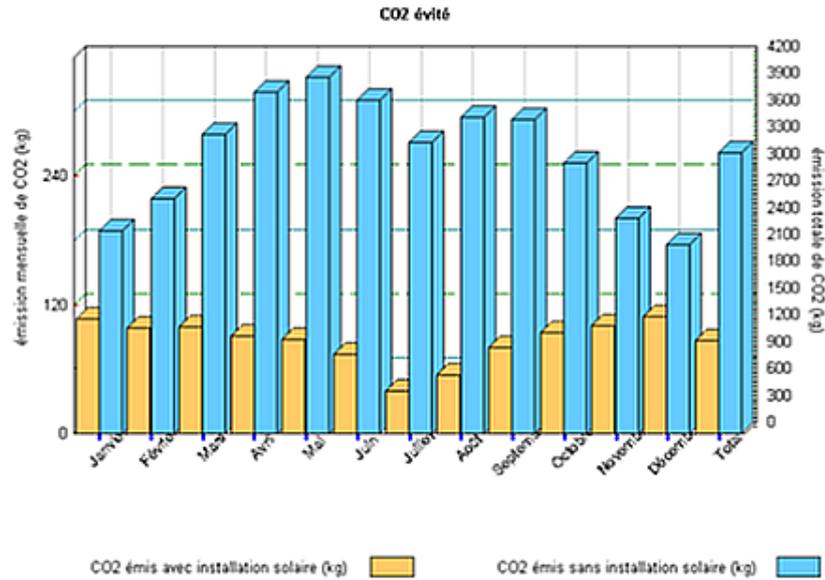


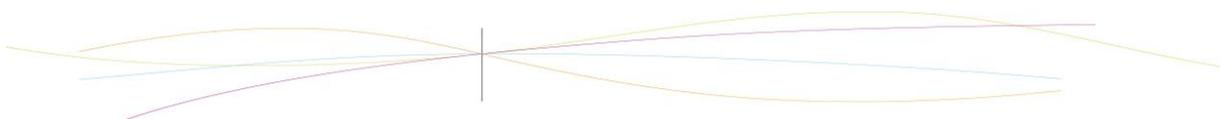
Figure 22 : Emissions de CO2 sans installation solaire et avec.

#### 4.1.4.3. Comparaison des deux logiciels

L'évolution de la couverture solaire au cours donnée par les deux logiciels est sensiblement la même. Cependant, globalement les valeurs sont plus élevées pour le deuxième logiciel (Simsol).

Quelles sont les principales explications à cette différence ?

Les données rentrées dans le logiciel Simsol sont plus conséquentes. Par exemple, celles concernant le dimensionnement de l'installation sont plus complètes en effet dans Simsol on peut prendre en compte le fait qu'il existe deux ballons et décrire précisément les pompes et les échangeurs utilisés à l'aide de coefficient ce qui n'est pas possible avec le logiciel Solo2000. Nous pouvons aussi noter qu'il existe une différence de la température de l'eau froide. En effet dans Solo2000, la température de l'eau froide est mensuelle alors que dans le logiciel Simsol elle est actualisée plus souvent.



## 5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

### 5.1. Conclusions sur le travail réalisé

Ce projet nous a permis de découvrir une technologie en développement : Le chauffage solaire thermique collectif. En effet, même si elle est encore peu utilisée aujourd'hui, cette technique de chauffage d'eau à un avenir certain. Comme vous avez pu le constater, son utilisation permet de limiter les émissions en CO<sub>2</sub>. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle, en France, le « Plan Soleil » lancé en 2000 par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) pour les chauffe-eau solaires et la production de chaleur, incite les particuliers à s'équiper en solaire grâce à des aides incitatives de l'État, des Régions, de certains Départements et de certains regroupements communaux. Il faut cependant nuancer son efficacité. En effet, le rendement d'une telle installation est loin des 100%, surtout en hiver, période où on a le plus besoin d'eau chaude. Il existe donc des logiciels tels que SIMSOL ou SOLO2000 pour prévoir la couverture solaire d'un chauffage solaire thermique collectif.

Ce projet nous a aussi permis de travailler en groupe. A sept, il n'est pas toujours facile d'avoir l'unanimité. Cependant, nous avons réussi à trouver un équilibre rapidement : la répartition des tâches s'est faite naturellement et le travail a été réparti de façon égale. De plus, cela nous a montré qu'il fallait souvent faire preuve de patience et de persévérance pour obtenir des informations de la part des professionnels. Notre motivation a payé puisque nous avons trouvé seul l'installation adaptée à notre étude de cas. Nous avons donc pu étudier un cas concret plutôt que de reprendre les informations sur Internet.

Pour conclure, ce projet constitue un projet aux couleurs de l'environnement qui nous a permis de mettre en avant des qualités de synthèse lors de notre apprentissage ainsi que de gestion de projet.

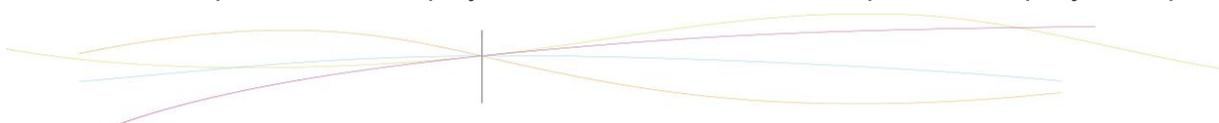
### 5.2. Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. projet

#### **Alix :**

« Au début du semestre, je connaissais le système de chauffage solaire seulement de nom. Ce projet m'a apporté une vraie connaissance là-dessus, avec notamment les différents systèmes qui existent, leur application au chauffage thermique ou au chauffe-eau. J'y ai, de plus, compris pourquoi il y en avait peu dans les bâtiments des collectivités. C'est en effet plus compliqué à installer sur des installations qui demandent une grande consommation d'énergie plutôt que chez les particuliers. Ce projet est aussi une autre forme d'enseignement qui est très enrichissante. Il m'a permis notamment de construire un vrai projet avec un groupe. Cette forme d'apprentissage par soi-même permet de mieux comprendre les choses et de s'y intéresser complètement. »

#### **Cécile :**

« Cet EC m'a permis de découvrir un domaine que je ne connaissais pas du tout : celui du solaire thermique. Comprendre le fonctionnement des différents types de panneau et des installations spécifiques (telles que le PSD) est très intéressant. De plus, l'étude d'un cas concret sur une installation d'Elbeuf permet de connaître les paramètres influents sur l'efficacité d'une installation. Je suis maintenant consciente des enjeux du solaire thermique, ce qui est important dans un monde où l'on cherche de plus en plus de nouvelles sources d'énergie. Le seul regret que je pourrais avoir est de ne pas avoir pu visiter l'installation d'Elbeuf. Sur le plan humain ce projet m'a fait travailler avec des personnes que je vois peu



en dehors du créneau du projet, ce qui apprend à s'adapter et à s'organiser en conséquence afin d'être le plus efficace possible. De plus il a mis en évidence les difficultés que l'on peut rencontrer lorsqu'on contacte des professionnels pour avoir des informations ou un rendez-vous. »

**Cloée :**

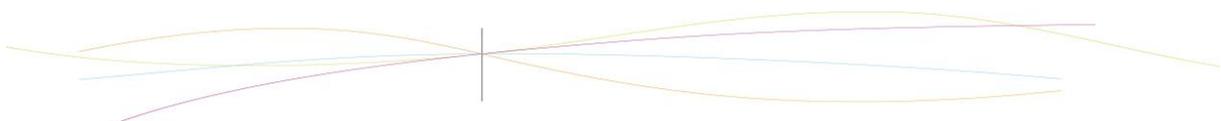
« Ce projet m'a été bénéfique pour plusieurs raisons. Tout d'abord, j'ai pu acquérir des connaissances sur les panneaux solaires thermiques. Celles-ci sont très utiles car l'énergie solaire est aujourd'hui au cœur de l'actualité, les panneaux solaires thermiques sont peut-être l'avenir du chauffage individuel et collectif. De plus ce projet m'a permis de travailler en équipe, je pense que nous avons bien réussi à gérer notre projet, en effet nous nous sommes répartis assez vite les tâches pour avancer de façon optimale. Enfin, cet exercice m'a permis de découvrir qu'il n'est pas toujours facile d'obtenir des informations. Nous avons envoyé plusieurs mails, passer de nombreux coups de téléphones à différentes entreprises pour obtenir des renseignements sur des installations existantes mais ces démarches sont restées sans réponse. Nous avons donc fini par nous déplacer, mais seul Habitat 76 a pu nous fournir des données pour réaliser notre étude de cas. »

**Charlotte :**

« Tout d'abord, ce projet portait sur une technologie en réel développement. Cela m'a permis de mieux la connaître et la comprendre. J'ai ainsi pu mieux cerner les enjeux économiques et surtout environnementaux d'un tel dispositif. De plus, nous étions 7 pour mener à bien ce projet. Nous avons rapidement trouvé une organisation efficace en exploitant les qualités de chacun. Il m'a donc permis de renforcer mon expérience en travail de groupe et donc d'apprendre à gérer les désaccords, les délais, la répartition du travail entre autres. Il faut noter que le chauffage solaire thermique collectif n'est pas sur le marché depuis longtemps. Les informations sur certaines données théoriques ont parfois été dures à trouver (Plus d'informations sur le photovoltaïque par exemple) et il a fallu faire le tri dans ce qu'on trouvait (beaucoup de sites publicitaires donc parfois mensongers). Pour finir, nous avons eu du mal à trouver une installation qui correspondait à notre étude mais surtout, un interlocuteur prêt à nous aider. Il a fallu faire preuve de persévérance. J'ai aussi participé à un entretien avec un professionnel d'Habitat 76, ce qui n'a pas toujours été facile étant donné que j'étais plutôt novice en matière de chauffage thermique. Le Bilan de ce projet est positif, que ce soit sur le plan de la théorie, de la « pratique » (étude de cas) de la gestion et de l'échange. »

**Julien :**

« Au cours de ce semestre passé à travailler sur notre projet de P6-3, j'ai pu apprendre de nombreux détails sur un système innovant. En effet je m'étais auparavant intéressé au chauffage solaire cependant mes recherches n'étaient pas aussi abouties que celles réalisées pour ce projet. De plus cet EC m'a permis de travailler avec un groupe de personnes que je ne fréquentais pas avant, nous avons rapidement trouvé une dynamique de groupe efficace qui nous a permis d'avancer de façon constructive. Le fait de travailler ensemble nous a permis d'arriver à nos fins malgré les revers auxquels nous avons été confrontés en faisant appel aux ressources de chacun. La recherche de l'étude de cas a été la partie la plus compliquée de notre projet, cependant en ne baissant pas les bras et en multipliant les contacts nous sommes arrivés à nos fins. J'ai trouvé très intéressant de travailler sur un cas concret pour réaliser l'étude de cas, cependant nous n'avons pu visiter l'installation en compagnie d'un professionnel, ceci restera mon seul regret sur ce projet. »



**Rémi :**

« Le projet de P6-3 m'a permis de mener de nombreuses recherches sur un sujet qui jusqu'alors demeurait flou pour moi. J'ai pu découvrir une nouvelle technologie et surtout une technologie d'avenir dans le contexte actuel. Surtout j'ai découvert que ces installations étaient plus courantes que je ne le pensais mais hélas elles sont encore trop peu nombreuses. C'est pourquoi ce projet m'a permis de découvrir une voie pour mon avenir vu que je m'orientais d'ores et déjà vers le département MRIE. Cela m'a aussi appris à me servir de nouveaux logiciels que je ne connaissais pas avant et qui se sont révélés essentiels dans le cadre de ce projet. Plus le savoir acquis sur les différents types de capteurs et d'installations de chauffage solaire collectif, je peux dire que ce projet s'est révélé extrêmement formateur et notamment au niveau du travail d'équipe avec une bonne répartition des tâches à effectuer et une ambiance agréable. Ce que je retiendrais le plus, c'est tout le travail effectué pour trouver une installation sur l'étude de cas car cela m'a permis de découvrir que la route est longue et parsemée d'obstacles quand on veut obtenir un rendez-vous. »

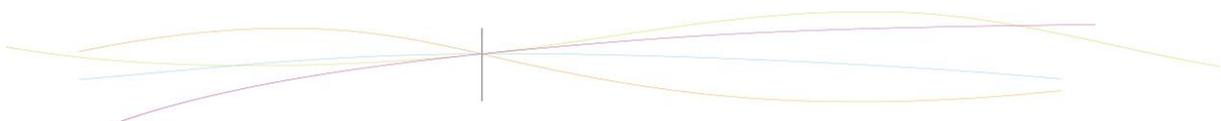
**Paul :**

« J'ai personnellement trouvé ce projet intéressant pour différentes raisons. Tout d'abord, le sujet même du projet m'a permis d'enrichir mes connaissances en matière d'énergétique, connaissances qui étaient particulièrement limitées dans le domaine des énergies alternatives comme peut l'être l'énergie solaire thermique. Bien que le projet n'ait pas été réalisé dans une optique pratique et n'a pas abouti avec une réalisation matérielle, la grande partie appliquée correspondant à l'étude de cas a été très intéressante, nous permettant d'avoir un support concret à la théorie. Il est également toujours intéressant de travailler en équipe. Nous avons ainsi pu en apprendre plus sur la gestion de projet, avec la mise en place d'un planning et une répartition des tâches séances par séance. Ce projet nous a également permis de développer notre autonomie et notre esprit d'initiative : pour trouver des informations nous sommes allés de nous-même à des salons sur le sujet, et nous avons démarchés des professionnels ainsi que des instances gouvernementales. »

### 5.3. Perspectives pour la poursuite de ce projet

Nous pensons qu'il serait enrichissant de poursuivre ce projet. En effet nous nous sommes uniquement intéressés au chauffage solaire thermique collectif. D'autres études de cas de chauffage collectif utilisant des énergies renouvelables ou non pourraient compléter ce dossier. Cela permettrait de faire ressortir les principaux avantages et inconvénients des installations solaires collectives.

Enfin, il serait également très intéressant dans un projet futur, d'étudier les apports d'une installation d'un chauffe eau solaire collectif dans une résidence de l'INSA de Rouen ou pour la cafétéria par exemple. Ce projet consisterait à trouver l'emplacement idéal des panneaux solaires, le dimensionnement de l'installation et d'étudier la rentabilité de l'installation.



## 6. BIBLIOGRAPHIE

Liens internet :

lien internet : <http://mon-energie-solaire.com/panneaux-solaires-analyse-de-leur-cycle-de-vie/> (valide à la date du XX/XX/XXXX)

lien internet : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/genie-energetique-ti200/energie-solaire-thermique-dans-le-batiment-chauffe-eau-solaires-be9164/> (valide à la date du 21/03/2011).

lien internet : [http://www.enerplan.asso.fr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=13&Itemid=34](http://www.enerplan.asso.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=34) (valide à la date du 07/03/2011).

lien internet : <http://www.clipsol.com/projets-equipement-solaire/eau-chaude-solaire-collective.php> (valide à la date du 07/03/2011).

lien internet : [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie\\_solaire\\_thermique](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_solaire_thermique) (valide à la date du 07/03/2011).

Lien internet : <http://www.energiepropre.net/solaire.htm#top7> (valide à la date du 07/03/2011)

lien internet : [http://www.energies-renouvelables.org/energie\\_solaire.asp](http://www.energies-renouvelables.org/energie_solaire.asp) (valide à la date du 14/03/2011).

lien internet : <http://www.leguידedu chauffage.com/technologie.html> (valide à la date du 14/03/2011).

lien internet : <http://www.protegeonslaterre.com/energie-solaire.html> (valide à la date du 14/03/2011).

lien internet : <http://www.cartes-topographiques.fr/Elbeuf.html> (valide à la date du 09/05/2011).

lien internet : <http://www.ddmagazine.com/20080227169/Guides-pratiques/Le-solaire-thermique-couts-et-fonctionnement.html> (valide à la date du 14/03/2011)

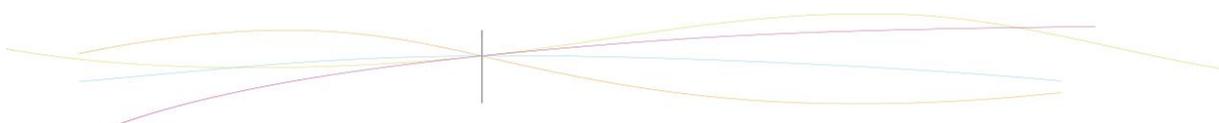
lien internet : [http://www.enerplan.asso.fr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=13&Itemid=34](http://www.enerplan.asso.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=34) (valide à la date du 14/03/2011)

lien internet : <http://tpe.energiesol.free.fr/avantages-inconvenients.html> (valide à la date du 28/03/2011)

lien internet : <http://www.lesolairepourtous.com/article-30477898.html> (valide à la date du 28/03/2011)

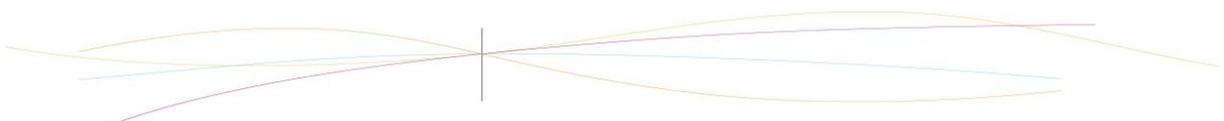
lien internet : <http://www.ecocopro.com/2011/02/20/les-normes-energetiques/> (valide à la date du 28/03/2011)

lien internet : <http://www.belenos.pro/fr/normalisation-systemes-solaires-normes-chauffe-eau-solaire.html> (valide à la date du 28/03/2011)



lien internet : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3&cid=96> (valide à la date du 28/03/2011)

lien internet : [http://www.viessmann.be/etc/medialib/internet-be/technische\\_dokumentatie/frans/brochures.Par.91697.File.File.tmp/ppr-solartechnik.pdf](http://www.viessmann.be/etc/medialib/internet-be/technische_dokumentatie/frans/brochures.Par.91697.File.File.tmp/ppr-solartechnik.pdf) (valide à la date du 16/05/2011)



## 7. ANNEXES

### 7.1. Carnet de Bord

#### Séance du 07/03/11 :

- Réalisation d'un brainstorming
- Répartition des tâches : Cécile et Rémi s'occupent de la partie théorique (fonctionnement, technologie), Charlotte et Cloée de l'installation des panneaux (orientation, inclinaison, rapport ensoleillement/rendement), Julien des logiciels, Alix et Paul des Aspects environnementaux, sociaux-économies, labels, normes et politique de développement.
- Prise de contact avec les personnes responsables d'un chantier à Malaunay pour réaliser l'étude de cas.

#### Séance du 14/03/11 :

- Poursuite de nos recherches individuellement sur les thèmes que nous nous étions réparti la semaine dernière.
- Coup de téléphone à la mairie de Rouen pour essayer de trouver des études de cas dans la région. Finalement, nous pensons que la meilleure solution sera de nous déplacer pour obtenir des informations plus précises.
- Coup de téléphone à 2 autres organismes qui n'ont pas répondu, nous les rappellerons ultérieurement.

#### *Pour la prochaine séance:*

- Poursuivre nos recherches
- Détail du plan de partie

#### Séance du 21/03/11 :

- Recherches par partie
- Compréhension de logiciels (mais difficile car pas encore d'étude de cas pour avoir des données précises)
- Coup de téléphone à la CREA
- Confrontation de nos idées

#### *Pour la prochaine séance :*

- Partie théorique à bien avancer
- Prise de RDV avec des professionnels
- Recherche d'étude de cas

#### Séance du 28/03/11 :

- Recherches + rédaction partie théorique du dossier
- Site potentiel pour l'étude de cas de trouvé. Nous allons l'appeler dans la semaine.
- Définir les questions à poser aux organismes publiques (Mairie, Ademe)



*Pour la prochaine séance :*

- Première prise de contact avec le centre hospitalier de Dieppe
- Nous souhaiterions aller à la mairie et à l'ADEME sur le créneau projet de la semaine prochaine.
- Continuer d'avancer dans nos recherches

Séance du 04/04/11 :

- Personnes présentes à l'insa : Cécile et Rémi. Fin des recherches sur les technologies. A faire pour la rentrée rédiger cette partie.
- Les autres membres du groupe sont à la mairie et à habitat76 :
- Julien et Paul se sont rendus à Habitat 76:
- Prise de contact avec Habitat76
- Prise de rendez-vous avec Monsieur Champvillard pour le jeudi 14 avril a 14h pour avoir des informations concernant certains de leur immeubles utilisant le chauffage thermique solaire.
- Charlotte, Cloée et Alix sont se sont rendues à la mairie puis à la direction de l'aménagement urbain: Redirection vers Habitat 76 ou l'ADEME.

*Pour la prochaine séance:*

- Rendez-vous avec Habitat 76
- Prise de contact avec l'ADEME

Séance du 02/05/11 :

- Mise au point sur les logiciels
- Prise de contact avec le responsable du projet d'Elbeuf
- Reconnaissance des documents fournis par Habitat76
- Recherche d'étude de cas si nos démarches n'aboutissent pas
- Utilisation du logiciel et liste des données manquantes

Séance du 09/05/11 :

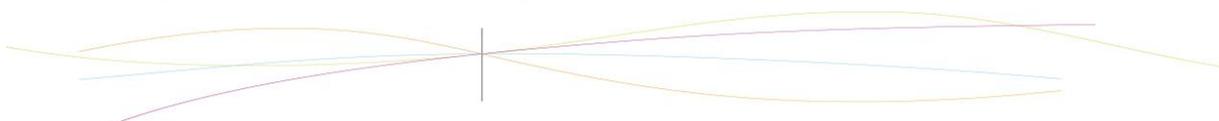
- Utilisation de 2 logiciels : Solo2000 et SimSol
- Calculs pour adapter les données aux logiciels
- Observation des résultats

Séance du 16/05/11 :

- Détermination des éléments manquants à notre dossier
- Répartition des dernières tâches en vue de la rédaction du dossier
- Commencer à réfléchir au Power Point
- Début de l'analyse des résultats

Séance du 23/05/11 :

- Analyse des résultats du 2ème logiciel



- Comparaison des deux logiciels
- Par groupe, finalisation des parties du rapport

*Pour la prochaine séance :*

- Rédaction de la synthèse personnelle
- Mise en commun du carnet de bord
- Début de réalisation du diaporama
- Mise en commun des annexes à inclure dans le rapport
- Récolte des différentes parties du dossier pour faire la mise en page

Séance du 30/05/11 :

- Préparation du diaporama
- Répartition des dernières tâches
- Répartition de la parole pour l'oral
- Rédaction du tableau de bord

*Pour la prochaine séance :*

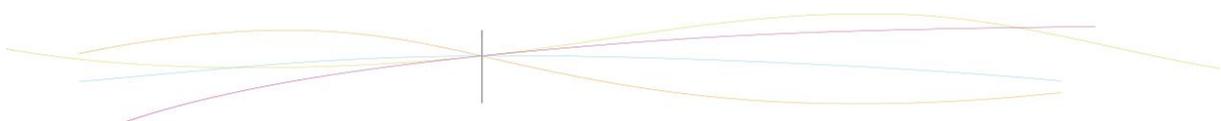
- Préparation de l'oral
- Mise en page du diaporama
- Mise en page du dossier

## 7.2. Données du logiciel SOLO2000

### 7.2.1. Altitude d'Elbeuf



Figure 23 : Altitude d'Elbeuf, source : <http://www.cartes-topographiques.fr/Elbeuf.html>

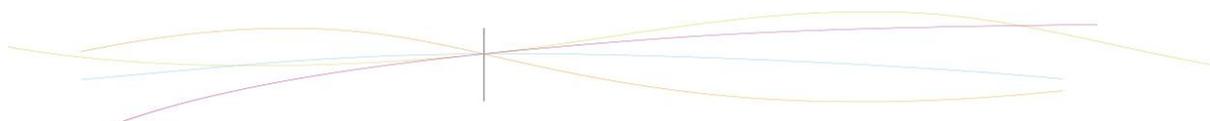


### 7.2.2. Relevé des consommations

Date événement	Consommation entre deux dates (m3)	Consommation (l/j)
24/08/2009	245	7424
22/07/2009	265	9464
24/06/2009	380	10556
19/05/2009	315	11667
22/04/2009	393	11559
19/03/2009	326	11643
19/02/2009	344	11862
21/01/2009	392	11879
19/12/2008	340	11333
19/11/2008	249	9222
23/10/2008	384	12387
22/09/2008	350	10606
20/08/2008	289	

### 7.2.3. Calcul des besoins mensuel à partir de la consommation d'ECS

Mois	Consommation (l/j)	T° eau froide	nombre de jour dans le mois	besoins par mois
Janvier	11879	6,8	31	20590
Février	11862	7,1	28	18455
Mars	11643	8,6	31	19427
Avril	11559	9,9	30	18142
Mai	11667	11,6	31	18208
Juin	10556	13	30	15429
Juillet	9464	14	31	13953
Aout	7424	13,9	31	10972
Septembre	10606	12,8	30	15576
Octobre	12387	10,7	31	19733
Novembre	9222	8,5	30	14923
Décembre	11333	7,3	31	19439





#### 7.4. Charte Qualisol

- 1- L'installateur conseil possède les compétences professionnelles indispensables, acquises en formation initiale ou continue, et par une pratique confirmée. Il des assurances professionnelles couvrant les prestations qu'il assure.
- 2- Il conseille des matériels solaires pré-sélectionnés par l'ADEME, conformes aux listes qu'elle établit, et il assure le relais des informations, brochures et documents de l'ADEME,
- 3- En amont, l'installateur assure un rôle de conseil, l'aide dans le choix de la solution la plus adaptée à vos besoins, compte tenu du l'ensoleillement solaire régional ou des contraintes de votre logement, de la taille du foyer, etc.
- 4- Après l'analyse de votre logement, il soumet un devis descriptif écrit, détaillé et complet, de l'installation solaire préconisée, avec le délai de réalisation, des termes de paiement, et des conditions de garantie (minimum : 2 années, et garantie décennale si le matériel est incorporé au bâti),
- 5- Il vous informe sur les démarches nécessaires, relatives en particulier aux déclarations préalables de travaux, aux conditions d'octroi des primes de l'ADEME et autres organismes, et aux incitations fiscales en vigueur. Certains les font pour vous.
- 6- Une fois votre accord donné (devis signé), il met en place l'installation recommandée dans le respect des règles professionnelles, normes et textes réglementaires applicables, selon les prescriptions de l'Avis Technique du matériel prévu, et les spécifications particulières des fournisseurs,
- 7- Il règle et met en service, puis procède à la réception des travaux en votre présence. Il vous remet les notices et les documents concernant les conditions de garantie et d'entretien/maintenance du CESI,
- 8- Il vous remet une facture détaillée et complète de sa prestation, conformément au devis, et vous fournit une attestation signée dont qui servira à faire valoir ses droits aux primes et aides fiscales,
- 9- En cas d'anomalie ou d'incident de fonctionnement de l'installation signalé par le client, il s'engage à intervenir sur le site rapidement, et à procéder aux vérifications et remise en état nécessaires, dans le cadre de la garantie biennale.
- 10- Sur simple notification de l'ADEME, il se soumet à toute opération de contrôle que l'ADEME ou son mandataire souhaiterait effectuer, aux fins d'examiner les conditions de mise en œuvre et de réalisation des prestations.

