

ESTIMER LES BESOINS JOURNALIERS EN EAU CHAUDE SANITAIRE «ECS»

Pour estimer les besoins journaliers d'une famille nous prendrons la valeur suivante:

BESOINS JOURNALIERS = 30 litres par personnes et par jour

Exemple A:

Pour une famille de 2 adultes et 2 enfants (4 personnes)

Besoins journaliers = $30 \times 4 = 120$ litres / jour seront nécessaires pour cette famille de 4 personnes.

CHOISIR LA TAILLE DU BALLON D'E.C.S

VOLUME DU BALLON ECS = Besoins journaliers (litre) x 1,5

SI LE TEMPS DE CHAUFFE DE L'APPOINT < 2h ALORS --> TAILLE INFÉRIEURE

SI LE TEMPS DE CHAUFFE DE L'APPOINT > 2h ALORS --> TAILLE SUPÉRIEURE

Exemple B:

Besoins journaliers de 120 litres / jour x 1,5 = 180 litres / jour, avec un appoint ayant un temps de chauffe de plus de 2 h. Nous choisirons alors un ballon d'ECS ayant un volume de 200 litres.

CALCUL DE L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE POUR RÉCHAUFFER L'EAU CHAUDE SANITAIRE «ECS»

$$\Phi_{ECS} = \text{Volume d'ECS} \times C_p \times (T^{\circ}ECS - T^{\circ}EF)$$

C_p : Capacité massique de l'eau «Etat liquide» = 4185 J / Kg.K soit 1,1625 Wh / Kg.°C (rappel 1KWh = 3600kJ)

$T^{\circ}ECS$: Température de l'eau chaude sanitaire souhaitée dans le ballon (60°C / 65°C / 70°C)

$T^{\circ}EF$: Température de l'eau froide. Valeur de référence prise 10°C

Delta T = $\Delta t = (T^{\circ}ECS - T^{\circ}EF)$

Φ_{ECS} : Energie nécessaire pour chauffer l'eau chaude sanitaire en Wh

Exemple C:

Volume d'ECS à chauffer 200 litres. $T^{\circ}EF = 10^{\circ}C$. $T^{\circ}ECS = 65^{\circ}C$. Calculer l'énergie nécessaire ?

$\Phi_{ECS} = 200 \times 1,1625 \times (65 - 10) = 12787$ Wh soit 12,8 kWh

LES FACTEURS DE CORRECTION f_i et f_o

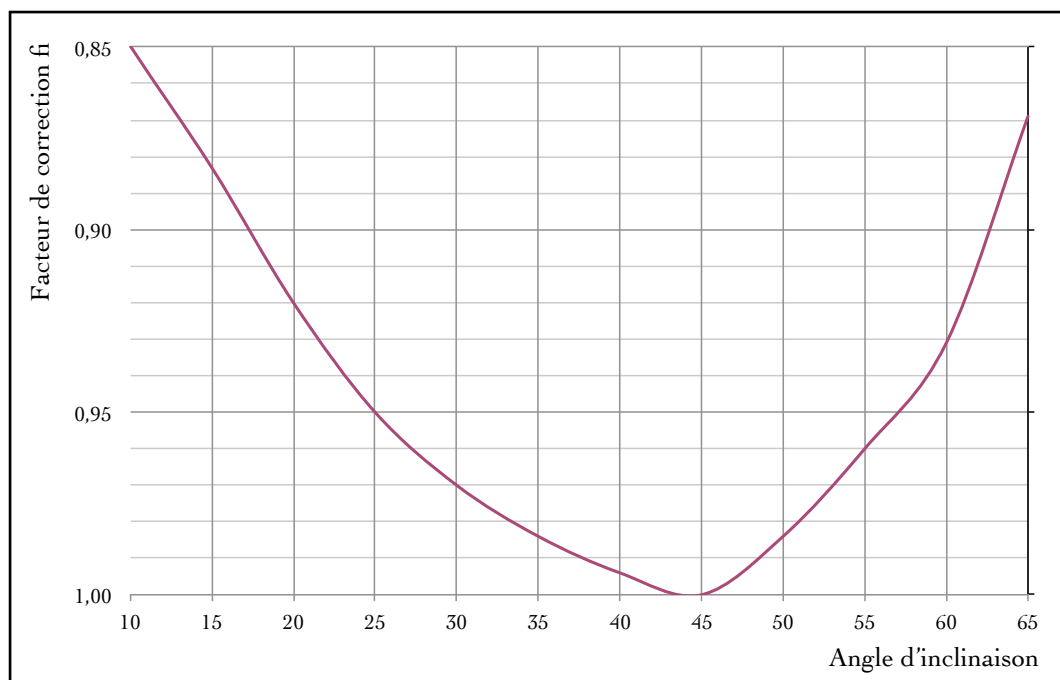
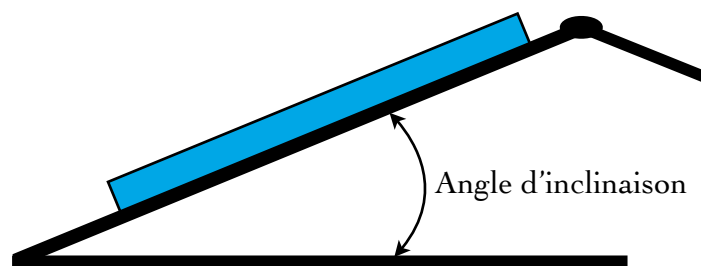
Un capteur solaire n'est pas toujours positionné sur une toiture de façon optimisée, c'est à dire plein SUD et orienté selon la latitude du lieu (ex: Toulouse 43°). Donc il est nécessaire de prendre en compte l'implantation réelle sur la toiture et d'appliquer des facteurs de correction afin de dimensionner l'installation solaire. Deux facteurs de correction existent:

- 1- le facteur de correction d'inclinaison f_i (en fonction de l'angle d'implantation sur la toiture)
- 2- le facteur de correction d'orientation f_o (en fonction de l'azimut par rapport au SUD)

Les deux facteurs de correction f_i et f_o , seront ensuite intégrés dans la formule qui permet de déterminer l'énergie solaire reçue par le capteur.

LE FACTEUR DE CORRECTION f_i

Facteur d'Inclinaison



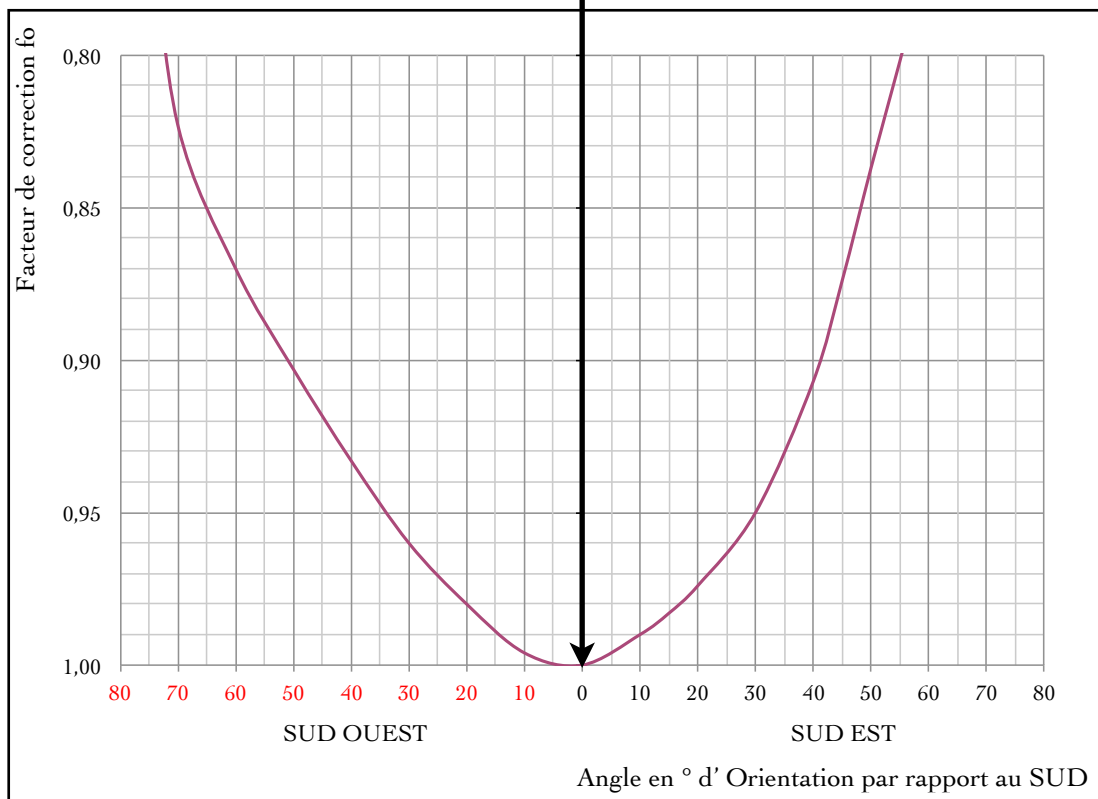
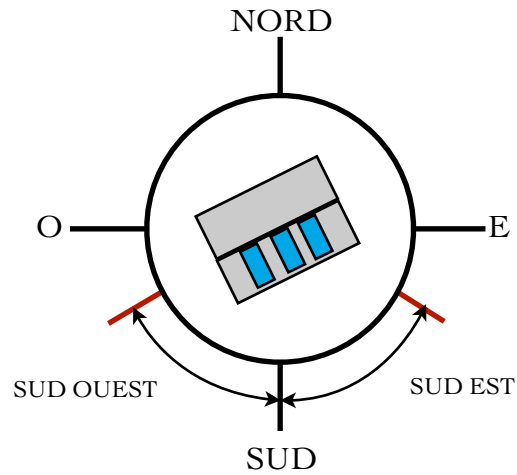
Exemple D:

Un capteur solaire est implanté sur une toiture avec un angle d'inclinaison de 50°.

Le facteur de correction f_i sera alors de $\approx 0,98$

LE FACTEUR DE CORRECTION f_o

Facteur d'Orientation



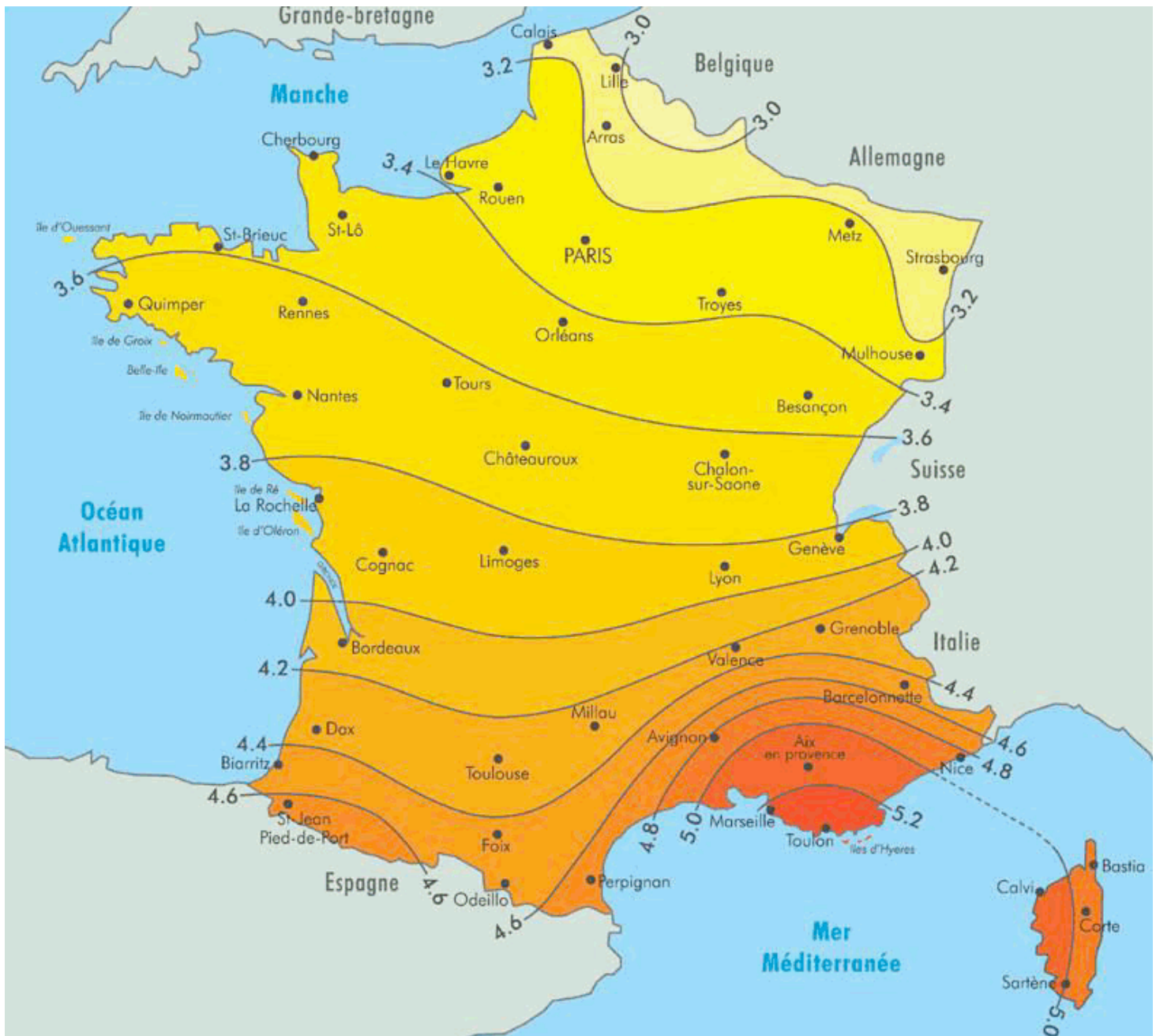
Exemple E:

Un capteur solaire est implanté sur une toiture avec une orientation de 30° Sud Ouest.

Le facteur de correction f_o sera alors de $\approx 0,96$

DÉTERMINATION DE L'INSOLATION MOYENNE JOURNALIÈRE EN kWh / m² / jour

La carte ci-dessous nous indique l'insolation moyenne journalière des villes de France en kWh / m² / jour.



Exemple F:

Pour la ville de Toulouse l'insolation moyenne journalière est de 4,3 kWh / m² / jour.

Pour la ville de Paris l'insolation moyenne journalière est de 3,3 kWh / m² / jour.

Pour la ville de Bordeaux l'insolation moyenne journalière est de 4,1 kWh / m² / jour.

CALCUL DE L'ÉNERGIE SOLAIRE RECUE PAR UN CAPTEUR

Pour calculer l'énergie solaire reçue par le capteur en fonction de son implantation réelle sur une toiture, nous utiliserons la formule suivante:

$$\Phi_{\text{Capteur}} = \text{insolation moyenne journalière} \times f_i \times f_o$$

Φ_{Capteur} = Energie solaire reçue par le capteur en kWh / m² / jour.

insolation moyenne journalière en kWh / m² / jour, en fonction de la ville

f_i facteur d'Inclinaison (voir courbe f_i)

f_o facteur d'Orientation (voir courbe f_o)

Exemple G:

Un capteur solaire est implanté sur une toiture Toulousaine. Nous prendrons un f_i de 0,98 et un f_o de 0,96. Calculer Φ_{Capteur} .

Insolation moyenne de la ville de Toulouse 4,3 kWh / m² / jour (voir carte de France)

$$\Phi_{\text{Capteur}} = 4,3 \times 0,98 \times 0,96$$

$$\Phi_{\text{Capteur}} = 4,04 \text{ kWh / m}^2 \text{ / jour}$$

CALCUL DE L'ÉNERGIE SOLAIRE TRANSMISE A L'ABSORBEUR

L'énergie captée par le capteur solaire est en partie transmise à l'absorbeur. Il y a des pertes en cours de route qui seront interprétées sous une forme de rendement de capteur solaire.

Par exemple: un capteur solaire a un rendement de 60%. Cela signifie que seul 60% de l'énergie solaire captée par le capteur sera transmise à l'absorbeur, donc 40% de perte.

$$\Phi_{\text{absorbeur}} = \Phi_{\text{capteur}} \times \text{rendement du capteur}$$

$\Phi_{\text{Absorbeur}}$ = Energie reçue par l'absorbeur en kWh / m² / jour

Φ_{Capteur} en kWh / m² / jour

rendement du capteur en 1/100 (60% = 0,6). Le rendement des capteurs est fonction des modèles.

Exemple H:

Un capteur solaire a un rendement de 60%. Nous prendrons $\Phi_{\text{Capteur}} = 4,04 \text{ kWh / m}^2 \text{ / jour}$

Calculer $\Phi_{\text{Absorbeur}}$.

$$\Phi_{\text{Absorbeur}} = 4,04 \times 0,6 = 2,42 \text{ kWh / m}^2 \text{ / jour}$$

CALCUL DE L'ÉNERGIE ÉCHANGÉE DANS LE BALLON SOLAIRE

Après avoir capté l'énergie solaire pour la transmettre à l'absorbeur, celle-ci est alors transmise au ballon ECS via l'installation. Des pertes d'énergie dues à l'installation seront également à prendre en compte. Les pertes de distribution seront exprimées sous la forme d'un rendement en % appelé: **Rendement Distribution**. (ex : 95%).

Pour calculer l'énergie transmise au final dans le ballon nous utiliserons la formule suivante:

$$\Phi_{\text{ballon}} = \Phi_{\text{absorbeur}} \times \text{rendement distribution}$$

Φ_{Ballon} = Energie échangée dans le ballon en kWh / m² / jour.

$\Phi_{\text{Absorbeur}}$ = Energie reçue par l'absorbeur en kWh / m² / jour

rendement de distribution en 1/100 (95% = 0,95). Le rendement est fonction de l'installation.

Exemple I:

L'énergie transmise à l'absorbeur est de $\Phi_{\text{absorbeur}} = 2,42$ kWh / m² / jour

Calculer Φ_{ballon} , avec un rendement de distribution de 95%.

$$\Phi_{\text{ballon}} = 2,42 \times 0,95 = 2,29 \text{ kWh / m}^2 \text{ / jour}$$

CALCUL DE LA SURFACE DE CAPTEURS SOLAIRES NECESSAIRE

Maintenant que nous avons calculé l'énergie nécessaire pour chauffer l'ECS et l'énergie pouvant être transmise au ballon, il est maintenant possible de calculer la surface nécessaire des capteurs de l'installation.

$$S_{\text{capteur}} = \Phi_{\text{ECS}} / \Phi_{\text{ballon}}$$

S Capteur en m²

Φ_{ECS} : Energie nécessaire pour chauffer l'eau chaude sanitaire en Wh

Φ_{Ballon} = Energie échangée dans le ballon en kWh / m² / jour.

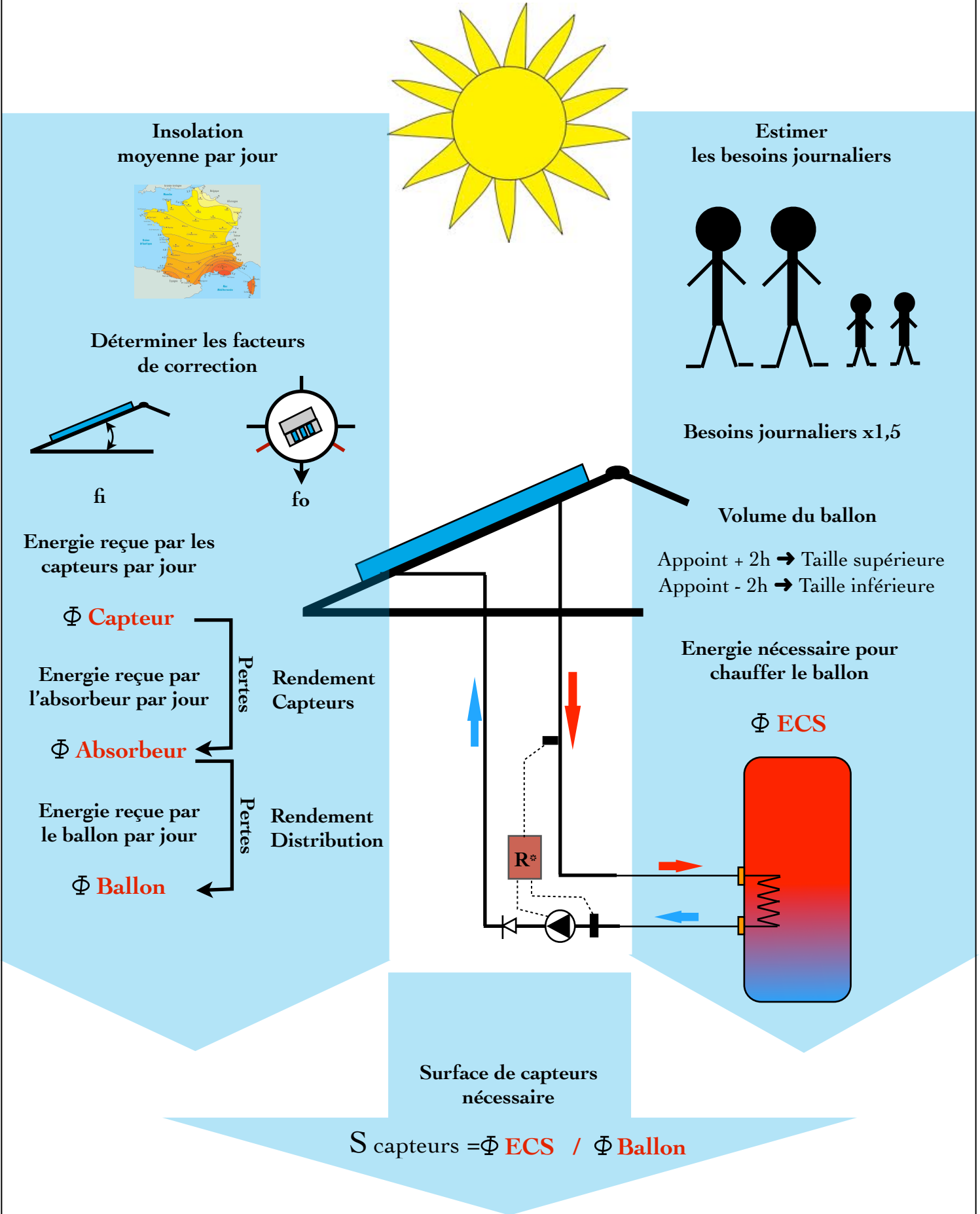
Exemple J:

Calculer la surface de capteurs nécessaires avec $\Phi_{\text{ECS}} = 12,8$ kWh et $\Phi_{\text{ballon}} = 2,29$ kWh / m² / jour

$$S_{\text{Capteur}} = 12,8 / 2,29 = 5,59 \text{ m}^2$$

Bien sur le nombre de capteurs sera entier.

DEMARCHE GLOBALE DE DIMENSIONNEMENT



EXERCICE

Dimensionner l'installation C.E.S.I (appoint électrique) d'une famille de 5 personnes (2 adultes et 3 enfants) installée depuis trois ans sur Bordeaux. La température de l'eau froide est de 10°C et la température de l'ECS est de 65°C .

Les capteurs solaires seront intégrés à la toiture de la maison orientée 35° Sud Est, avec une inclinaison de 50° . Le rendement capteurs sera de 65% et le rendement de la distribution de 95%.

Les ballons CESI disponibles sur le marché sont de 150 litres / 200 litres / 250 litres / 300 litres / 400 litres

Question n°A :

Déterminer les besoins journaliers en ECS (en kWh) des occupants et en déduire la taille du ballon.

Les ballons CESI disponibles sur le marché sont de: 150 litres / 200 litres / 250 litres / 300 litres / 400 litres

Question n°B :

Déterminer l'énergie nécessaire Φ_{ECS} , pour réchauffer l'ECS, sachant que la chaleur massique de l'eau est de 4185 [J / Kg.K] soit $1,1625 \text{ [Wh / Kg.C}^{\circ}\text{]}$.

Question n°C :

Déterminer l'énergie reçue par le capteur solaire (Φ_{Capteur})

Question n°D :

Déterminer l'énergie transmise à l'absorbeur ($\Phi_{\text{Absorbeur}}$)

Question n°E :

Déterminer l'énergie transmise au ballon (Φ_{Ballon})

Question n°F :

Déterminer la surface totale de capteurs solaires nécessaire.

Question n°G :

Sachant que la surface d'un capteur solaire est de $2,26 \text{ m}^2$, déterminer le nombre de capteurs nécessaires sur la toiture de la maison.

CORRECTION

Dimensionner l'installation C.E.S.I (appoint électrique) d'une famille de 5 personnes (2 adultes et 3 enfants) installée depuis trois ans sur Bordeaux. La température de l'eau froide est de 10°C et la température de l'ECS est de 65°C.

Les capteurs solaires seront intégrés à la toiture de la maison orientée 35° Sud Est, avec une inclinaison de 50°. Le rendement capteurs sera de 65% et le rendement de la distribution de 95%.

Les ballons CESI disponibles sur le marché sont de 150 litres / 200 litres / 250 litres / 300 litres / 400 litres

Question n°A :

Déterminer les besoins journaliers en ECS (en kWh) des occupants et en déduire la taille du ballon.

Les ballons CESI disponibles sur le marché sont de: 150 litres / 200 litres / 250 litres / 300 litres / 400 litres

Besoins journaliers = $30 \times 5 = 150$ litres / jour seront nécessaires pour cette famille de 5 personnes.

Volume du ballon = $150 \times 1,5 = 225$ litres

Appoint électrique alors Supérieur à 2h, donc nous prendrons un ballon de **250 litres**.

Question n°B :

Déterminer l'énergie nécessaire Φ ECS, pour réchauffer l'ECS, sachant que la chaleur massique de l'eau est de 4185 [J / Kg.K] soit 1,1625 [Wh / Kg.C°].

$$\Phi \text{ ECS} = \text{Volume d'ECS} \times C_p \times (T^{\circ}\text{ECS} - T^{\circ}\text{EF})$$

$$\Phi \text{ ECS} = 250 \times 1,1625 \times (65 - 10) = 15\,984,37 \text{ Wh soit } \mathbf{15,9 \text{ kWh}}$$

Question n°C :

Déterminer l'énergie reçue par le capteur solaire (Φ_{Capteur})

$$\Phi_{\text{Capteur}} = \text{insolation moyenne journalière} \times f_i \times f_o$$

$$\text{Bordeaux } 4,1 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{jour}$$

$$f_i = 0,98 \text{ (50°)}$$

$$f_o = 0,93 \text{ (35° Sud Est)}$$

$$\Phi_{\text{Capteur}} = 4,1 \times 0,98 \times 0,93 = \mathbf{3,73 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{jour}}$$

Question n°D :

Déterminer l'énergie transmise à l'absorbeur ($\Phi_{\text{Absorbeur}}$)

$$\Phi_{\text{Absorbeur}} = \Phi_{\text{Capteur}} \times \text{rendement capteur}$$

$$\Phi_{\text{Absorbeur}} = 3,73 \times 0,65 = \mathbf{2,42 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{jour}}$$

Question n°E :

Déterminer l'énergie transmise au ballon (Φ_{Ballon})

$$\Phi_{\text{ballon}} = \Phi_{\text{Absorbeur}} \times \text{rendement distribution}$$

$$\Phi_{\text{ballon}} = 2,42 \times 0,95 = \mathbf{2,29 \text{ kWh / m}^2 / \text{jour}}$$

Question n°F :

Déterminer la surface totale de capteurs solaires nécessaire.

$$\Phi_{\text{ECS}} = \mathbf{15,9 \text{ kWh}}$$

$$\Phi_{\text{ballon}} = \mathbf{2,29 \text{ kWh / m}^2 / \text{jour}}$$

$$S_{\text{Capteur}} = 15,9 / 2,29 = \mathbf{6,94 \text{ m}^2}$$

Question n°G :

Sachant que la surface d'un capteur solaire est de $2,26 \text{ m}^2$, déterminer le nombre de capteurs nécessaires sur la toiture de la maison.

$$S_{\text{Capteur}} = \mathbf{6,94 \text{ m}^2}$$

$$\text{Nombre de capteurs nécessaire : } 6,94 / 2,26 = 3,07 \text{ donc } \mathbf{3 \text{ Capteurs}}$$