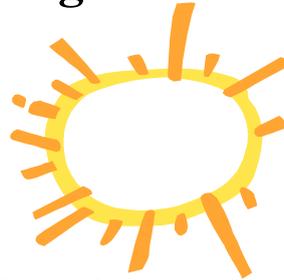


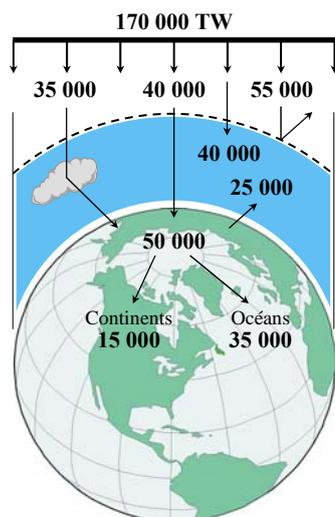
## L'énergie solaire



- Dans le **passé**, la seule disponible
- A **présent**, profite d'énormes progrès technologiques
- Dans **l'avenir**, la seule utilisable



## Le rayonnement solaire



- **Rayonnement solaire :**
  - ◆ 170'000 TW aux confins de l'atmosphère
  - ◆ 50'000 TW à la surface du globe
  - ◆ 15'000 TW à la surface des continents
- **Surface du globe :  $5 \times 10^{14} \text{ m}^2$**
- **Ensoleillement à la surface du globe :**
  - ◆ Moyenne : 1'200 kWh/m<sup>2</sup>.an 130 W/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Sahara : 2'000 kWh/m<sup>2</sup>.an 230 W/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Suisse : 1'400 kWh/m<sup>2</sup>.an 160 W/m<sup>2</sup>.an



# Ensoleillement en Suisse



Insolation annuelle moyenne  
en Suisse, pendant la période 1931-1970

1500-1600 heures    1700-1800 heures    1900-2000 heures    2100-2200 heures  
1600-1700 heures    1800-1900 heures    2000-2100 heures    2200-2300 heures



Station	Janvier*	Juillet*	Somme annuelle*
Schaffhausen	31	220	1410
Neuchâtel	37	226	1549
Luzern	41	196	1380
Payerne	43	248	1609
Genève-Cointrin	50	255	1694
Sion	70	270	1990
La Chaux-de-Fonds	90	212	1715
Jungfrauoch	109	210	1862
Säntis	115	169	1792
Weisshofjoch	121	195	1926
Locarno-Monti	128	251	2125

\* Sommes moyennes de 1931 à 1990

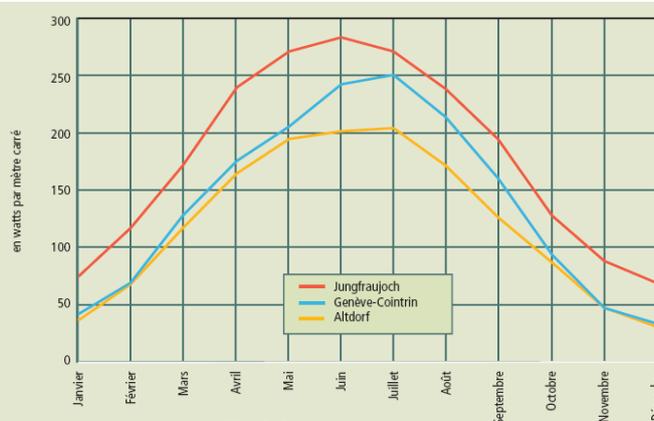
Carte reproduite par autorisation de l'Office fédéral de la topographie du 9.7.1997.  
Source: Institut suisse de météorologie 1991, carte 51



# Ensoleillement en Suisse



Evolution annuelle du rayonnement global  
mesuré dans trois stations  
en Suisse

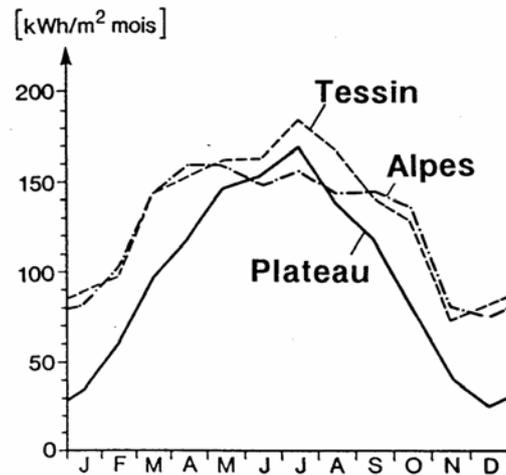


Source: Institut suisse de météorologie 1996b, p. 151-153.

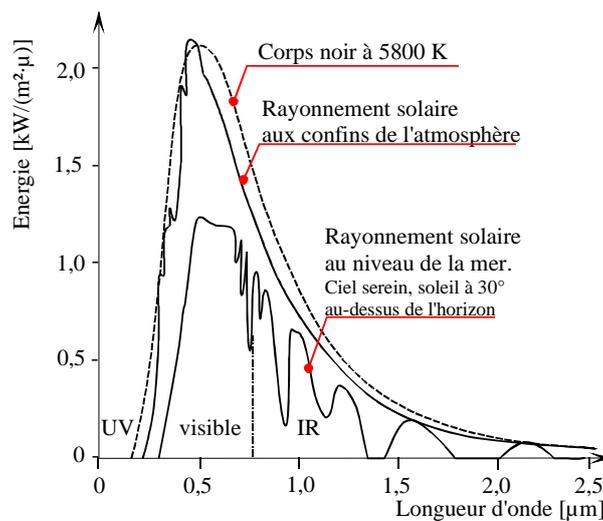




## Disponibilité de l'énergie solaire



## Disponibilité de l'énergie solaire

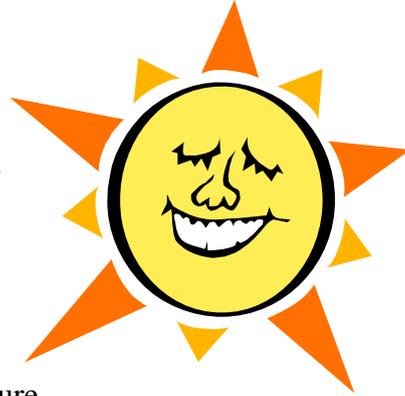


## Capteurs solaires



### ● Suivant le fluide caloporteur

- ◆ capteur à eau ou liquide caloporteur
- ◆ capteur à air
- ◆ capteur à ébullition ou caloducs

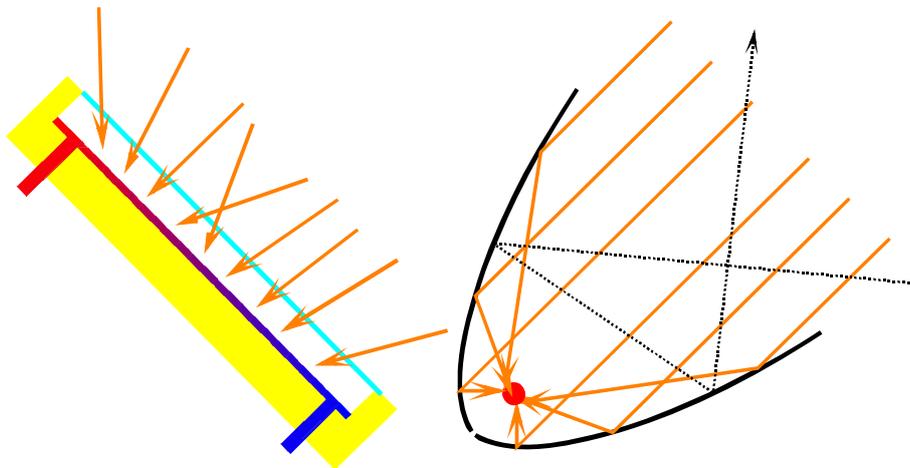


### ● Suivant la géométrie

- ◆ capteurs plans avec ou sans couverture
- ◆ capteurs à concentration paraboliques ou cylindro-paraboliques
- ◆ capteurs à concentration anidoliques



## Capteurs solaires





## Capteurs à concentration



## Capteurs à concentration





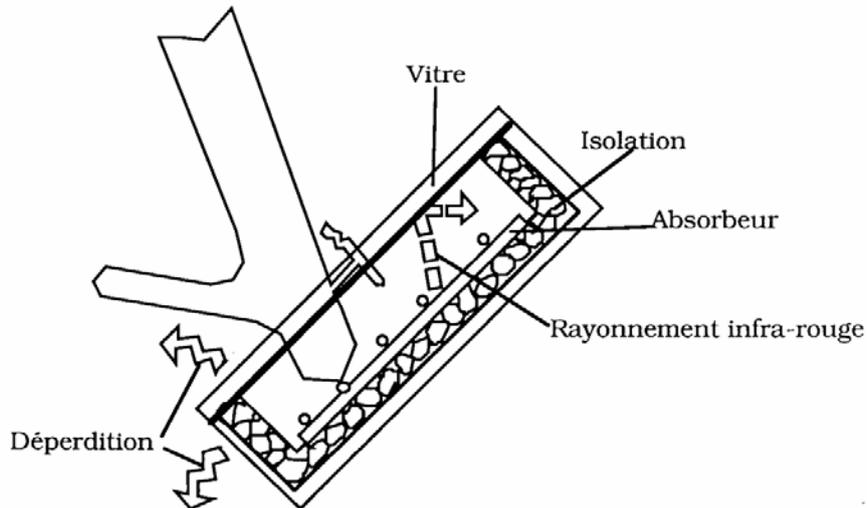
## Capteurs à concentration



## Capteurs plans



## Capteur solaire plan



## Capteurs solaires - performances

$$\Phi_u = \Phi_s - \Phi_r - \Phi_p - \Phi_b$$

$$\Phi_s - \Phi_r = A \cdot \Phi_s$$

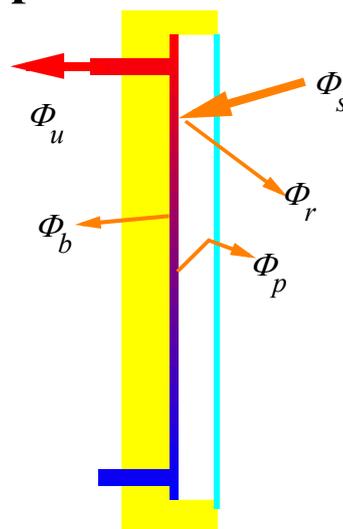
$$\Phi_p + \Phi_b = KS \cdot (T_c - T_e)$$

$$q = A q_s - K (T_c - T_e)$$

$$\eta = \frac{q}{q_s} = A - K \frac{T_c - T_e}{q_s} = A - Kx$$

A.....rendement optique ..... [-]

K.....facteur de déperditions ..... [W/m<sup>2</sup>.K]





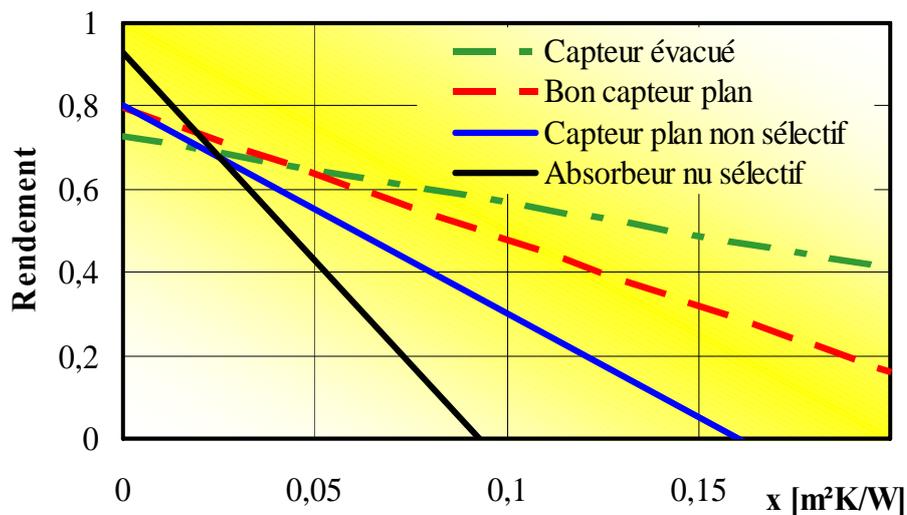
## Déperditions de chaleur

Les pertes thermiques  $\Phi_p + \Phi_b$  sont inévitables, mais on peut en diminuer l'importance en prenant une ou plusieurs des mesures suivantes :

- faire fonctionner le capteur à la température la plus basse possible ;
- diminuer la surface de l'absorbeur par rapport à la surface de captage (capteurs à concentration) ;
- isoler avec un matériau convenable la face arrière et les côtés de l'absorbeur ;
- diminuer les pertes au travers de la couverture en doublant celle-ci ou en utilisant un revêtement sélectif sur l'absorbeur et/ou la couverture ;
- faire le vide d'air autour de l'absorbeur (capteurs à vide).



## Capteurs solaires - rendement

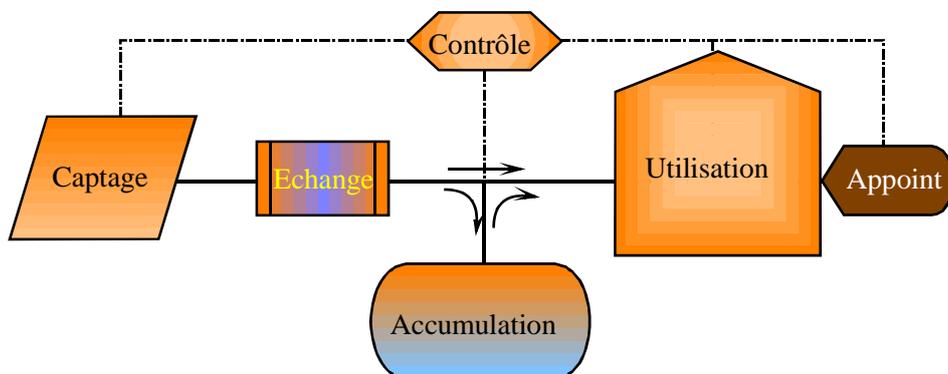


## Critères de choix des capteurs

- Niveau de température
- Intégration au site
- Caractéristiques pour l'emploi prévu
  - ◆ rendement
  - ◆ pression de service
  - ◆ pertes de charge
  - ◆ capacité thermique
- Qualité et compatibilité des matériaux
- Durée de vie
- Prix



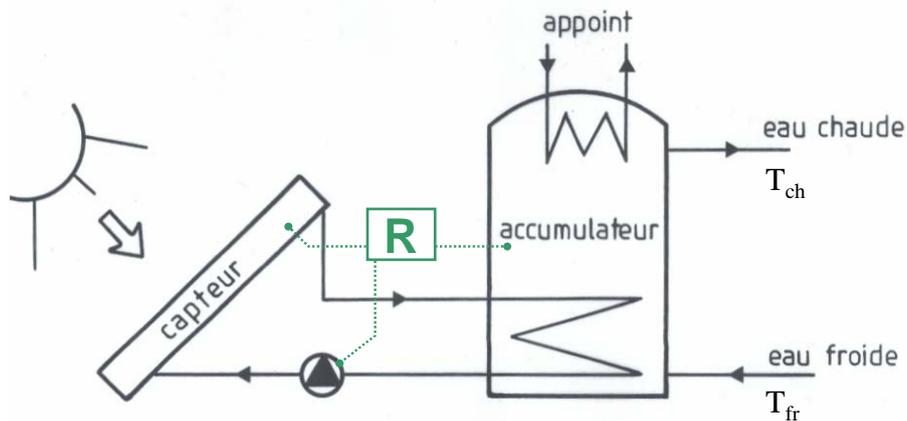
## Installations héliothermiques





## Installation héliothermique

$$\Phi_u = \dot{m}C_p \cdot (T_{ch} - T_{fr})$$



## Applications

- **Chauffage de piscine**
  - ◆ L'offre coïncide avec la demande
  - ◆ Le bassin joue aussi le rôle d'accumulateur de chaleur
  - ◆ Rendements excellents avec des capteurs tout à fait ordinaires
  
- **Chauffage des locaux**

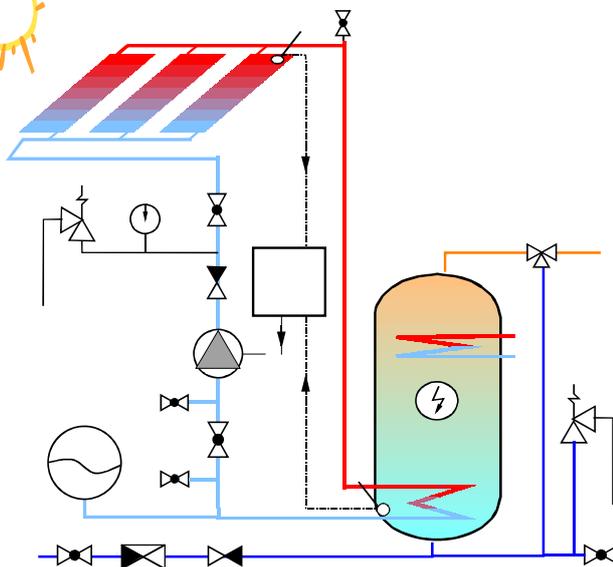
L'ensoleillement étant beaucoup plus faible en hiver qu'en été, le chauffage de locaux ne se justifie économiquement que si les capteurs sont utilisés en été d'une manière ou d'une autre :

  - ◆ Stockage saisonnier :
    - stocks de grandes dimensions
    - volume de stockage égal au volume à chauffer
  - ◆ Couplage avec un chauffage de piscine

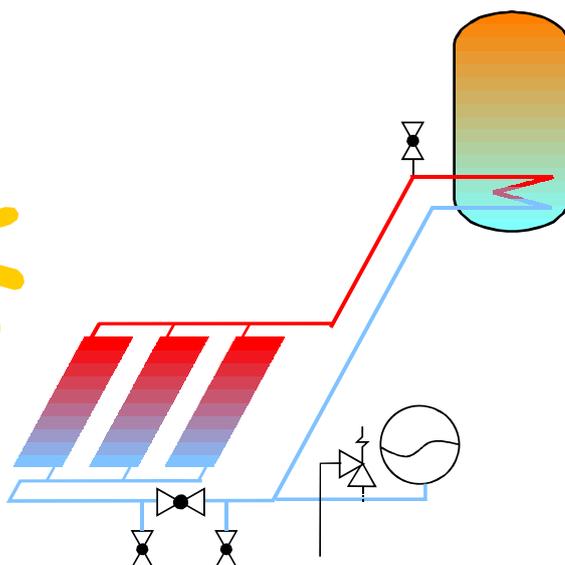




# Chauffe-eau solaire



# Chauffe-eau à thermosiphon



## Caractéristiques de capteurs

Fabricant/ modèle	Prix 1996 sans montage [FrS/m <sup>2</sup> ]* prix d'usine	Coefficient d'absor- tion A [-]	Facteur de perte k [W/m <sup>2</sup> -K]*	Surf. absorb. Surf. brute [-]	Energie annuelle captée [kWh/m <sup>2</sup> -an] * (rendement moyen)		
					T <sub>c</sub> = 30	T <sub>c</sub> = 50	T <sub>c</sub> = 100
					[°C]	[°C]	[°C]
Energie solaire SA/AS (absorbeur sans couverture)	185.-	0.91	12	0.94	600 (48.2 %)	284 (22.8 %)	-
Agna SA/Azur 3 (couverture simple)	540.-	0.86	4	0.88	780 (62.6 %)	593 (47.5 %)	261 (21 %)
Rüsch Solartechn. AG/3 (couverture double)	516.-	0.73	3.76	0.8	628 (50 %)	452 (36.2 %)	143 (11.5 %)
Schweizer Solartechn. (sous vide)	1'080.-	0.81	2	0.61	-	738 (59 %)	463 (37.1 %)

\* Valeur rapportée à la surface de l'absorbeur



## Caractéristiques de capteurs

Type d'installation	Surface de capteurs	Taille de l'accumulateur
Eau chaude seule	2-4 [m <sup>2</sup> /100 l]	30-40 [l/m <sup>2</sup> capteurs]
Eau chaude seule (cons. > 1'000 l/jour)	1-2 [m <sup>2</sup> /100 l]	30 [l/m <sup>2</sup> capteurs]
Eau chaude & chauffage	2-2.5 [m <sup>2</sup> /kW <sub>th</sub> ]	80-100 [l/m <sup>2</sup> capteurs]

