

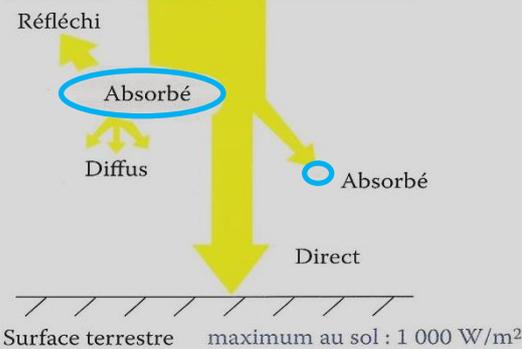
# Chapitre 1 - Exploitation de l'énergie solaire dans l'habitat

## I. Utilisation de l'énergie solaire dans l'habitat.

### Activité 1 : Le potentiel énergétique du Soleil sur Terre.

Le Soleil produit une quantité très importante d'énergie. Cette énergie provient de réactions nucléaires en son sein.

rayonnement extra-atmosphérique :  $1\,350\text{ W/m}^2$   
 Limite atmosphère  $\approx 2\,500\text{ km}$



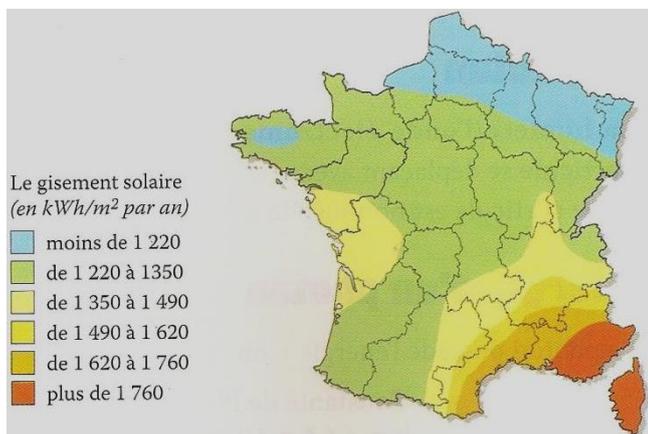
Cette énergie est ensuite rayonnée sous forme d'onde électromagnétique dans tout l'espace et arrive sur Terre. La puissance reçue à l'extérieur de l'atmosphère sur une surface de  $1\text{ m}^2$  est d'environ  $1\,350\text{ W}$ . On dit que l'**irradiance** est de  $1\,350\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

En tenant compte de l'alternance jour/nuit, de la latitude, de l'altitude et des conditions climatiques, on estime que la fraction de rayonnement disponible au niveau du sol varie entre  $0$  et  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . En moyenne sur une année, l'irradiance varie de  $85$  à  $290\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (cf. carte ci-après) soit une énergie comprise entre  $750$  et  $2\,550\text{ kWh}$  par  $\text{m}^2$ .

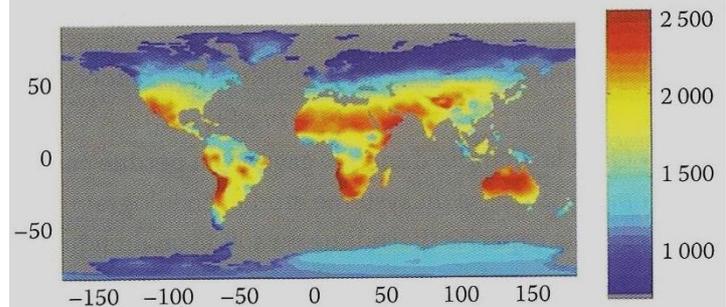
L'un des enjeux énergétiques majeurs pour l'homme de XXIème siècle est de pouvoir utiliser cette ressource quasi inépuisable. En effet, l'énergie solaire est la seule énergie renouvelable suffisamment importante qui de manière théorique permettrait de couvrir tous les besoins énergétiques de la planète.

#### Le gisement solaire en France

L'énergie solaire incidente sur le plan horizontal est en moyenne de  $1\,300\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ .



#### Énergie solaire moyenne en kWh par m² et par an



#### Questions :

- Rappeler la relation entre énergie, puissance et durée.
- Montrer qu'une puissance de  $85\text{ W}$  disponible pendant un an correspond à une énergie d'environ  $750\text{ kWh}$ .
- Déterminer l'énergie solaire disponible par an en France, sachant que notre pays a une surface de  $550\,000\text{ km}^2$  et une énergie solaire moyenne disponible de  $1\,300\text{ kWh}$  par  $\text{m}^2$  et par an.

Comparer cette valeur à celle de la consommation d'énergie française en 2010 de l'ordre de  $170$  millions de tep.

Donnée :

$1\text{ tep}$  (tonne équivalent pétrole) = énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole =  $11\,630\text{ kWh}$

1. La relation entre la puissance  $P$  et l'énergie  $E$  est :  $E = P \times t$

avec  $E$  en joule (J) ou kilowattheure (kWh),  $P$  en watt (W) et  $t$  en seconde (s) ou en heure (h).

2. Calculons l'énergie correspondant à une puissance de 85 W durant un an :

On convertit 1 an en heure :  $t = 1 \text{ an} = 1 \times 24 \times 365 = 8760 \text{ h}$

Soit l'énergie  $E = 85 \times 8760 = 744,6 \text{ kWh}$  soit à peu près 750 kWh.

3. La France occupe une surface de  $S = 550\,000 \text{ km}^2 = 5,5 \times 10^5 \text{ km}^2$

Convertissons  $S$  en  $\text{m}^2$  : soit  $S = 550\,000 \times 10^6 = 5,5 \times 10^{11} \text{ m}^2$

Or pour un  $\text{m}^2$ , l'énergie solaire disponible est 1300 kWh en moyenne en 1 an.

Pour la surface de la France l'énergie solaire disponible sera de :

$E = 1300 \times 5,5 \times 10^{11} \text{ kWh} = 7,15 \times 10^{14} \text{ kWh}$

Est-ce que cette énergie (qui est très grande) permet de couvrir tous les besoins d'énergie en 2010 ?

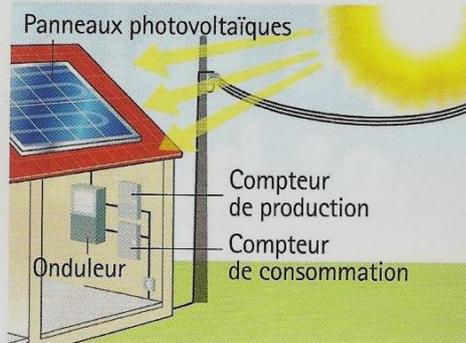
Consommation 2010 =  $170 \times 10^6 \text{ tep} = 170 \times 10^6 \times 11630 = 1,98 \times 10^{12} \text{ kWh}$ .

Nous nous rendons compte que l'énergie solaire comblerait largement le besoin énergétique en France en 2010.

## 2. Activité du livre (Doc 1 page 10).

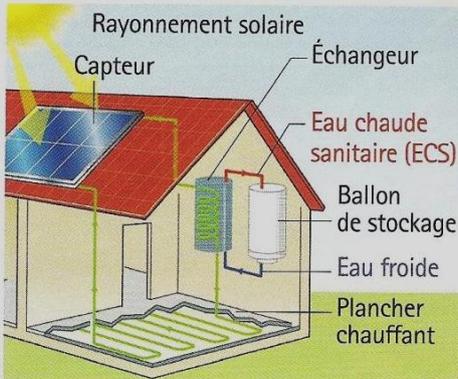
## Les utilisations de l'énergie solaire

### ● Solaire photovoltaïque



La lumière du soleil est captée par des panneaux solaires photovoltaïques. Le silicium composant les cellules photovoltaïques produit un courant électrique continu. Cette énergie électrique est transmise à un onduleur, qui convertit la tension continue en tension alternative 230 V-50 Hz pour être directement utilisée dans l'habitat ou réinjectée sur le réseau EDF.

### ● Solaire thermique



Des capteurs solaires thermiques permettent de convertir le rayonnement solaire en chaleur. Un fluide caloporteur est chauffé par ces capteurs thermiques, et un échangeur transmet la chaleur produite à l'eau chaude sanitaire (ECS). On peut également utiliser le solaire thermique pour chauffer une maison.

On utilise un plancher chauffant basse température qui sert à la fois de stockage et d'émetteur de chaleur, sans échangeur intermédiaire.

### ● Dômes de lumière



Les fenêtres de toit classiques ne permettent de collecter qu'une faible partie de la lumière solaire. On utilise un dôme qui permet :

- de collecter la lumière ;
- de concentrer la lumière ;
- de dévier la lumière à l'aide de prismes afin de réorienter la lumière naturelle émise à angles faibles.

Ce système optique créé un éclairage uniforme tout au long de la journée et permet de gagner une heure d'éclairage le matin et le soir.

### Exploiter

1. Indiquer les types d'énergie à l'entrée et à la sortie d'un panneau photovoltaïque.
2. Quelle est la fonction réalisée par l'onduleur associé aux panneaux photovoltaïques ?
3. Quel est le dispositif qui permet la production d'ECS ?
4. Une habitation utilise une puissance de 800 W pour s'éclairer. Estimer l'énergie en kWh économisée sur une année grâce à l'utilisation de dômes de lumière.



**Quels sont les différents modes d'exploitation de l'énergie solaire dans l'habitat ?**

1. A l'entrée d'un panneau photovoltaïque on a de l'énergie solaire sous forme de rayonnement et en sortie d'un panneau solaire on obtient de l'énergie électrique.
2. L'onduleur associé aux panneaux photovoltaïques permet de convertir la tension continue en tension alternative (230 V ; 50Hz) pour pouvoir être utilisée dans l'habitat ou le réseau EDF.
3. On peut produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) grâce à des capteurs solaires qui chauffent un fluide caloporteur qui transmet sa chaleur à de l'eau dans un ballon de stockage.
4. Un dôme de lumière permet de gagner deux heures d'éclairage par jour.

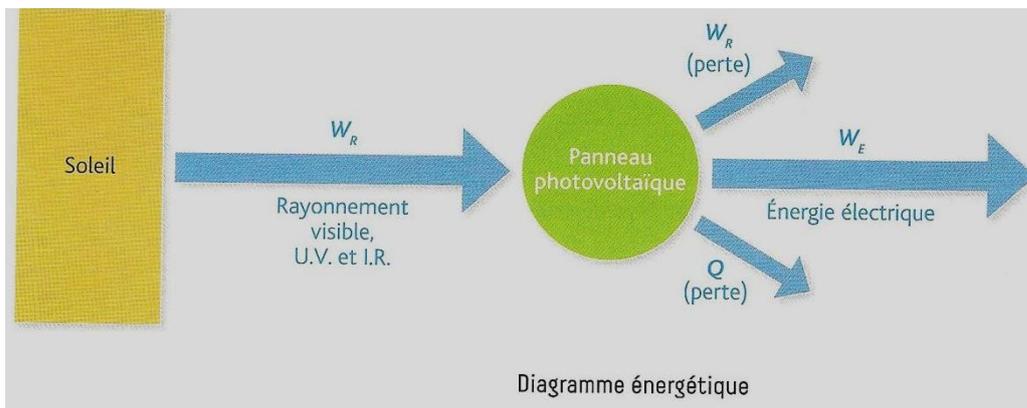
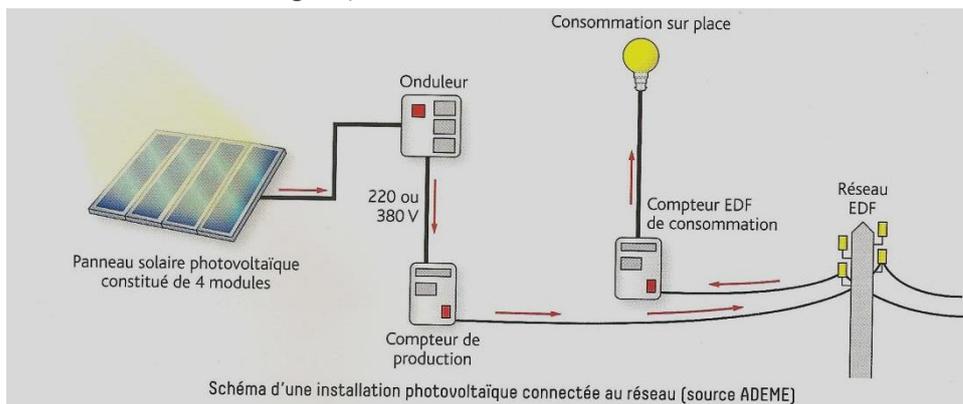
Sachant que  $E = P \times t$

on économisera  $E = 800 \times 2 = 1600 \text{ Wh}$  par jour soit  $E = 1600 \times 365 = 584 \text{ kWh}$  par an.

## II. Les transferts et conversions d'énergie

### 1. Dans une cellule photovoltaïque

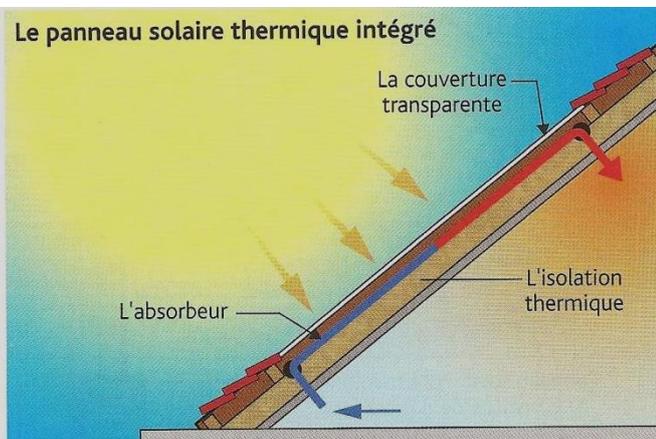
Schématisation des transferts énergétiques :

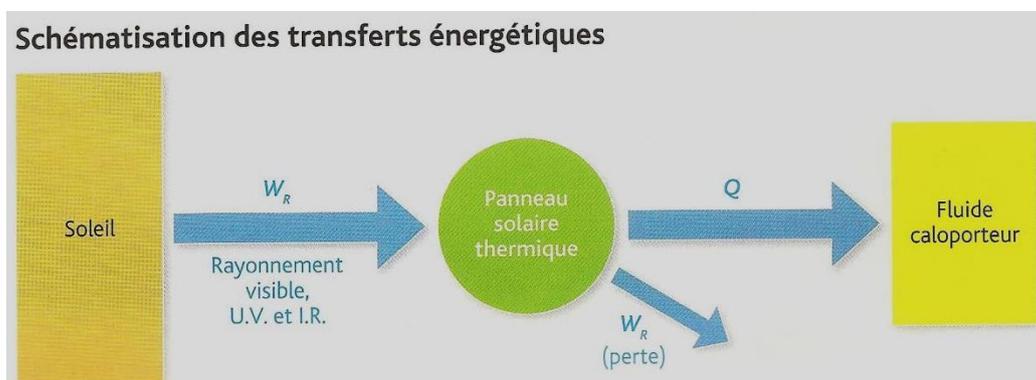


### 2. Dans un panneau solaire thermique.

Dans un panneau solaire thermique, un fluide caloporteur (eau-glycol en général) soumis au rayonnement solaire s'échauffe. Ce fluide circule dans un absorbeur, peint en noir, placé sous un vitrage.

La performance du capteur dépend de son orientation mais aussi de la qualité du revêtement de l'absorbeur, du vitrage et de son isolation thermique.

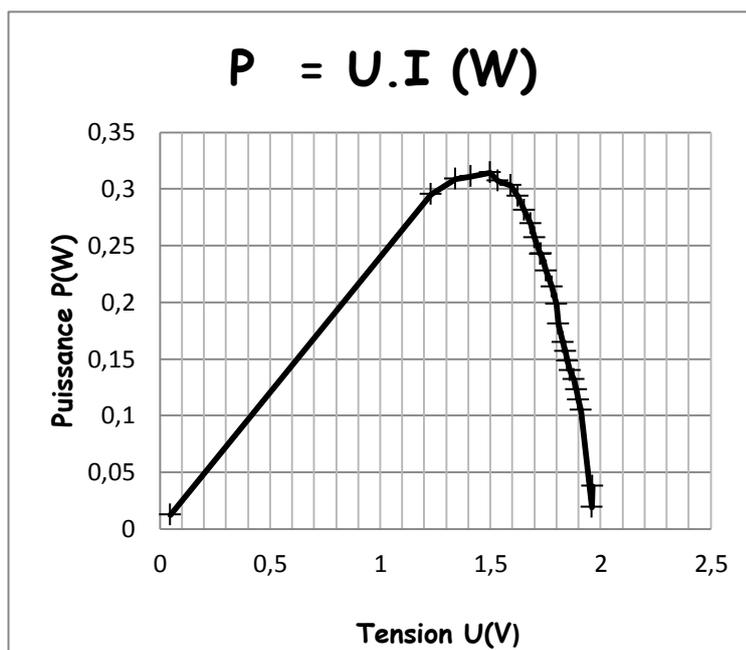
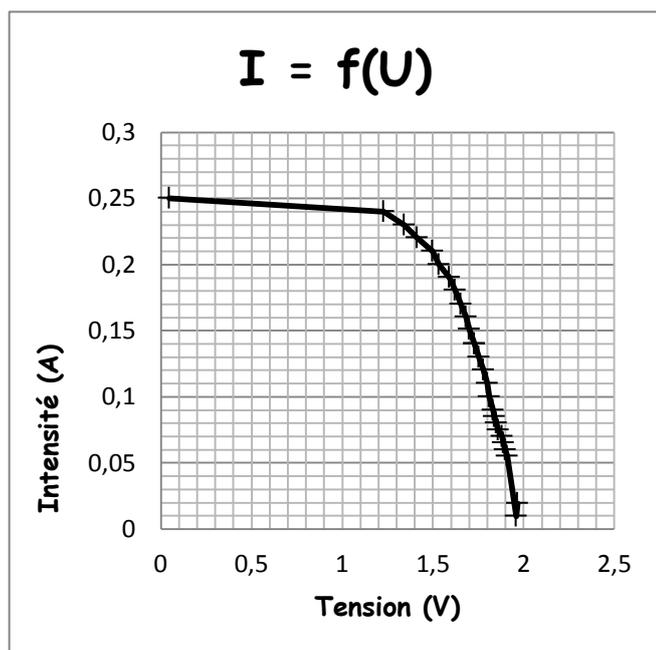




### III. Caractéristique d'une cellule photovoltaïque

(voir AE1)

Vous avez tracé la caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque.



La puissance fournie est maximale (puissance crête) pour une intensité donnée.

La puissance maximale fournie par la cellule photovoltaïque est  $P_{max} = 0,32$  W

On connaît l'efficacité lumineuse d'une lampe à incandescence de  $40 \text{ W} = 10 \text{ lm/W}$

On calcule la surface de la cellule photovoltaïque  $S = 10 \text{ cm} \times 7,5 \text{ cm} = 75 \text{ cm}^2 = 7,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ .

On connaît l'éclairement  $E = 5000 \text{ lx} = 5000 \text{ lm/m}^2$ ; on peut en déduire le flux lumineux reçu par la cellule :  
soit  $5000 \text{ lm/m}^2 \times 7,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 37,5 \text{ lm}$ .

En connaissant l'efficacité lumineuse de la lampe on en déduit la puissance lumineuse absorbée par la cellule :

Soit  $P_a = 37,5 \text{ (lm)} / 10 \text{ (lm/W)} = 3,75 \text{ W}$

On peut calculer le rendement de la cellule :

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_a}$$

$\eta$  est le rendement de la cellule  $0 < \eta < 1$

$P_{\max}$  est la puissance électrique crête (maximale délivrée par la cellule en watt (W))

$P_a$  est la puissance lumineuse reçue par la cellule en watts (W)

D'où  $\eta = 8,5 \%$

#### IV. L'effet photoélectrique

Un métal (ou un autre matériau) peut émettre des électrons (un courant électrique) lorsqu'il est bombardé de photons d'énergie suffisamment élevée.

Edmond Becquerel découvre l'effet photoélectrique en 1839.

Albert Einstein réussit à l'expliquer en 1912.

On peut calculer l'énergie des photons en utilisant la formule :

Les particules de lumière sont appelées **photons**. Le photon est toujours en mouvement, se déplace à la vitesse de la lumière, n'a ni masse, ni charge électrique et transporte une certaine quantité d'énergie  $E$ , telle que :

$$E = h \times \nu$$

Avec :  $E \rightarrow$  en joule (J)

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \rightarrow$  constante de PLANCK

$\nu \rightarrow$  en hertz (Hz)

On peut aussi écrire  $E = h \times \frac{c}{\lambda}$

$\lambda \rightarrow$  en mètre (m)

$c \rightarrow$  vitesse de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \rightarrow$  constante de PLANCK

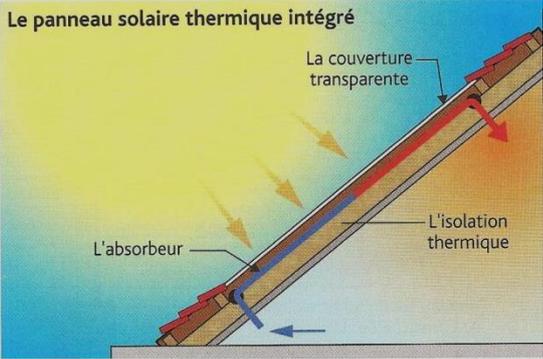
Remarque : Le joule étant une énergie très (trop) grande pour exprimer l'énergie d'un photon on utilise très souvent l'électron-volt (eV) tel que  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

Pour le silicium souvent utilisé dans les cellule photovoltaïque, l'énergie que doit recevoir les atomes doit être d'au moins 1,12 eV

Exercices 2-3-4-5-6-7-8-9 + ex résolu page 19 + 14-20-22-23 pages 21-22

Dans un panneau solaire thermique, un fluide caloporteur (eau-glycol en général) soumis au rayonnement solaire s'échauffe. Ce fluide circule dans un absorbeur, peint en noir, placé sous un vitrage.

La performance du capteur dépend de son orientation mais aussi de la qualité du revêtement de l'absorbeur, du vitrage et de son isolation thermique.



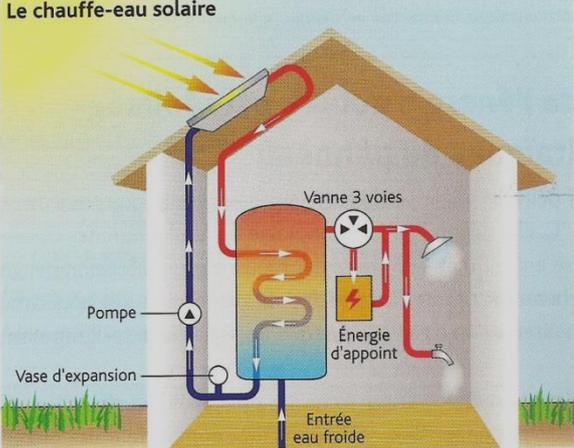
**Le panneau solaire thermique intégré**

La couverture transparente

L'absorbeur

L'isolation thermique

**Le chauffe-eau solaire**



Pompe

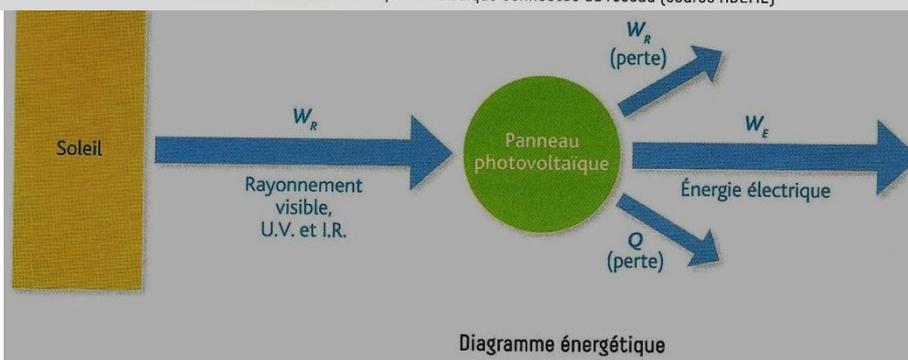
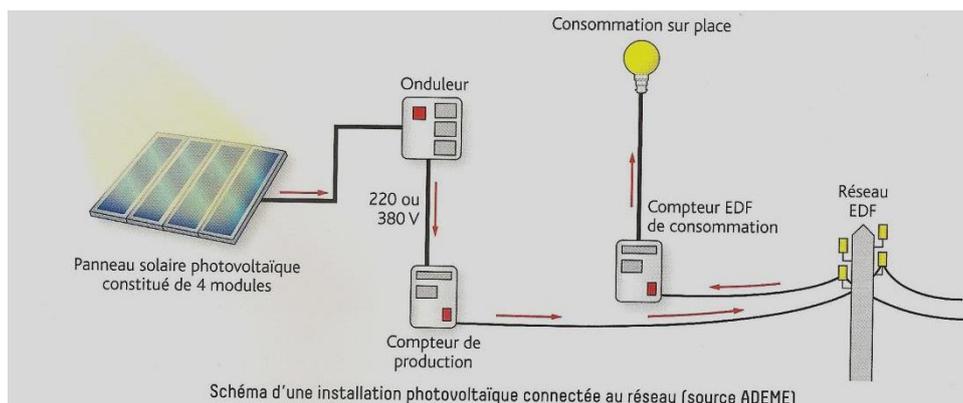
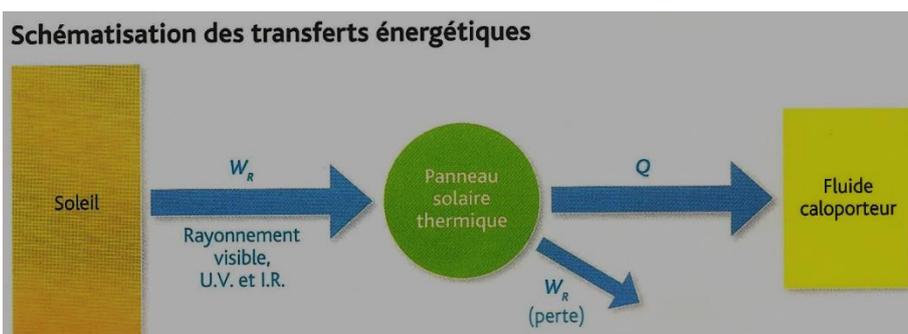
Vase d'expansion

Entrée eau froide

Vanne 3 voies

Énergie d'appoint

Selon l'usage souhaité (chauffage ou eau chaude) et la complexité de l'installation, ce fluide restitue directement, ou via un échangeur, la chaleur emmagasinée. Un tel capteur fournit une énergie de quelques kWh au cours d'une journée ensoleillée.



Activité 1 : Le potentiel énergétique du Soleil sur Terre.

Le Soleil produit une quantité très importante d'énergie. Cette énergie provient de réactions nucléaires en son sein.

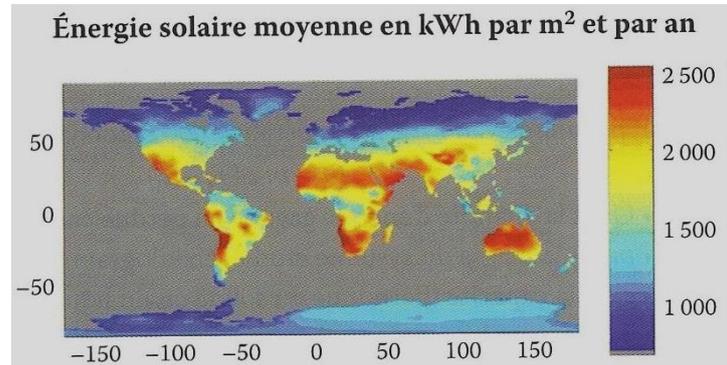
rayonnement extra-atmosphérique :  $1\,350\text{ W/m}^2$   
 Limite atmosphère  $\approx 2\,500\text{ km}$

Réfléchi  
 Absorbé  
 Diffus  
 Absorbé  
 Direct  
 Surface terrestre maximum au sol :  $1\,000\text{ W/m}^2$

Cette énergie est ensuite rayonnée sous forme d'onde électromagnétique dans tout l'espace et arrive sur Terre. La puissance reçue à l'extérieur de l'atmosphère sur une surface de  $1\text{ m}^2$  est d'environ  $1\,350\text{ W}$ . On dit que l'**irradiance** est de  $1\,350\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

En tenant compte de l'alternance jour/nuit, de la latitude, de l'altitude et des conditions climatiques, on estime que la fraction de rayonnement disponible au niveau du sol varie entre 0 et  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . En moyenne sur une année, l'irradiance varie de  $85$  à  $290\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (cf. carte ci-après) soit une énergie comprise entre  $750$  et  $2\,550\text{ kWh}$  par  $\text{m}^2$ .

L'un des enjeux énergétiques majeurs pour l'homme de XXI<sup>ème</sup> siècle est de pouvoir utiliser cette ressource quasi inépuisable. En effet, l'énergie solaire est la seule énergie renouvelable suffisamment importante qui de manière théorique permettrait de couvrir tous les besoins énergétiques de la planète.



Questions :

- Rappeler la relation entre énergie, puissance et durée.
- Montrer qu'une puissance de  $85\text{ W}$  disponible pendant un an correspond à une énergie d'environ  $750\text{ kWh}$ .
- Déterminer l'énergie solaire disponible par an en France, sachant que notre pays a une surface de  $550\,000\text{ km}^2$  et une énergie solaire moyenne disponible de  $1\,300\text{ kWh}$  par  $\text{m}^2$  et par an.

Comparer cette valeur à celle de la consommation d'énergie française en 2010 de l'ordre de 170 millions de tep.

Donnée :

1 tep (tonne équivalent pétrole) = énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole =  $11\,630\text{ kWh}$

**Le gisement solaire en France**  
 L'énergie solaire incidente sur le plan horizontal est en moyenne de  $1\,300\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ .

