

# Environnement et énergie renouvelables

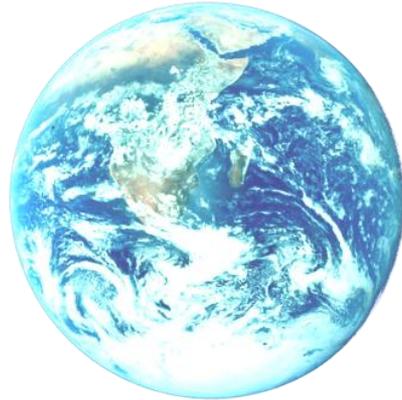


# L'énergie solaire dans le monde



# Protocole de Kyoto

## Principes



- Le **protocole de Kyōto** est un traité international proposant un calendrier de réduction des émissions de gaz à effet de serre, qui sont considérés comme la cause principale du réchauffement climatique des cinquante dernières années. Il a été négocié à Kyōto, au Japon. Ouvert aux signatures le 16 mars 1998 et arrêté le 15 mars 1999.
- Ce protocole fait suite au sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992. Il peut être ouvert aux 189 pays participant à la convention sur le climat de l'ONU, mais il ne comporte d'engagement que pour 38 pays industrialisés, avec une réduction globale de 5,2 % des émissions de dioxyde de carbone d'ici 2012 par rapport aux émissions de 1990

# Protocole de Kyoto

## Pays signataires

- Les pays signataires dits «de l'annexe» (les pays développés ou en transition vers une économie de marché comme la Russie) ont accepté globalement de réduire de -5,5% leurs émissions de gaz à effet de serre sur la période 2008-2012 par rapport au niveau atteint en 1990.
- Parmi ces pays, les États-Unis ont accepté une réduction de 7%, le Japon de 6% et l'Union européenne de 8%. A la suite de cet engagement, l'Union européenne a estimé nécessaire de procéder à une répartition de la charge de cet objectif entre les quinze États membres. A l'horizon 2008-2012, la France devra donc stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre à leur niveau de 1990.

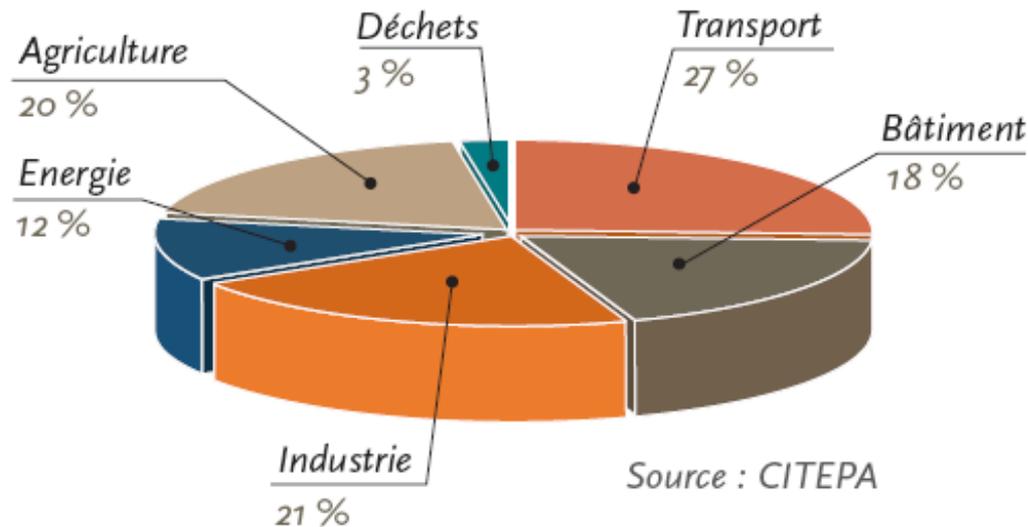
# Engagements de réduction de différents pays

- Union européenne - 8 %
  - Allemagne - 21 %
  - Royaume-Uni - 12,5 %
  - Italie - 6,5 %
  - Pays-Bas - 6 %
  - France + 0 %
  - Espagne + 15 %
- États-Unis - 7 %
  - Japon - 6 %
  - Canada - 6 %
  - Russie + 0 %
  - Ukraine + 0 %
  - Australie + 8 %

# France

- responsable de 3,4% des émissions des pays de l'annexe I, soit environ 3,1% des émissions mondiales; ce qui représente 6,3 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant.

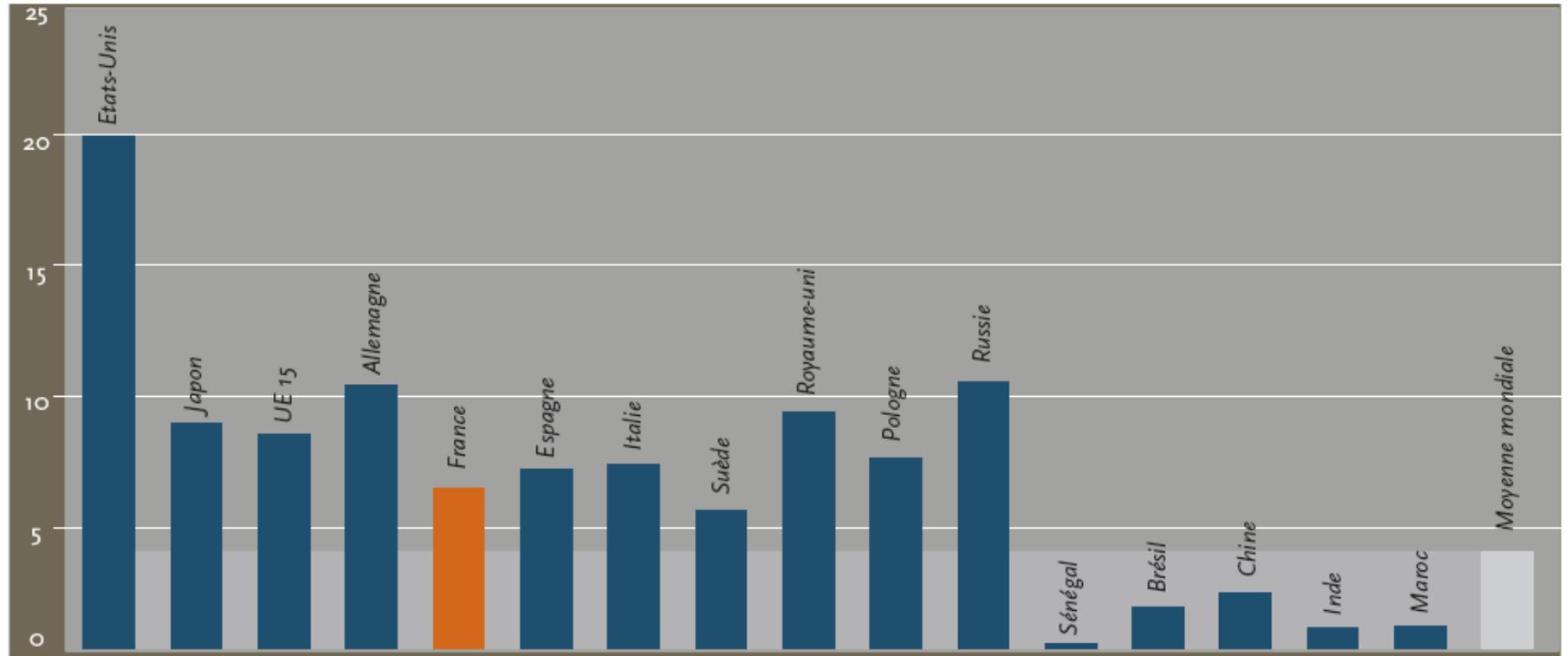
## RÉPARTITION DES ÉMISSIONS FRANÇAISES EN 2002



# Emission CO2

ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> PAR HABITANT POUR UNE SÉLECTION DE PAYS

t CO<sub>2</sub> / Habitant



L'ENERGIE SOLAIRE EST L'ORIGINE ■  
DE TOUTES ENERGIES SE TROUVE  
SUR TERRE SAUF:  
LA GEOTHERMIE – MAREMOTRICE ■  
ET NUCLEAIRE

**Soleil**

**Systeme actif**

**Systeme passif**



**Thermique**

**Electrique**

**Photovoltaïque**



**Haute température**

**Basse température**

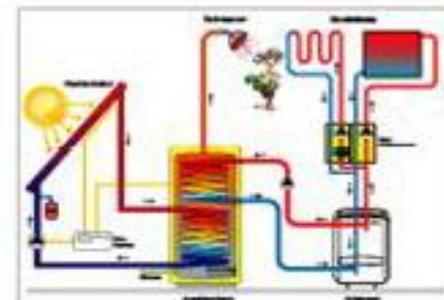
**Systeme concentriques**

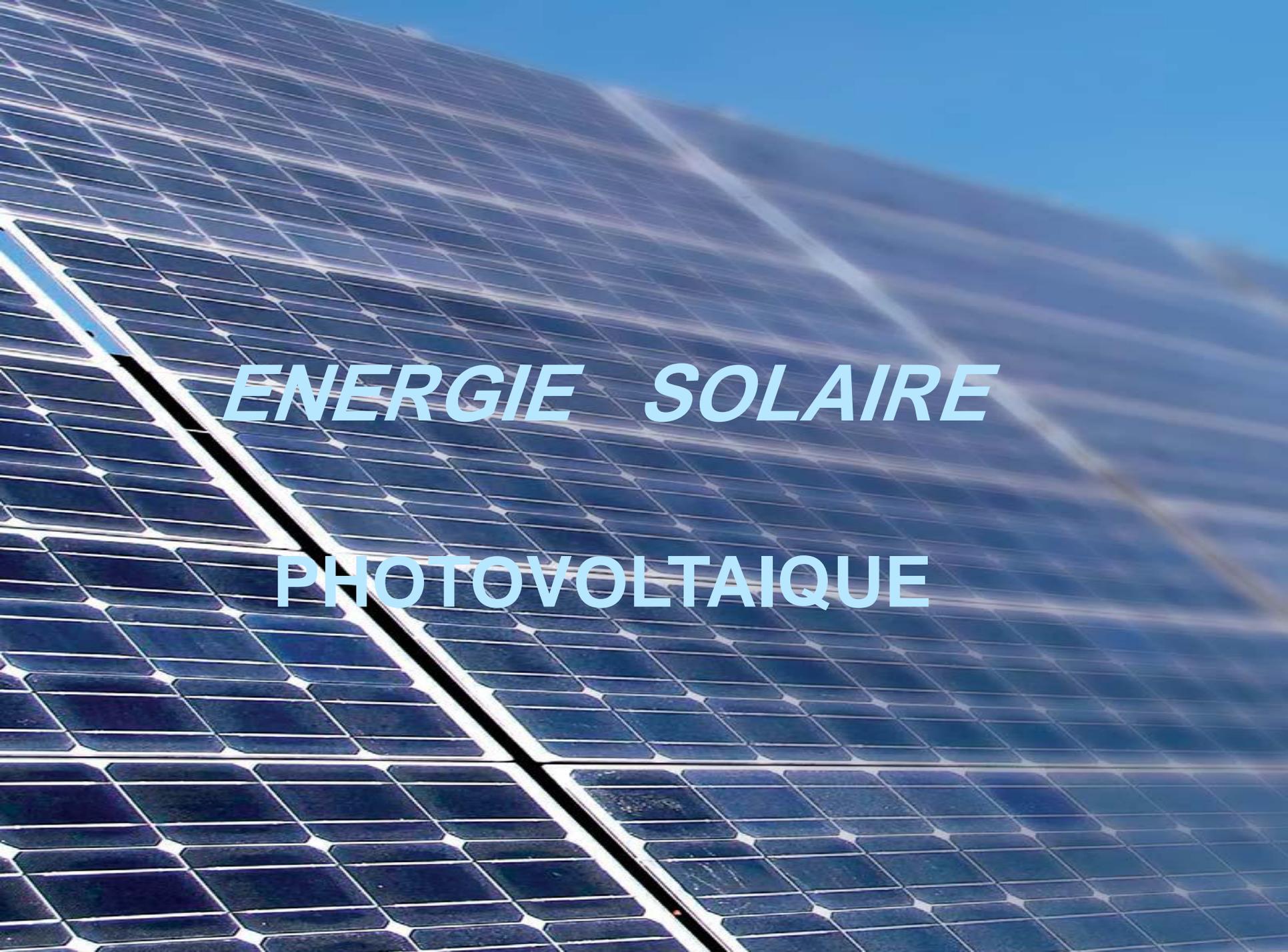


**Piscine**

**E.C.S.**

**Chauffage**





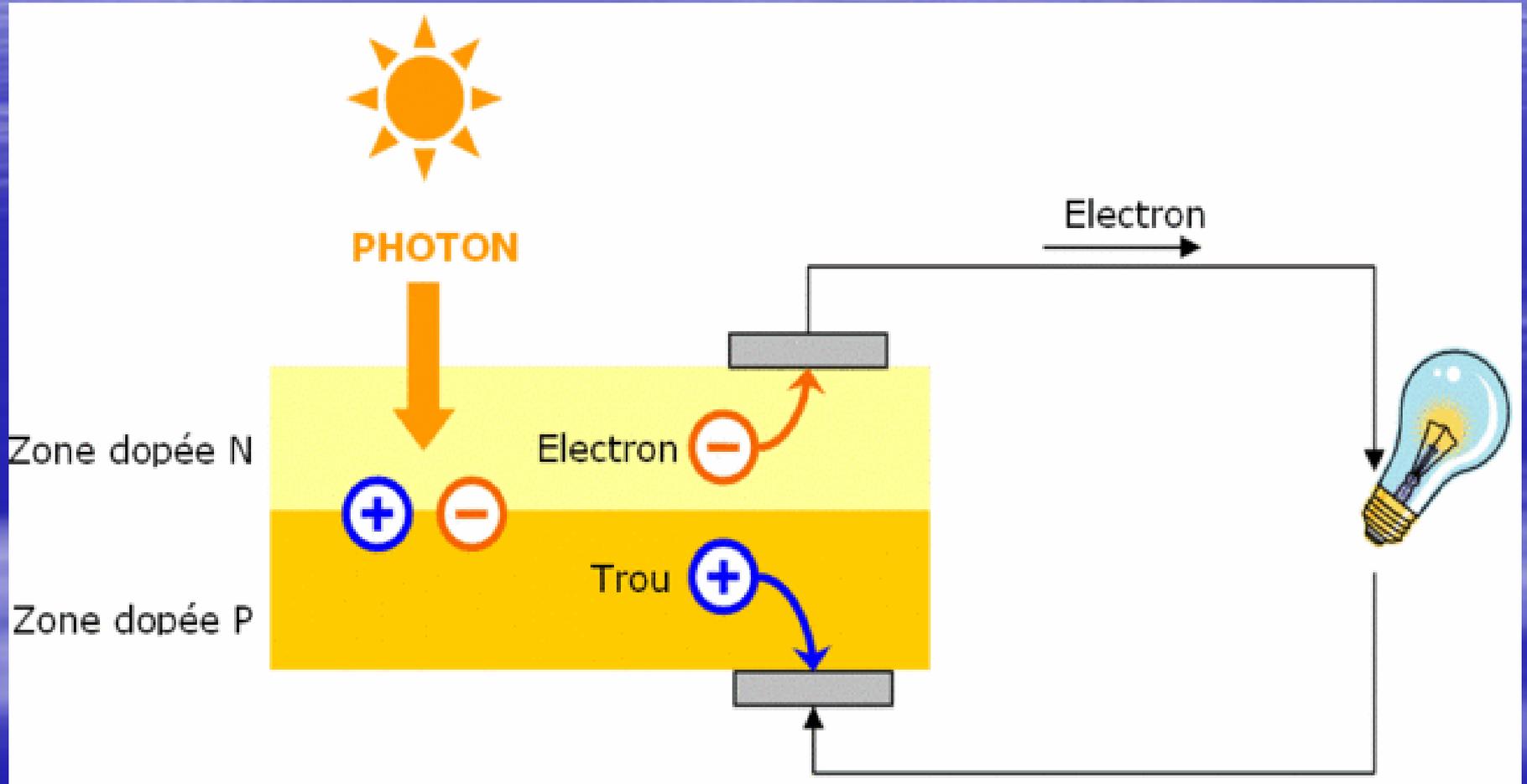
*ENERGIE SOLAIRE*

**PHOTOVOLTAIQUE**

# Énergie solaire photovoltaïque

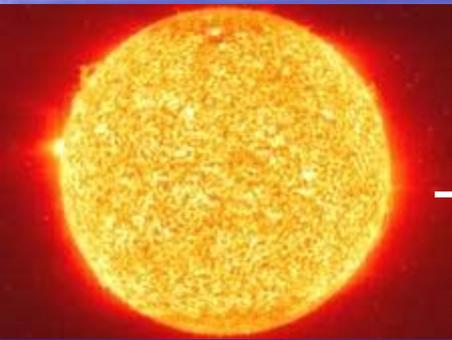
L'énergie photovoltaïque se base sur l'effet photoélectrique pour créer un courant électrique continu à partir d'un rayonnement électromagnétique. Cette source de lumière peut être naturelle (soleil) ou artificielle (une ampoule). L'énergie photovoltaïque est captée par des cellules photovoltaïques, un composant électronique qui produit de l'électricité lorsqu'il est exposé à la lumière.

# L'effet photovoltaïque



L'énergie des photons libère les électrons

# Le solaire photovoltaïque = Système qui convertit la lumière en énergie électrique



Rendements de conversion:

**SI cristallin : 11 → 15%**

SI amorphe : 5 → 9%

SI couche mince : 7%

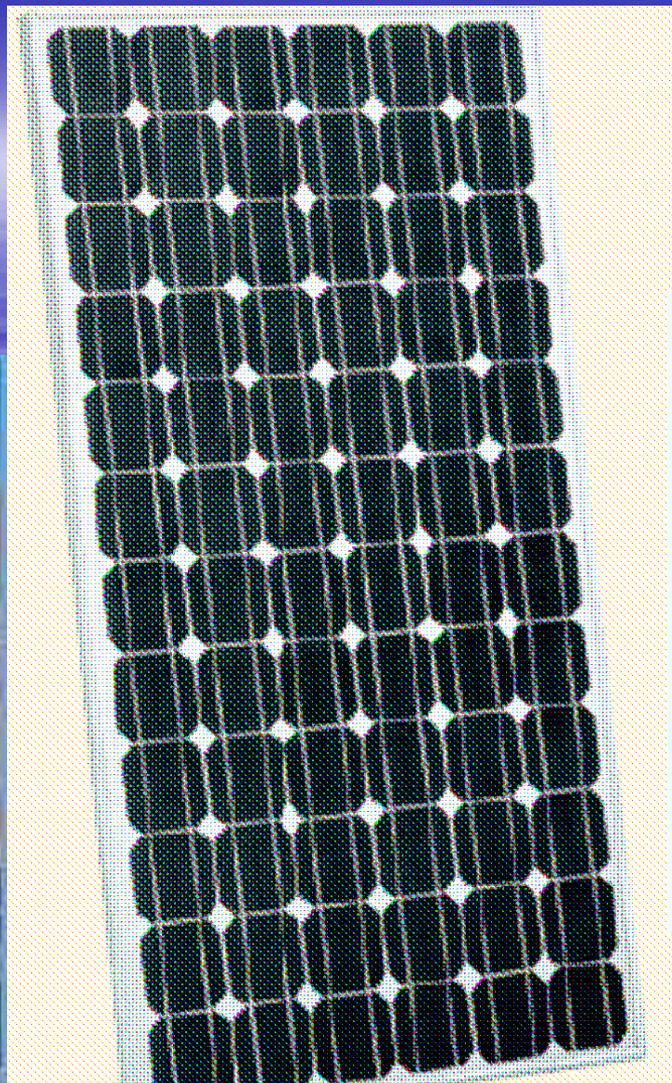
...

**Couche multi-jonctions : 25 → 30% (au  
stade de la recherche)**

Plusieurs cellules peuvent être reliées pour former un module solaire photovoltaïque ou un panneau photovoltaïque.



**Champ photovoltaïque**



**Panneau photovoltaïque**

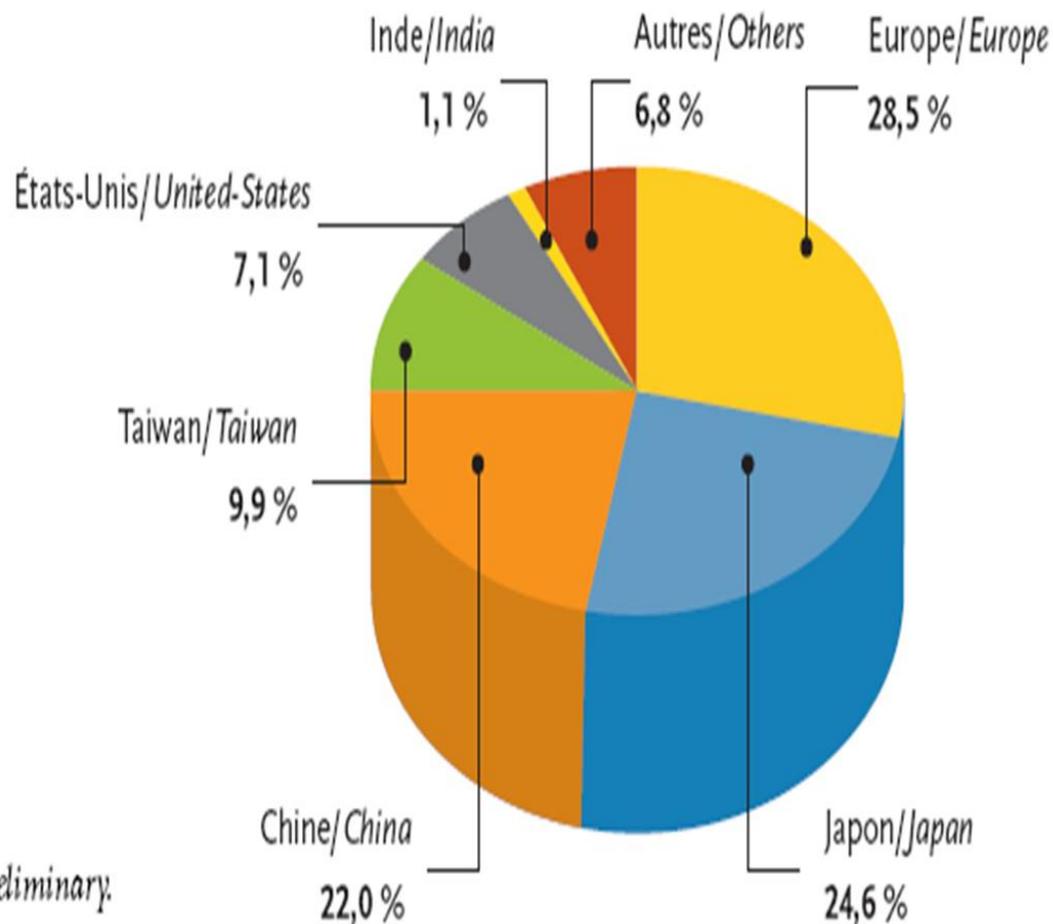


**cellule  
photovoltaïque  
(monocristalline)**

# Panneaux photovoltaïques



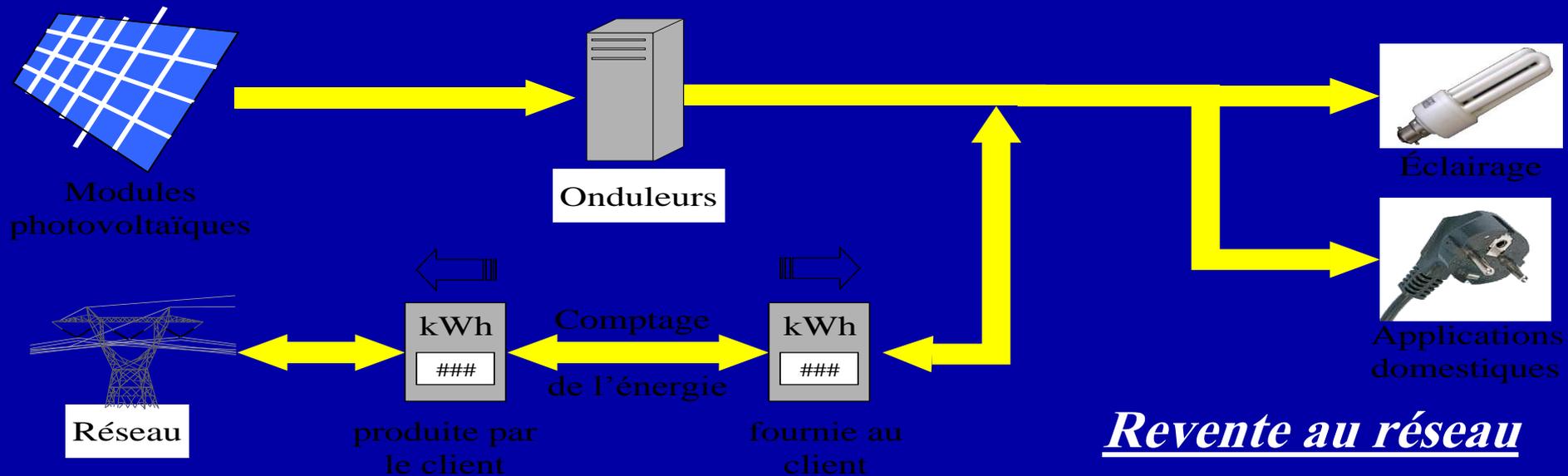
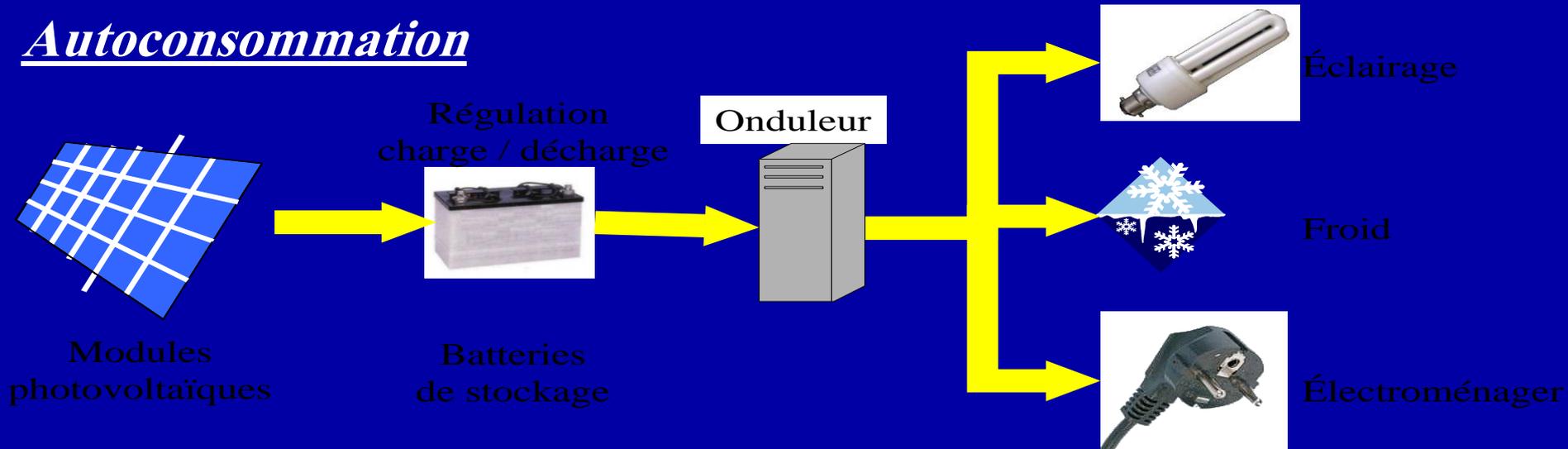
**G3** RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE LA PRODUCTION DE CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES EN 2007\*  
*GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF PV CELLS PRODUCTION IN 2007\**



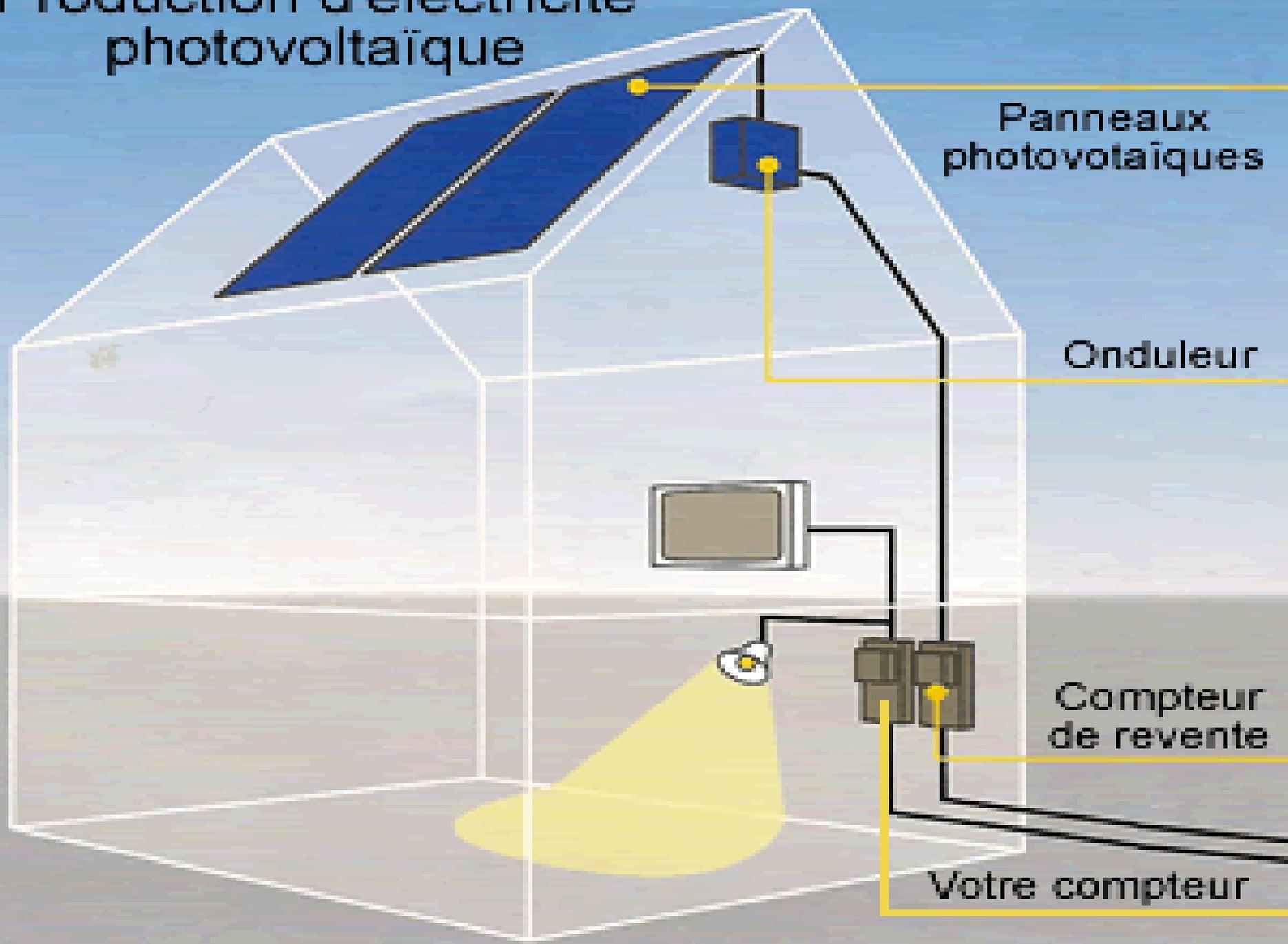
\* Provisoire/Preliminary.

# Deux grands type d'usages

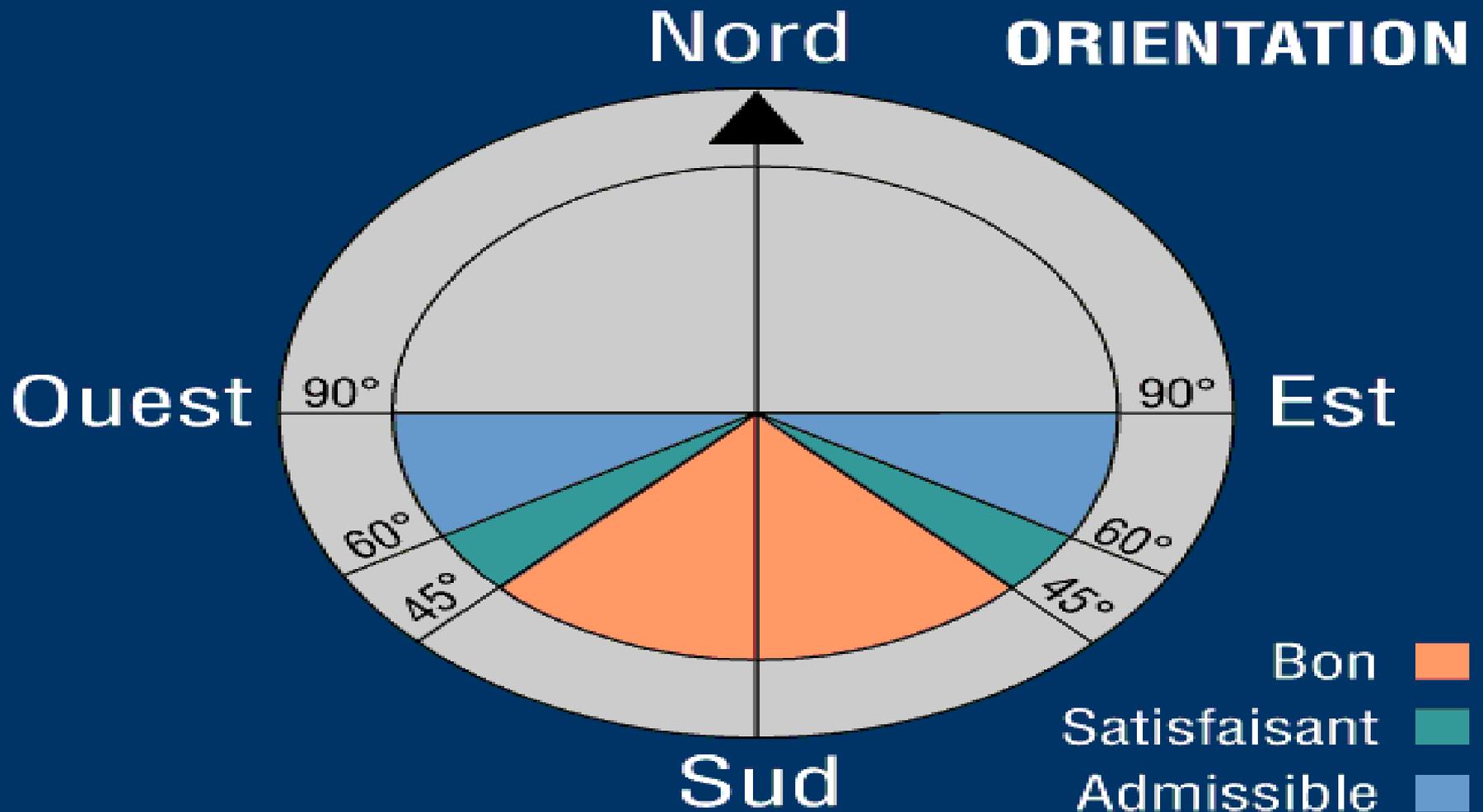
## Autoconsommation



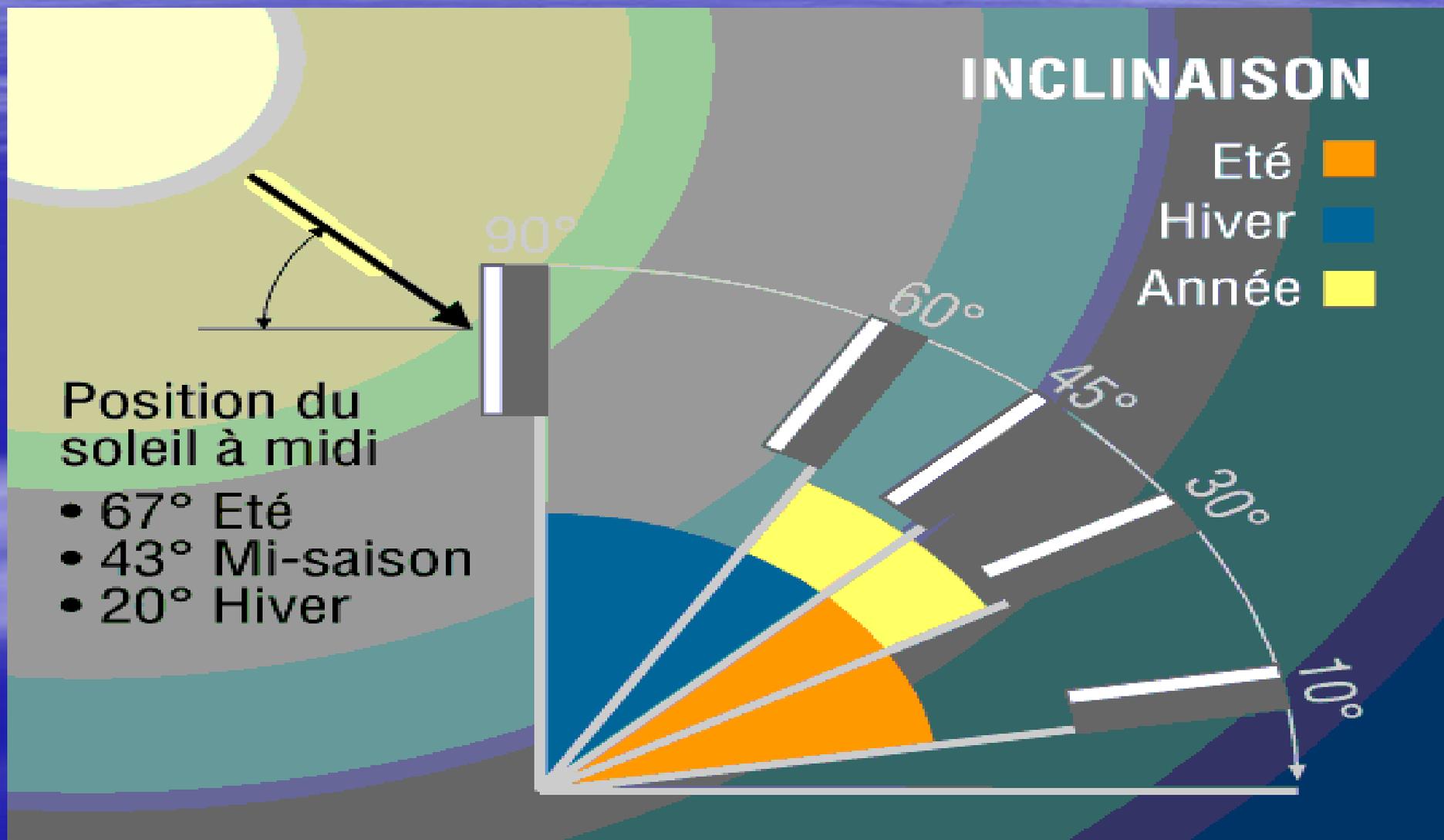
# Production d'électricité photovoltaïque



# LA BONNE ORIENTATION



# LA BONNE INCLINAISON



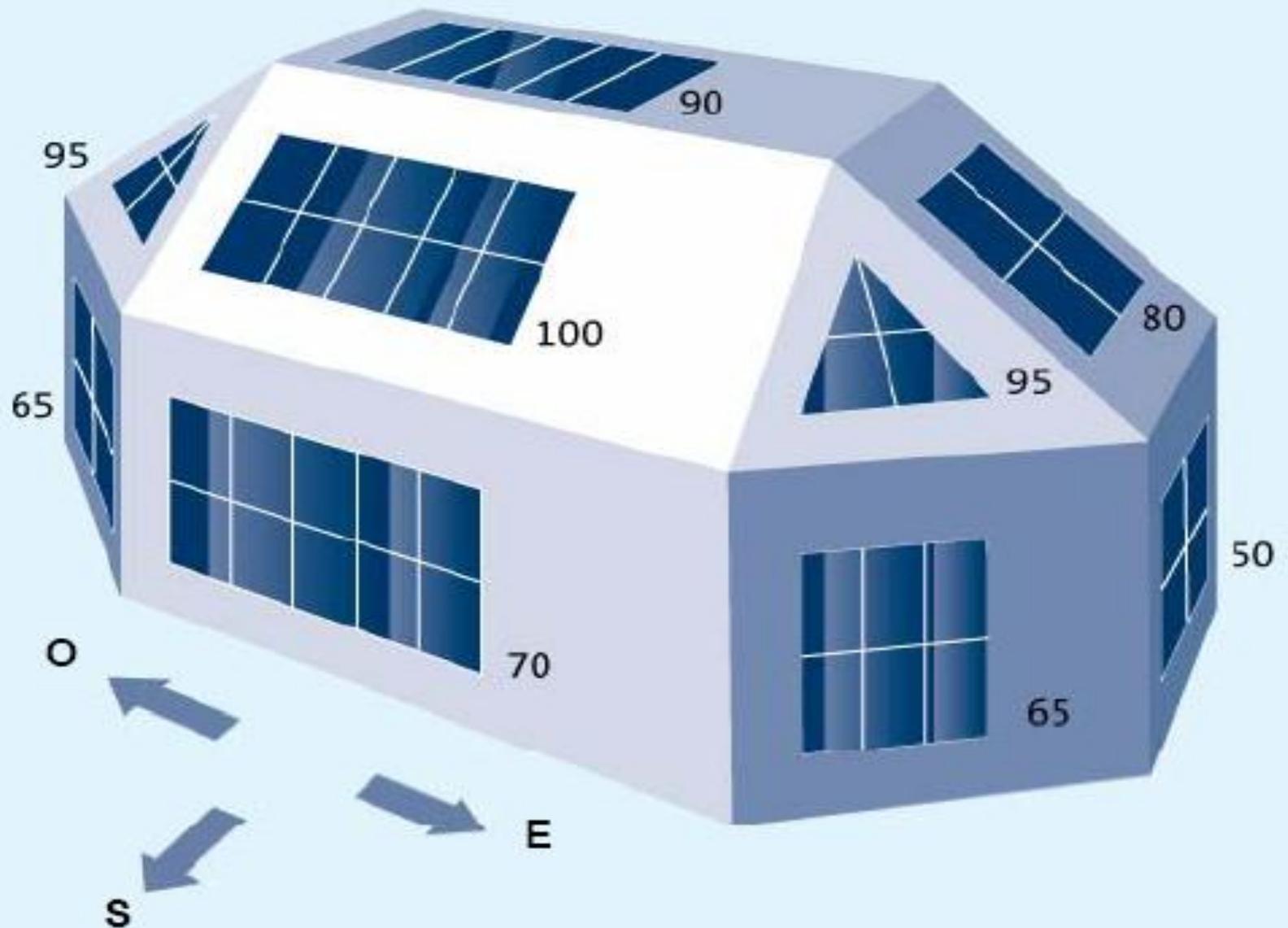
# L'orientation et l'inclinaison du PV

© [www.ef4.be](http://www.ef4.be)

inclinaison par rapport à l'horizontale (°)

		0	15	25	35	50	70	90
orientation	est	88%	87%	85%	83%	77%	65%	50%
	sud-est	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	sud	88%	96%	99%	max 100%	98%	87%	68%
	sud-ouest	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	ouest	88%	87%	85%	82%	76%	65%	50%

# Influence de l'orientation et de l'inclinaison



# Installation photovoltaïque raccordée au réseau

Installation photovoltaïque  
raccordée au réseau EDF

**Année : 2005**

Surface : 40 m<sup>2</sup>

Orientation : Sud - 45°

Inclinaison : 53°

Puissance théorique : 4 900 Wc

Marque : CONERGY

Type : 28 modules de 175 Wc  
polycristallin.

Type de pose : en surimposition de  
toiture

Productivité moyenne : 4 600 kWh  
/an (estimée)

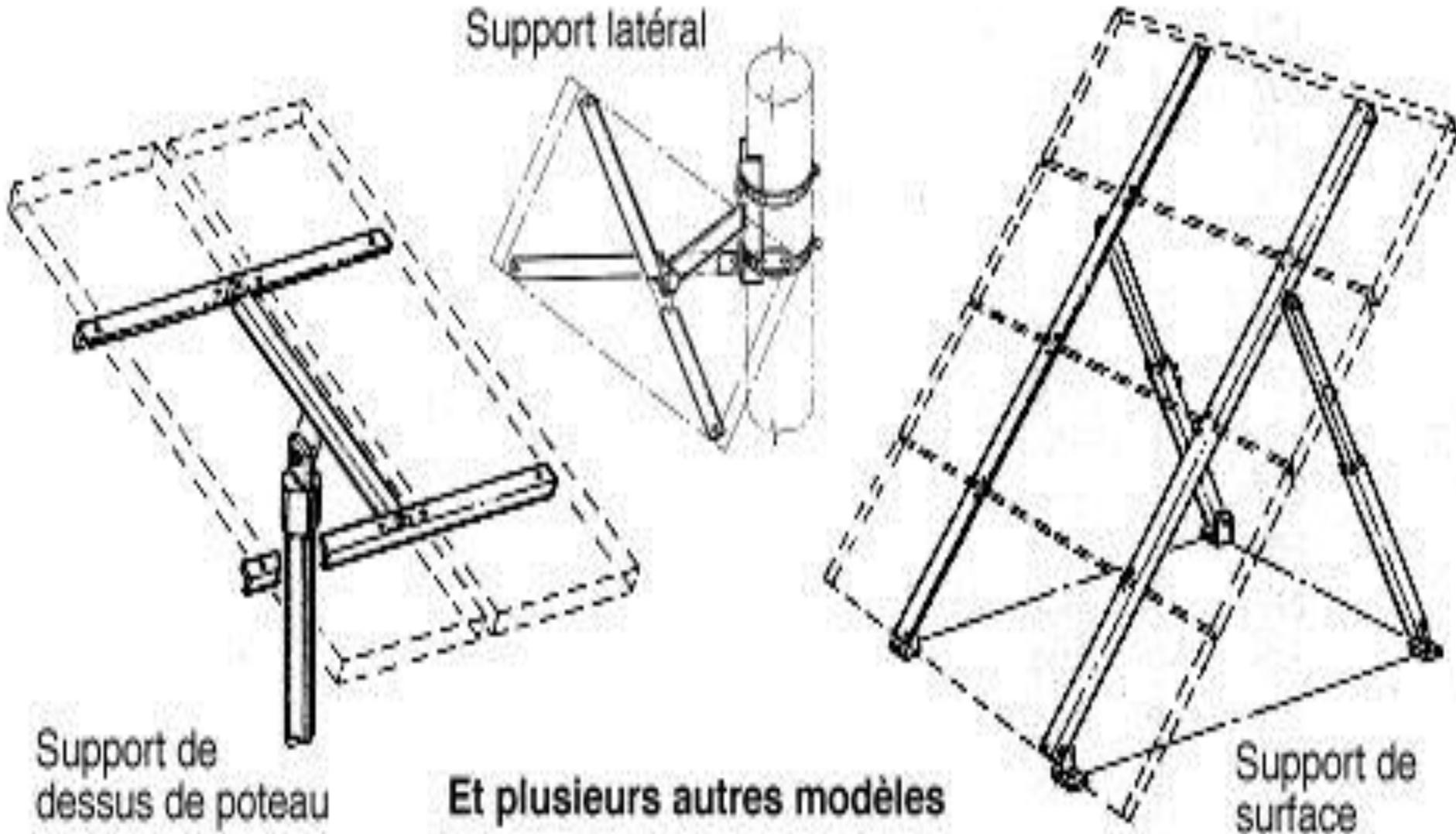
Matériel et installation : 30 884 € HT

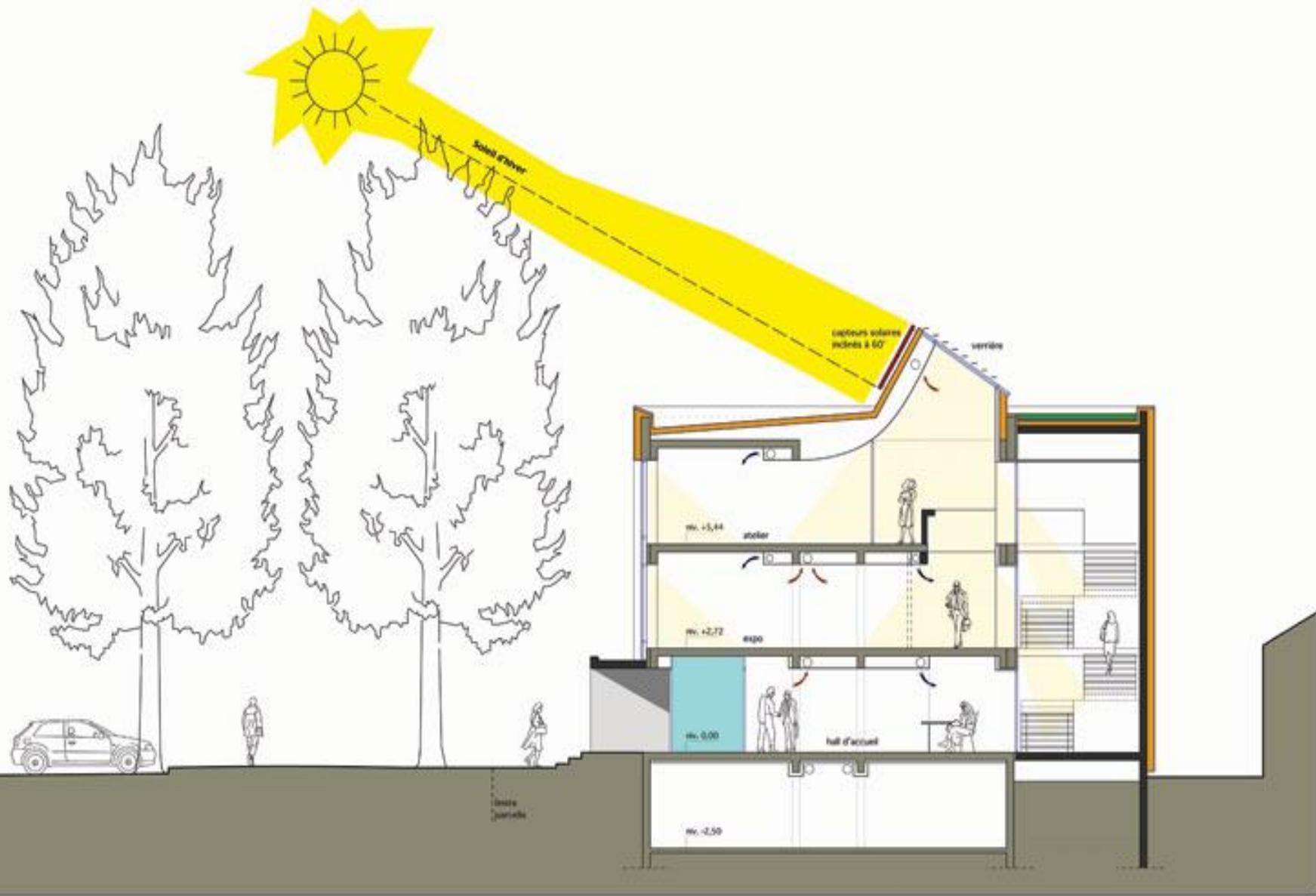


**Centrale de 1,18 MWc à Tudela en Navarre, Espagne est composée de 400 héliostats qui suivent le soleil en azimut et en hauteur, elle occupe un terrain de 6 hectares**



# Les supports



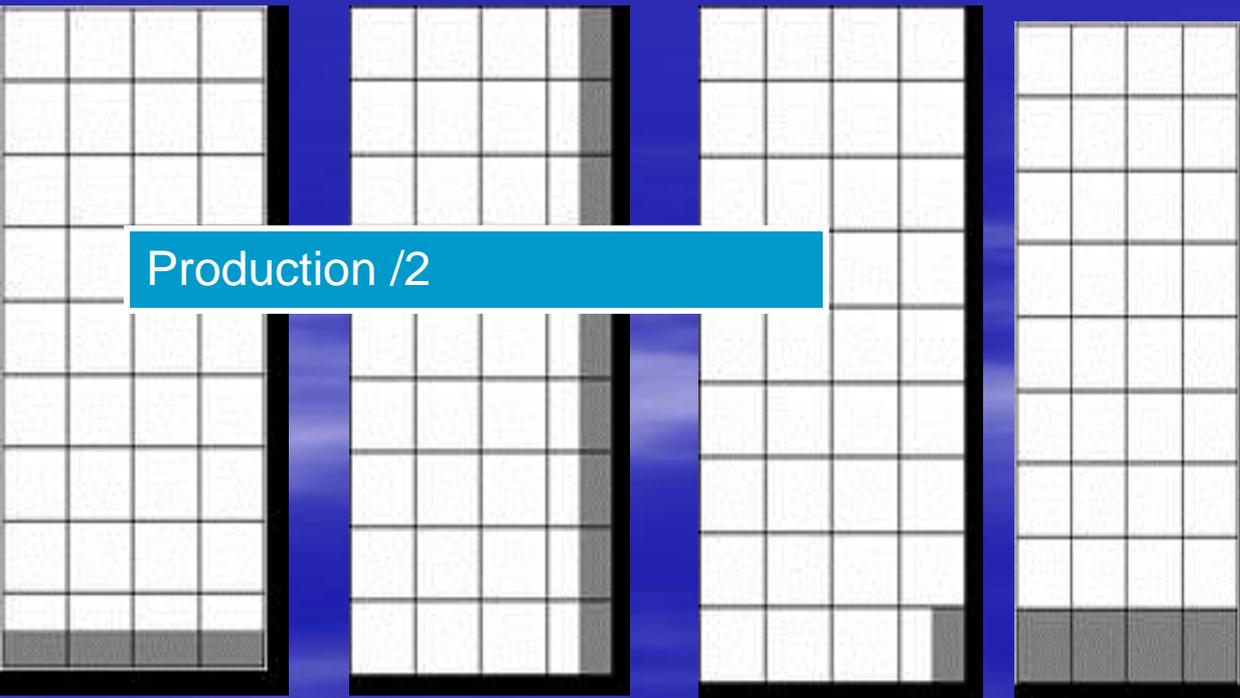


# L'ombrage

Les modules PV d'un panneau sont connectés en série

→ si un module du panneau est ombragé, c'est le rendement de tout le panneau qui s'effondre

→ Éviter les obstacles, les feuilles mortes, ...



Production  $\approx 0$

# NORMALISATION

Les conditions standards de qualification des modules photovoltaïques sont :

- un spectre AM1.5 sous un éclairement de  $1000\text{W/m}^2$  et une température de  $25^\circ\text{C}$ .

Les constructeurs de panneaux solaires spécifient les performances de leur matériel dans les conditions normalisées citées ci-dessus

# L'énergie solaire photovoltaïque

## Quelques chiffres clés

Les modules photovoltaïques ont une durée de vie d'environ 25 à 30 ans. ■

Les fabricants garantissent leurs performances électriques sur 10 à 20 ans. ■

Un module dont les performances chutent doit obligatoirement être remplacé car il peut nuire à la production de l'ensemble du champ de modules. ■

En site isolé, la durée de vie des batteries de stockage est de l'ordre de 10 ans. ■

# Les convertisseurs de courant (ondulaires)

doit être placé sur un support  
vertical et dans un espace ventilé.

être placé le plus près possible des  
modules

s'arrête automatiquement de fonctionner  
lorsque le réseau est mis hors tension

durée de vie limitée. Ainsi il faut le changer tous les 8 à 15 ans.



# *Intégré en façade-mur*

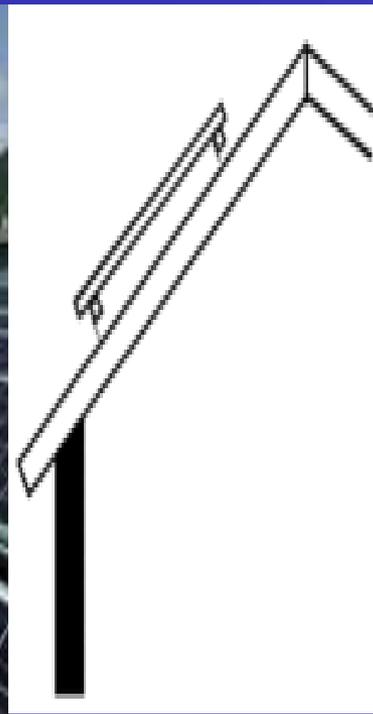
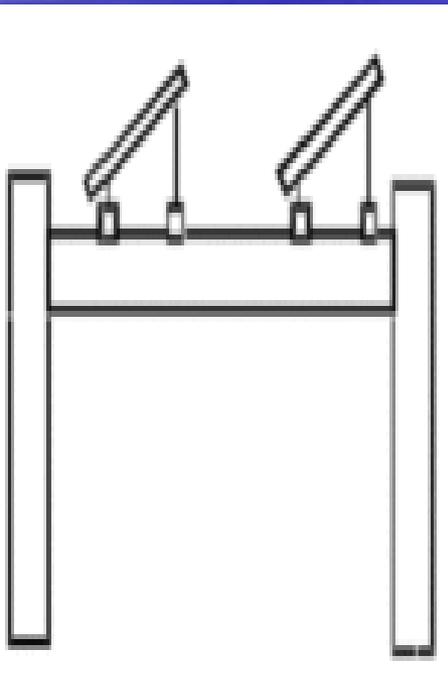


**Berlin**  
– 426m<sup>2</sup>  
orientés  
sud,  
48kWc  
– 25000  
kWh.an  
– 3.6 M€

# Intégration du PV



# Intégration en toiture



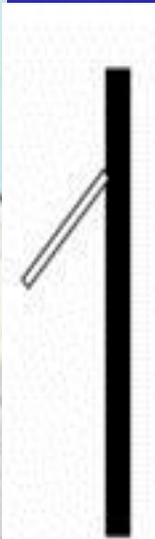
Toiture plate

Toiture  
inclinée

# Panneaux intégrés en toiture



# Intégration en façade



Pose verticale en façade

Pose inclinée en façade

# Fiche technique d'un panneau solaire monocristallin

## Spécifications techniques

Longueur : 585 mm

Largeur : 290 mm

Epaisseur : 26mm

Poids : 2.2 kg

## Spécifications électriques

Nombre de cellules : 32

Puissance crête (W max) : 20W

Courant de court circuit (I<sub>sc</sub>) : 1.3 A

Tension de circuit ouvert (V<sub>oc</sub>) : 22.3V

Tension à la puissance crête (V<sub>mp</sub>) : 17.1 V

Courant à la puissance crête (I<sub>mp</sub>) : 1.2 A

T°c d'utilisation : -40°C à +85°C

Cadre alu, ESG 4mm/Tedlar

## Applications

α Chargement de batteries

α Habitat autonome

α Station de radio

α Système de purification d'eau

α Station de pompage

α Signalisation

α Habitation éloignée



**un module à haut rendement: 17.1%!**

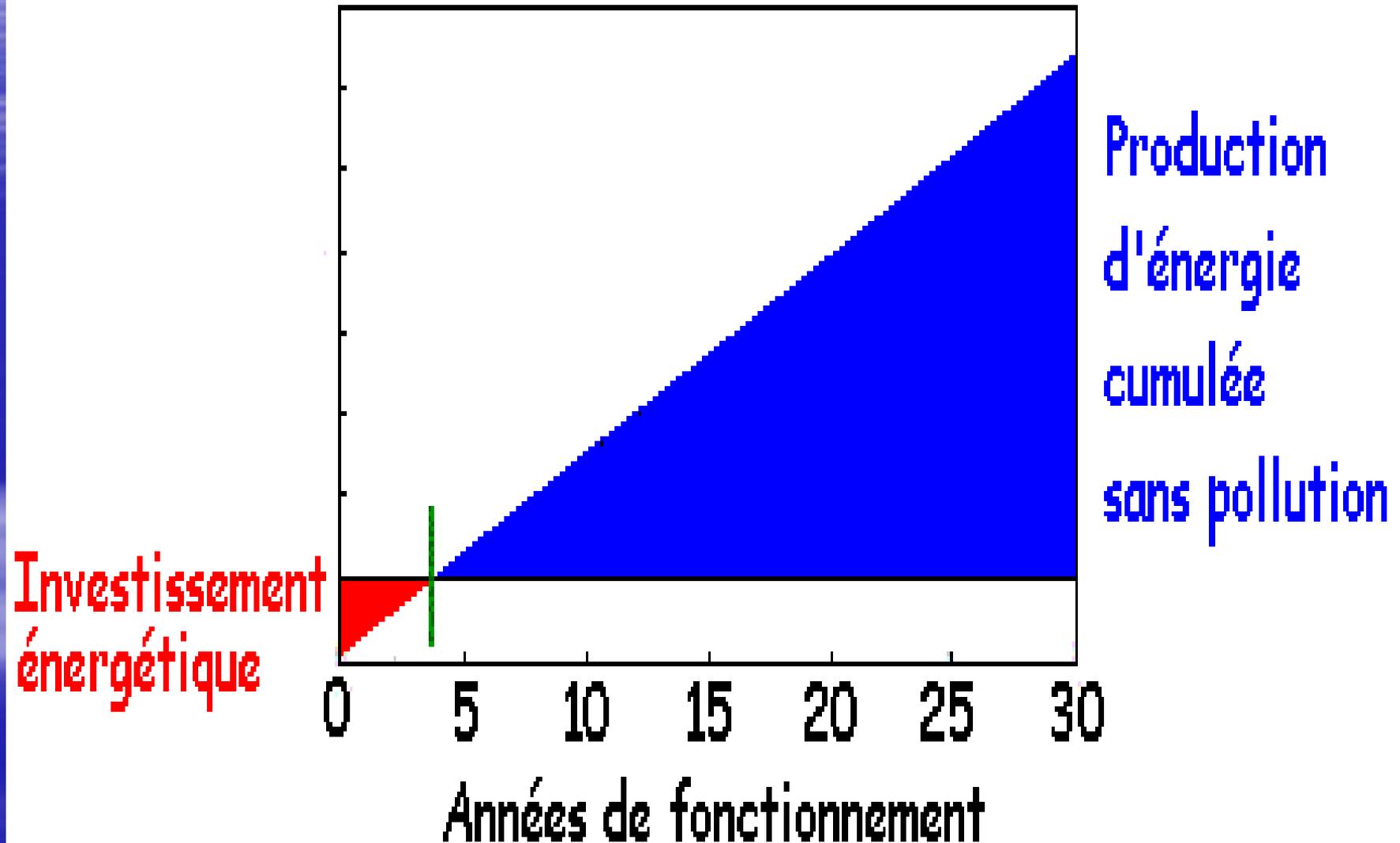
**Prix en baisse 189 eur**

**Garantie 5 ans à 90% de sa puissance nominale**

**Capteur garantie 1an**

# Quel est le bilan énergétique d'un système PV?

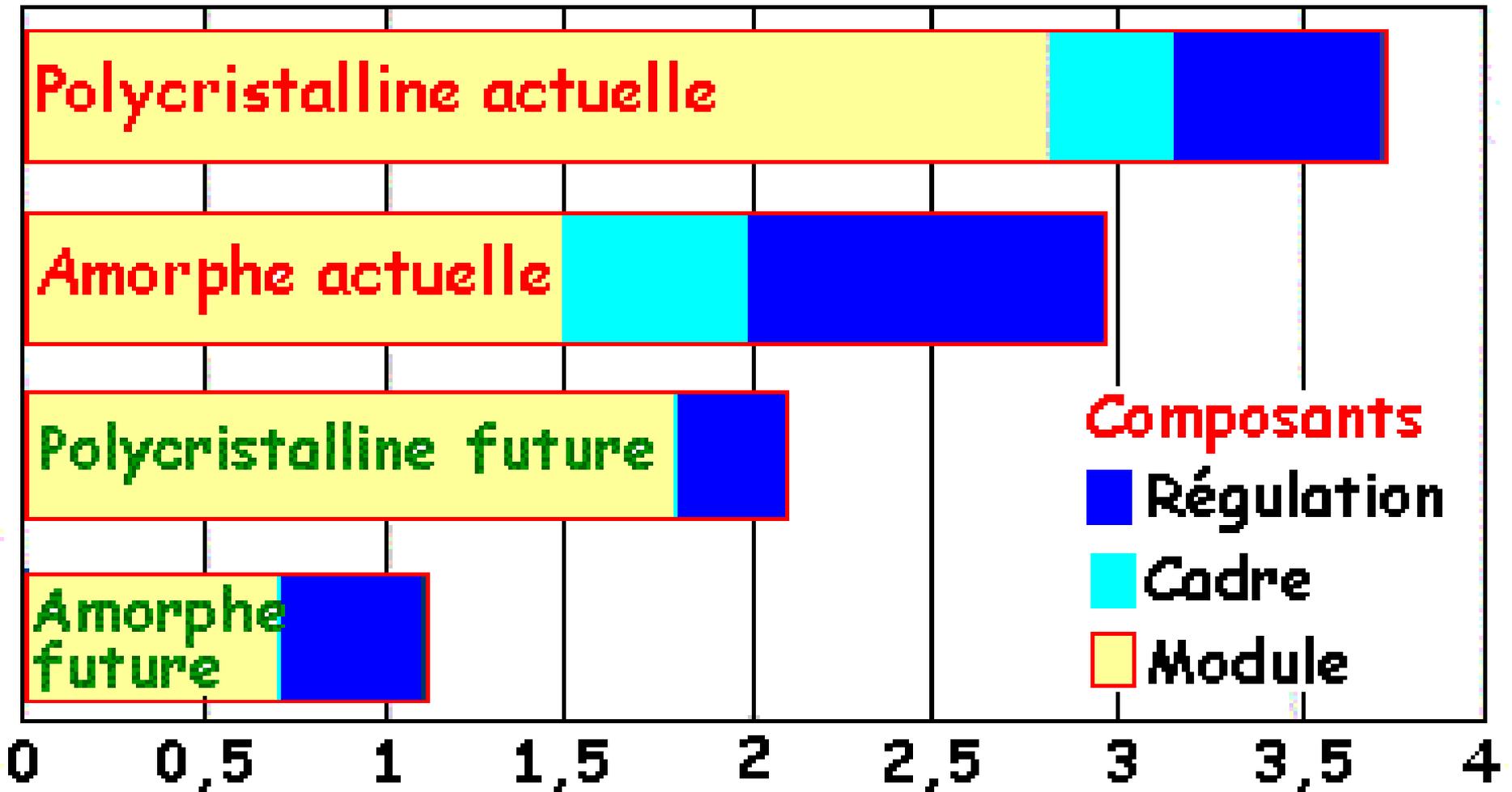
Pendant combien de temps un panneau photovoltaïque doit-il fonctionner afin de remplacer l'énergie utilisée pour sa fabrication?



On appelle " énergie grise" l'énergie nécessaire pour permettre la consommation de l'énergie utile

L'énergie grise incorporée dans les systèmes

photovoltaïques mesurées en années de production



# calcul du prix de revient de l'énergie électrique, comparons l'électricité d'origine photovoltaïque et celle d'origine nucléaire

<b>En 2002</b>	<b>Sys pv sur réseau</b>	<b>Centrale nucléaire</b>
<b>Investissement d'installation</b>	<b>6 €/Wc</b>	<b>2 €/Wc</b>
<b>Maintenance plus cout combustible et son traitement</b>	<b>2%</b>	<b>7%</b>
<b>Durée de vie d'installation</b>	<b>20ans</b>	<b>30ans</b>
<b>Nombre d'heure de fonctionnement par an</b>	<b>1000h</b>	<b>7000h</b>
<b>Prix du revient du kwh</b>	<b>0.65 €</b>	<b>0.045 €</b>

# Quel est le potentiel Solaire dans le Sud Algérien ?

Régions	Région côtière	Hauts Plateaux	Sahara
<b>Superficie (%)</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>86</b>
<b>Durée moyenne d'ensoleillement (Heures/an)</b>	<b>2650</b>	<b>3000</b>	<b>3500</b>
<b>Energie moyenne reçue (Kwh/m2/an)</b>	<b>1700</b>	<b>1900</b>	<b>2650</b>

Ce gisement solaire dépasse les 5 milliards de GWh / an

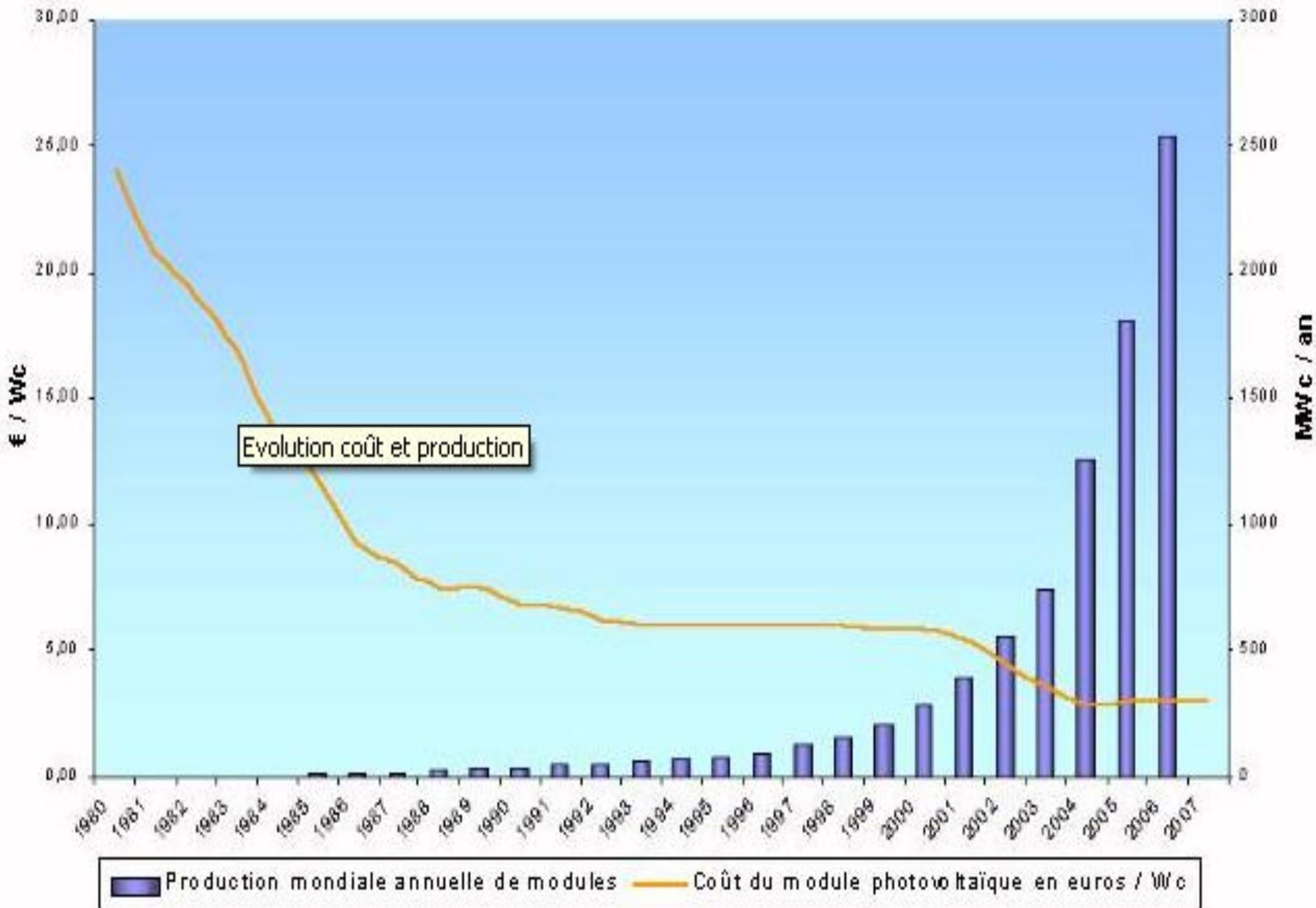


## Données disponibles en Sud Algérienne:

sites	Latitude (Nord)	Longitude	Insolation (kWh/m <sup>2</sup> /jour)
Adrar	27° 49'	00° 11' w	6,04
Tam	22° 48'	05° 27' e	6,3
I-guezzem	19° 34'	05° 46' e	6,45
Hassi-Mess	31° 40'	06° 8' e	5,71
Biskra	34° 48'	05° 44' e	4,96
I-Sefra	32° 45'	00° 36 w	5,35
Timimoun	29° 15'	00° 17' e	5,84
Laghouat	33° 48'	02° 53' e	5,23
Illizzi	26° 30'	08° 28' e	6,04
El Goléa	30° 34'	02° 52' e	5,78
B.BMokhtar	21° 12'	00° 34' e	6,27
Djanet	24° 16'	09° 28' e	6,25
Tindouf	27° 40'	08° 09'	5,77
Naama	33° 16'	00° 18' w	5,13
In Amenas	28° 03'	09° 38' e	5,99
El oued	33° 30'	06° 47' e	5,29
Béchar	31° 38'	02° 15' w	5,48
Touggourt	33° 07'	06° 08' e	5,29
Ouargla	31° 55'	05° 24' e	5,7
In Salah	27° 12'	02° 28' e	5,98
Ghardaia	32° 24'	03° 48' e	5,48
Beni Abès	30° 08'	02° 10' w	5,65
Assekrem	23° 16'	05° 34' e	6,21

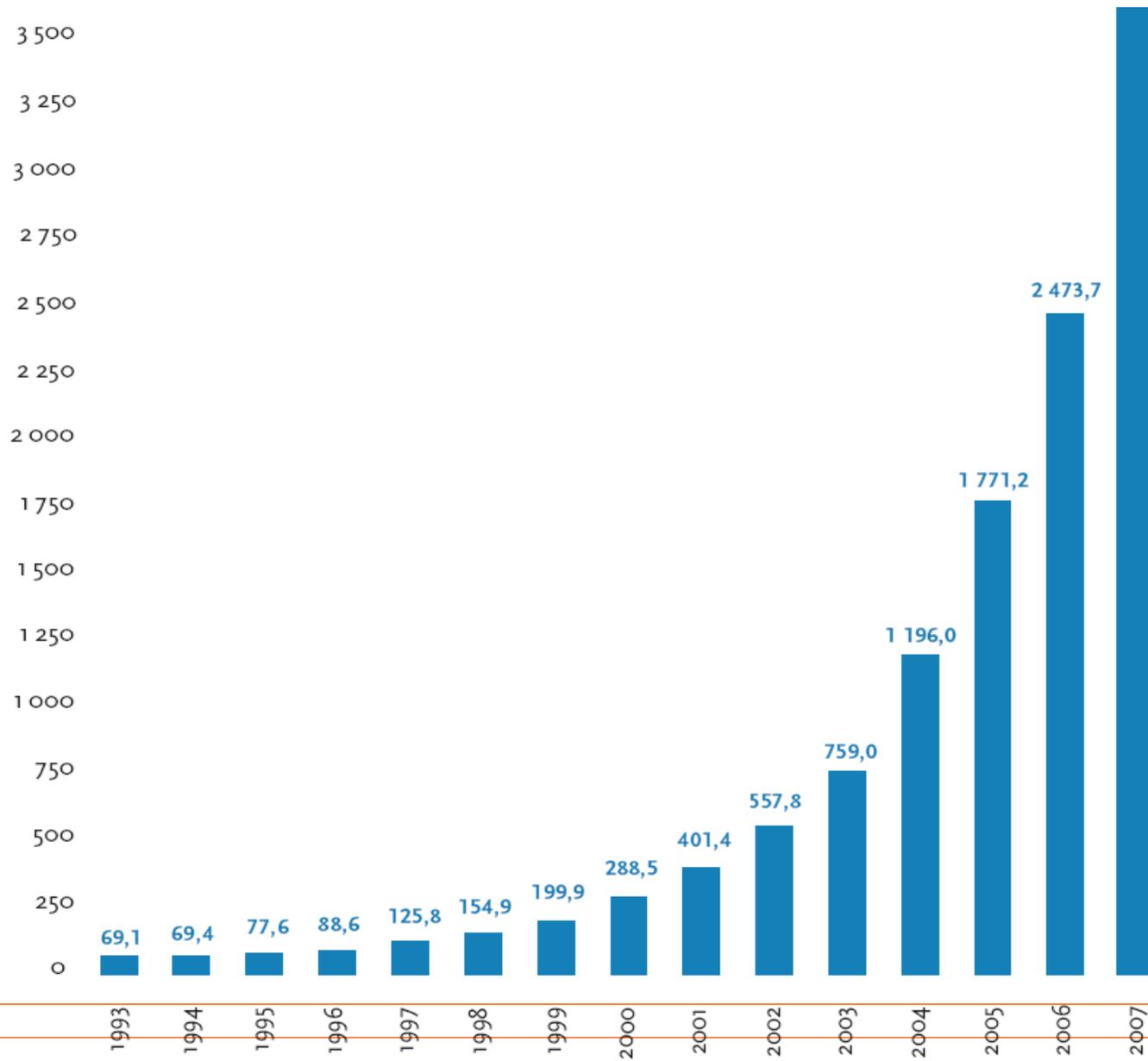


# Les prix et la production photovoltaïque



# ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION MONDIALE DE CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES (EN MWC)

## EVOLUTION OF WORLDWIDE PHOTOVOLTAIC CELL PRODUCTION (IN MWP)



# Les applications de l'énergie photovoltaïque

**Heliodes 6** - La voiture démontable et ultra légère de l'allemand Detlef Schmitz qui a traversé l'Australie avec une vitesse moyenne de 36,2 km/h



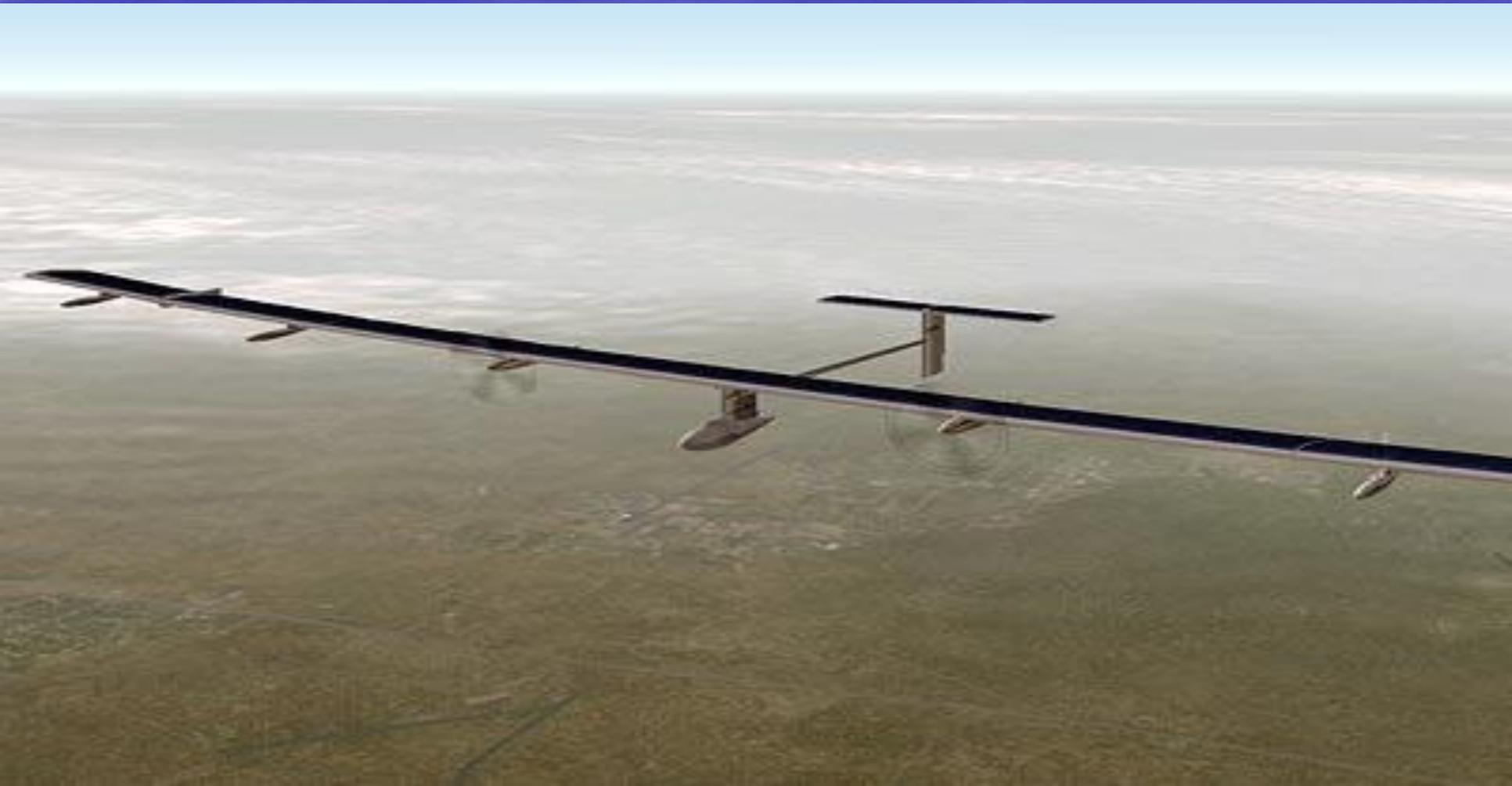


# L'avion à énergie solaire



Aviation Verte

**Avion solaire** est destiné à faire le tour du monde  
12.000 cellules photovoltaïques recouvriront les ailes de 61  
mètres. Le poids tout équipé, sera de 1.500 kg, dont 400 kg pour  
les batteries. Vitesse estimée : 45 km/h.



le premier véhicule commercialisé à énergies renouvelables au prix de 24.000 €

batterie éoléclic offre une autonomie allant jusqu'à 50 km pour une vitesse de 50 km/h.

La production solaire (2.5 m<sup>2</sup> de cellules photovoltaïques) en une journée d'exposition permet de parcourir 7 km, à une vitesse maximale de 50km/h. Une recharge intégrale du véhicule prend 5 heures et permet de parcourir 50 km.



L'entreprise californienne Solar Electrical Vehicles commercialise une Toyota Prius avec un capteur photovoltaïque sur le toit du véhicule. Le dispositif permet à parcourir jusqu'à 13 km grâce à l'énergie solaire accumulée dans une journée, selon les essais effectués en Californie. L'énergie solaire captée par le système photovoltaïque (puissance de 215 Wc) est emmagasinée dans une batterie additionnelle





# Les applications ...en images



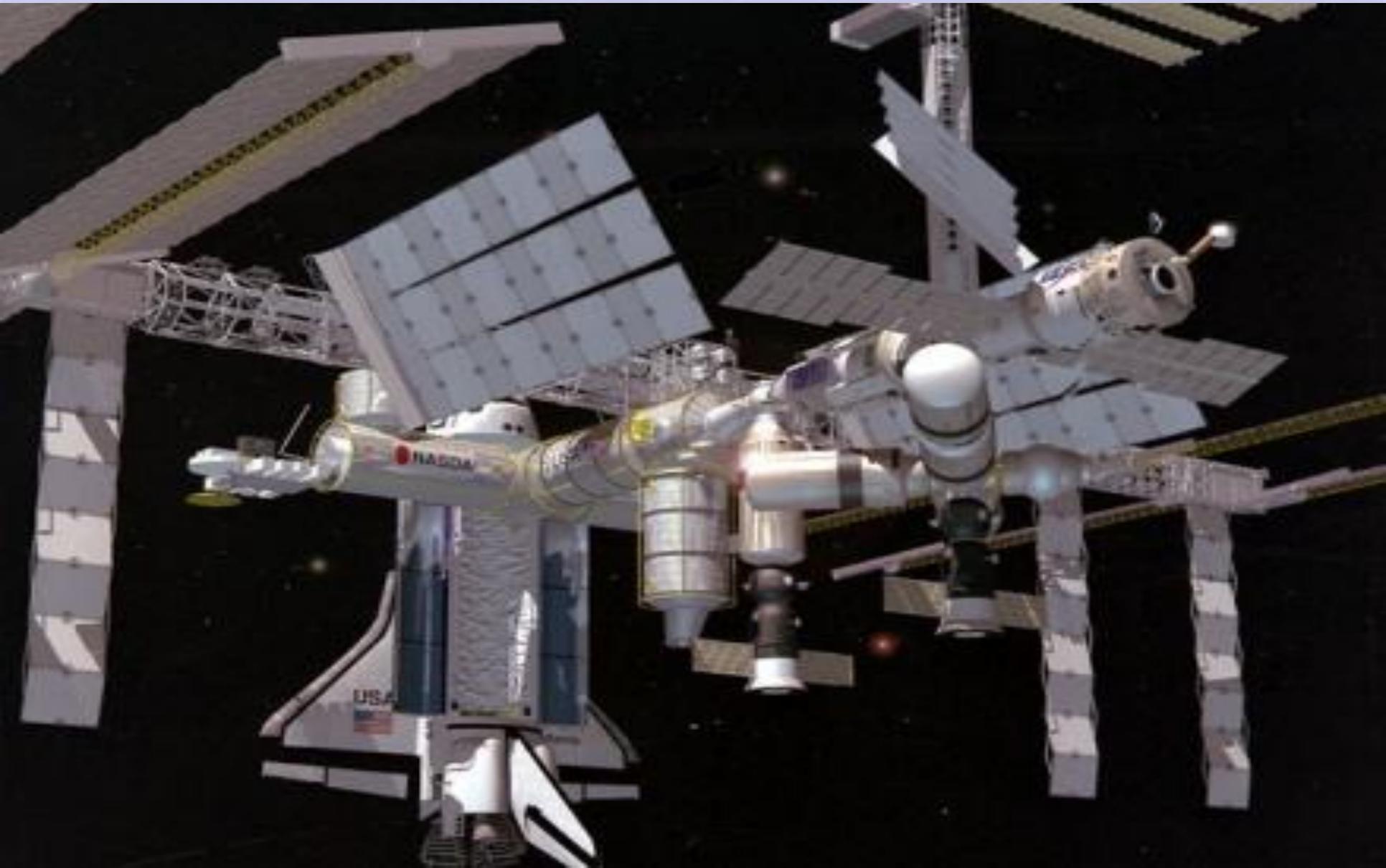
Irrigation réalisée par pompage solaire  
Sahel, Afrique



Champ solaire et réservoir d'eau puisée  
par pompage solaire



 5. Alimentation de la station spatiale par l'énergie solaire :



un catamaran de 30 mètres de long, couvert de 470 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques, actuellement en construction dans le nord de l'Allemagne



# Installation solaire de dessalement pour la production d'eau potable

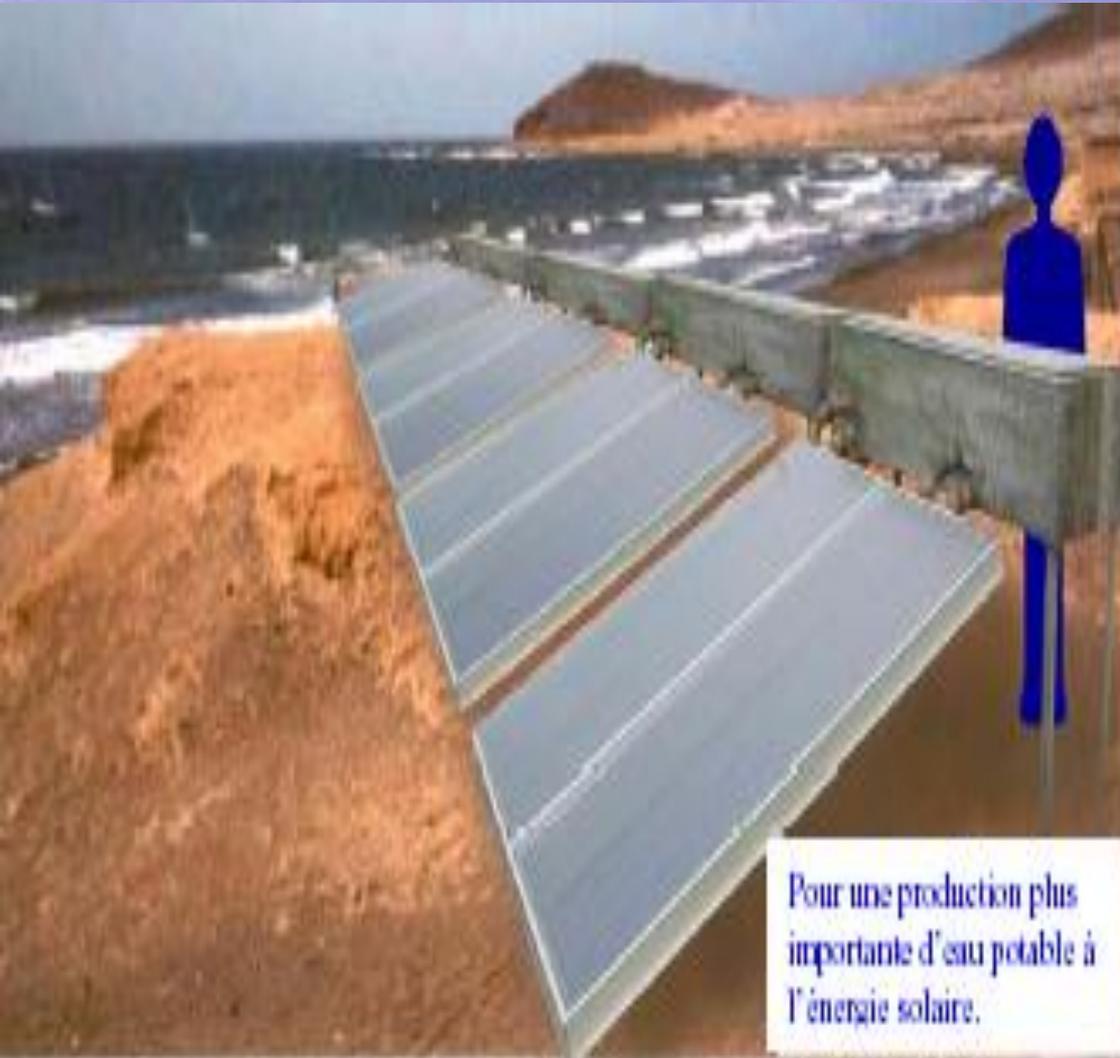


Fig. 10. Installation solaire de dessalement à plusieurs modules.

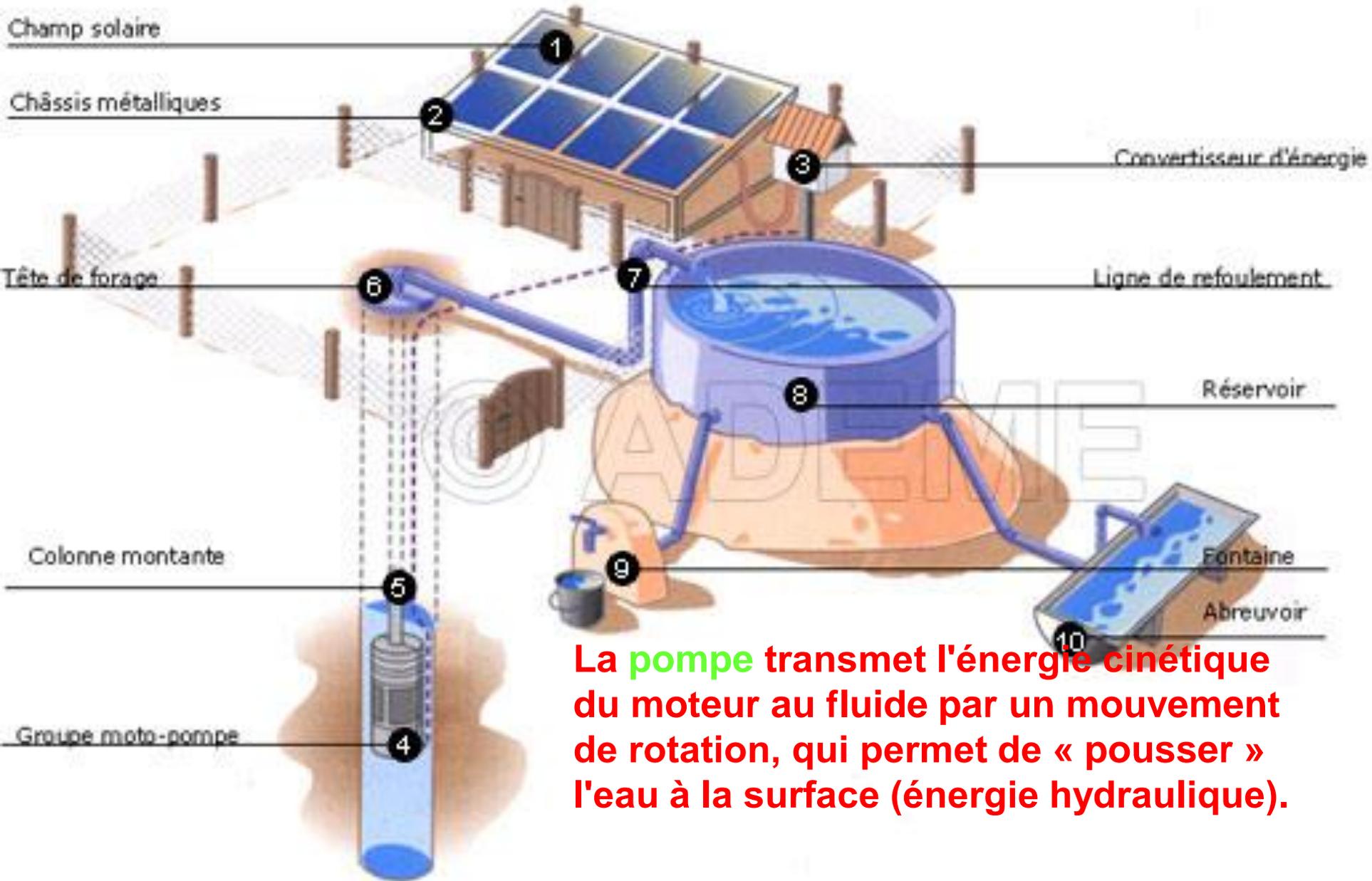
# Capteurs photovoltaïques portables

Un capteur portatif doit être incassable, solide et compact. Les capteurs UNI-PAC sont conçus afin d'accomplir leurs tâches sur le terrain et dans les conditions les plus difficiles





# pompe à énergie solaire



La pompe transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation, qui permet de « pousser » l'eau à la surface (énergie hydraulique).

# Eclairage public



***2-1'ENERGIE SOLAIRE  
THERMIQUE***



# Les capteurs solaires

Les capteurs solaires ou les systèmes solaires permettant la transformation du rayonnement solaire en CHALEUR.



# . Les différents types de capteurs solaires

1-Les capteurs sans vitrage ■

2-Les capteurs plans vitrés



3-Les capteurs à tubes sous vide ■

Utilisable en été pour basse température( moins de 30°C)

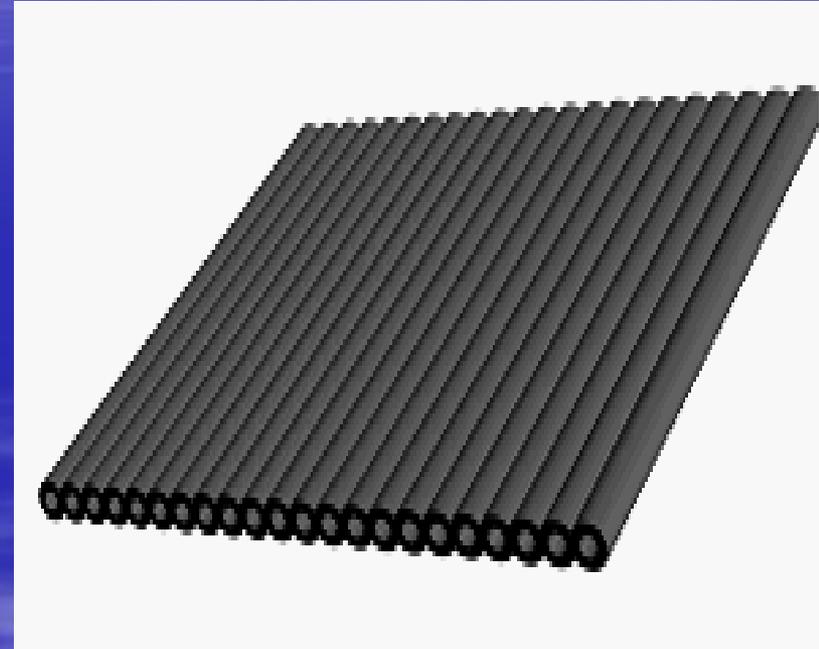
# 1-Les capteurs sans vitrage

## .1.1. Les capteurs "moquette" ■

-constitué d'un caoutchouc  
souple très résistant

-un très bon rendement pour  
les températures  
proches de la température  
de l'air ambiant

Il ne permet pas de produire d'eau  
chaude sanitaire.



Utilisable en été pour basse température( moins de 30°C)



Les "tuyaux" noirs

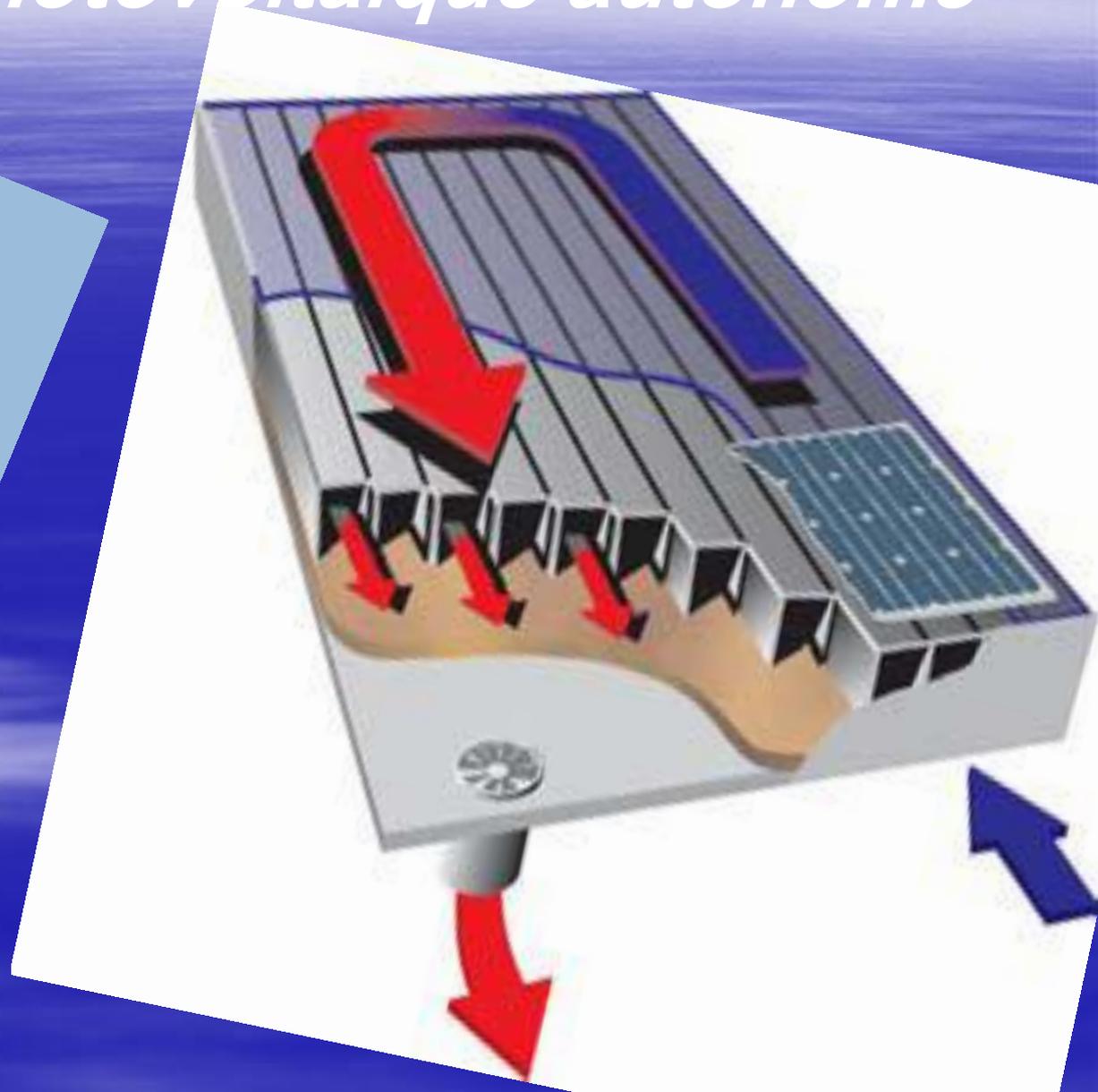
facilité de mise en œuvre

coût d'environ 100 €/m<sup>2</sup>.

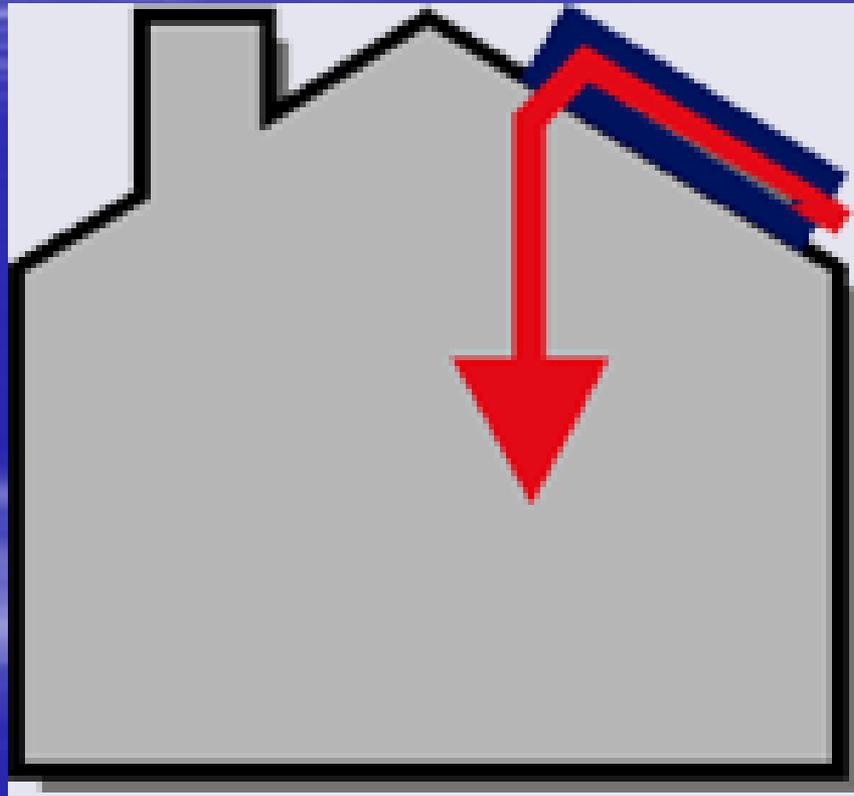
# 1.2 Les capteurs à air pour le séchage



# *Capteur à air en site isolé équipé d'une alimentation photovoltaïque autonome*



# utilisation



# 1.3 Les capteurs sans vitrage à absorbeur métallique

températures un peu plus élevées que les capteurs « moquette »

capteur plan non vitré en acier à revêtement sélectif



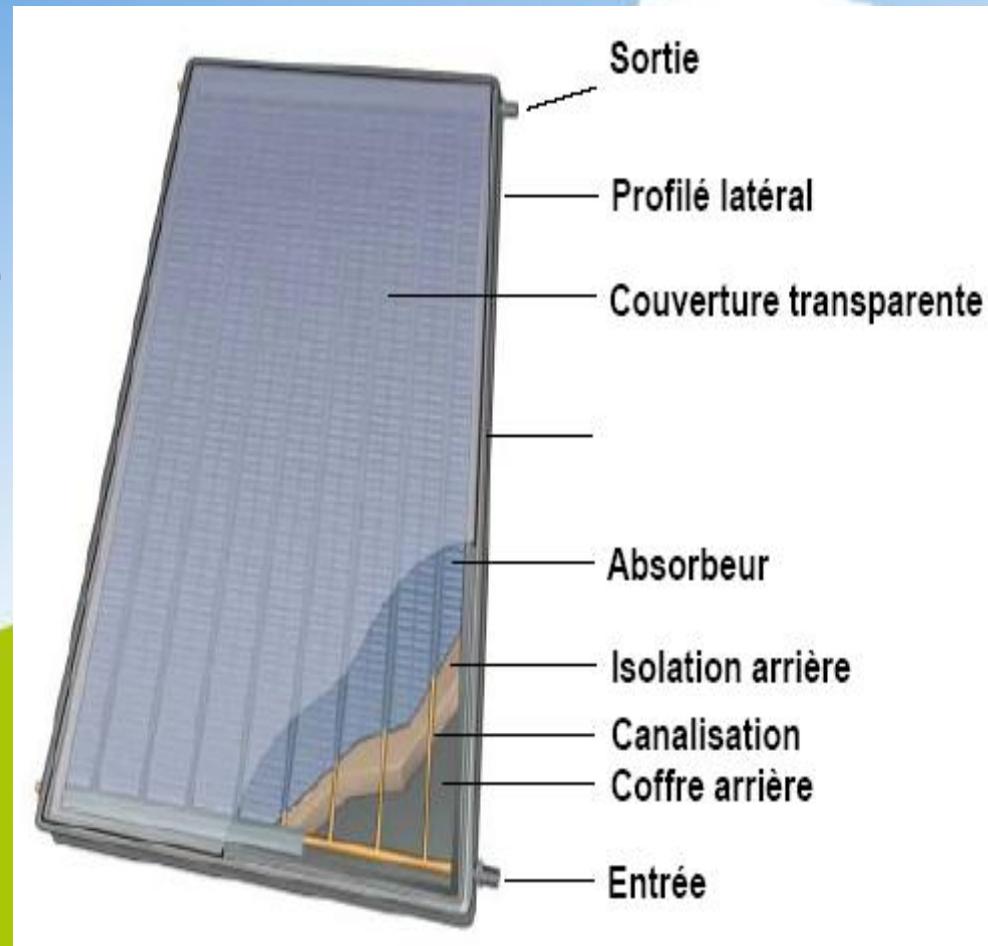
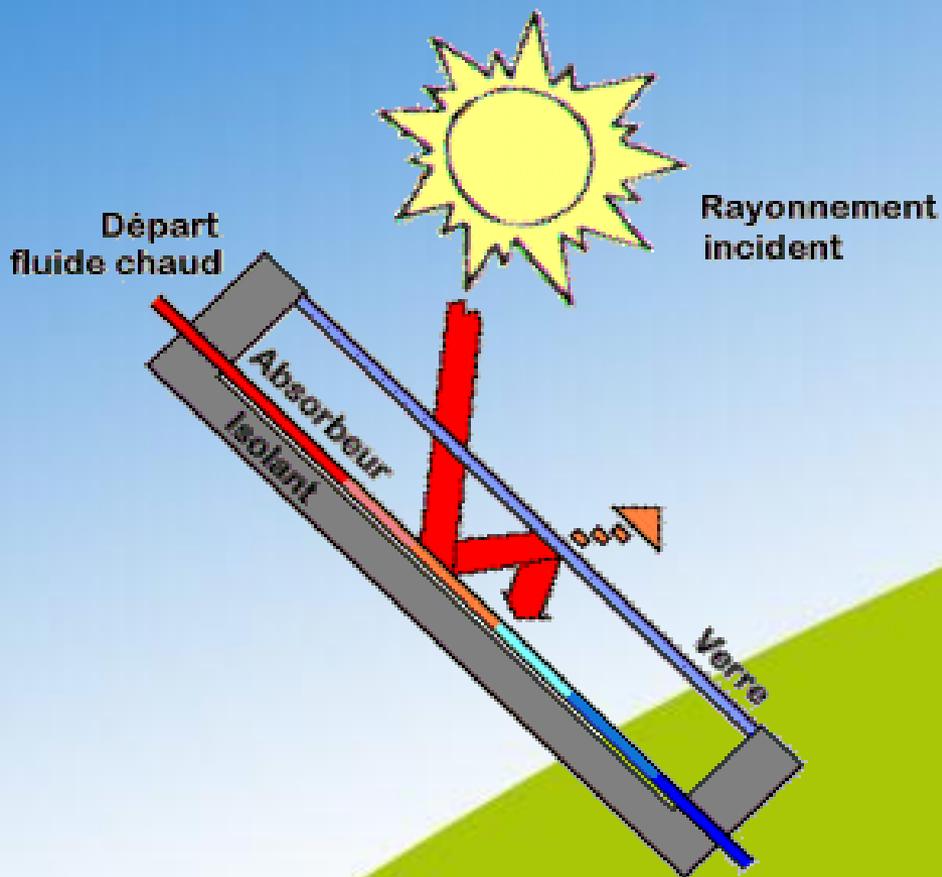
## 2. Les capteurs plans vitrés

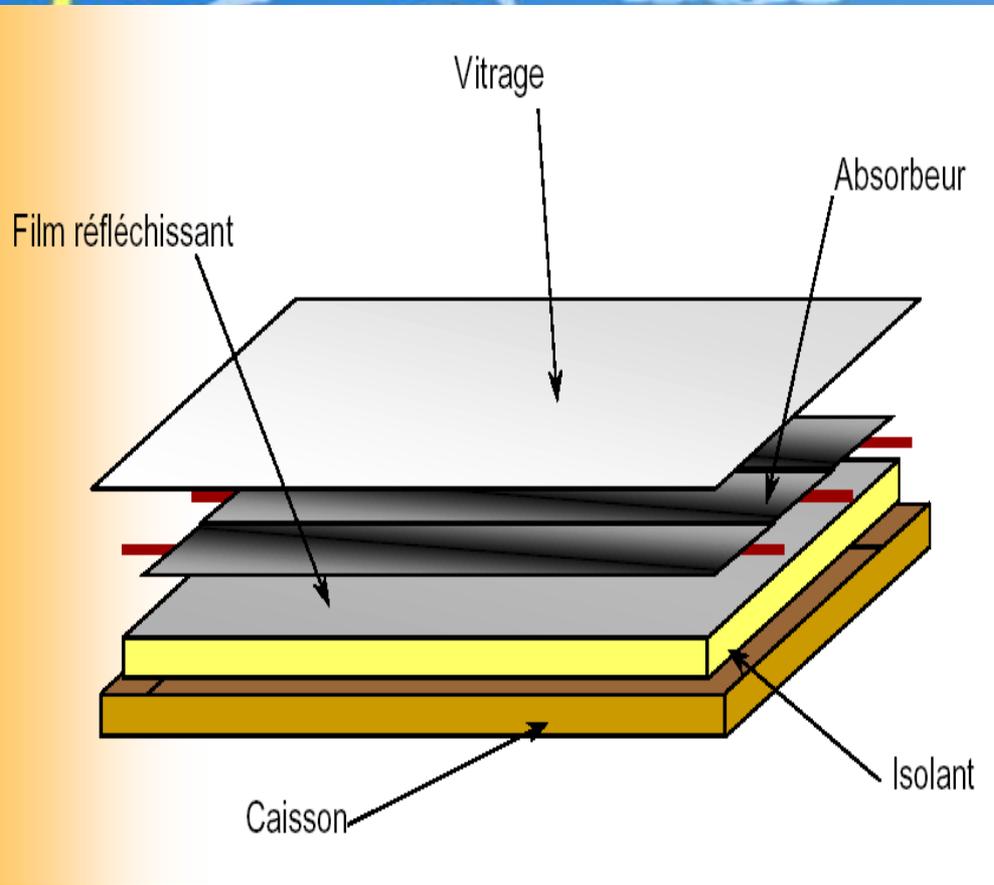


**Le capteur plan est le capteur le plus répandu et le mieux adapté aux besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments.**

**Utilisable pour températures Moyennes (20 à 70 °c)**

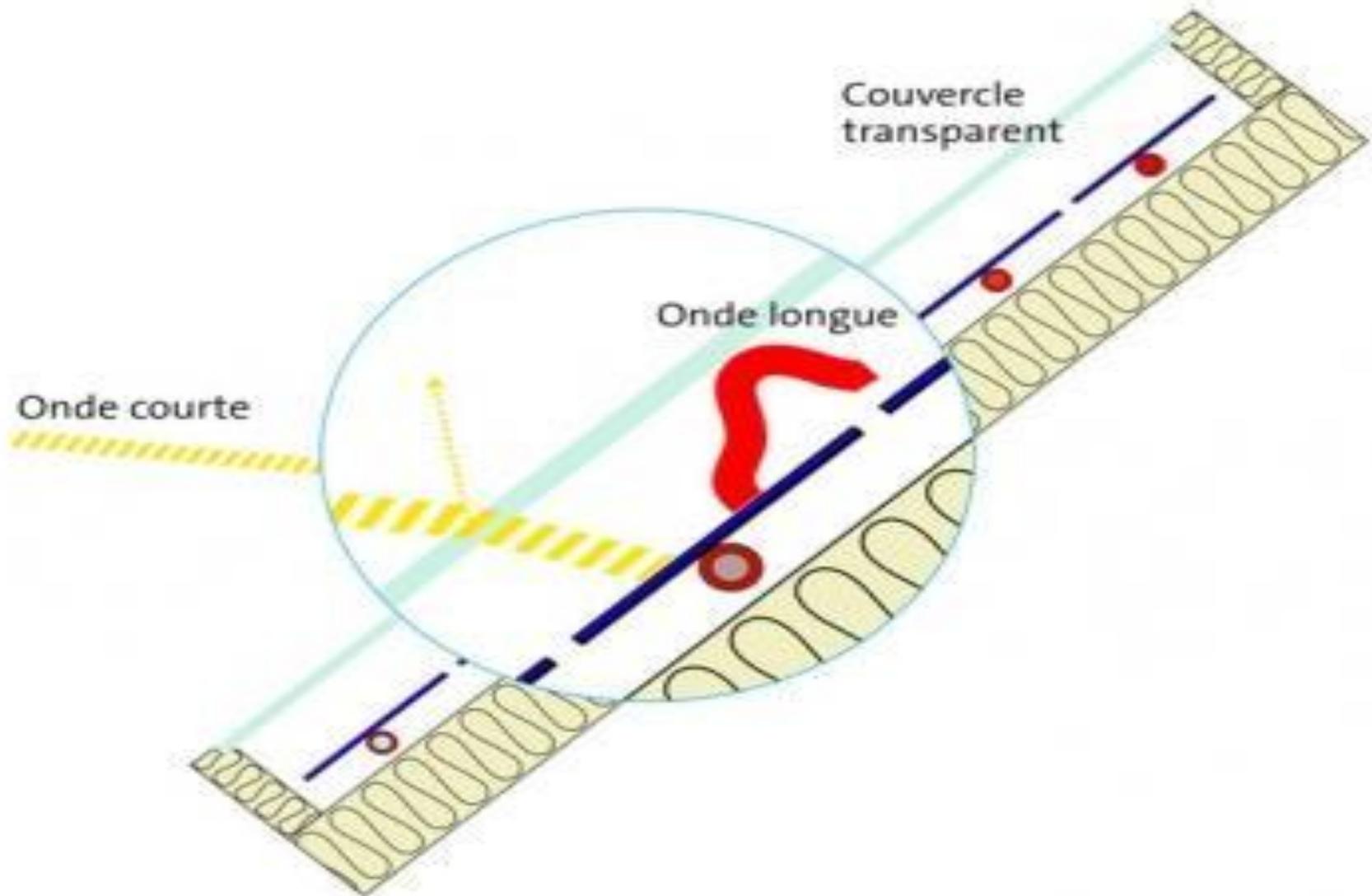
# Principaux constituants d'un capteur plan



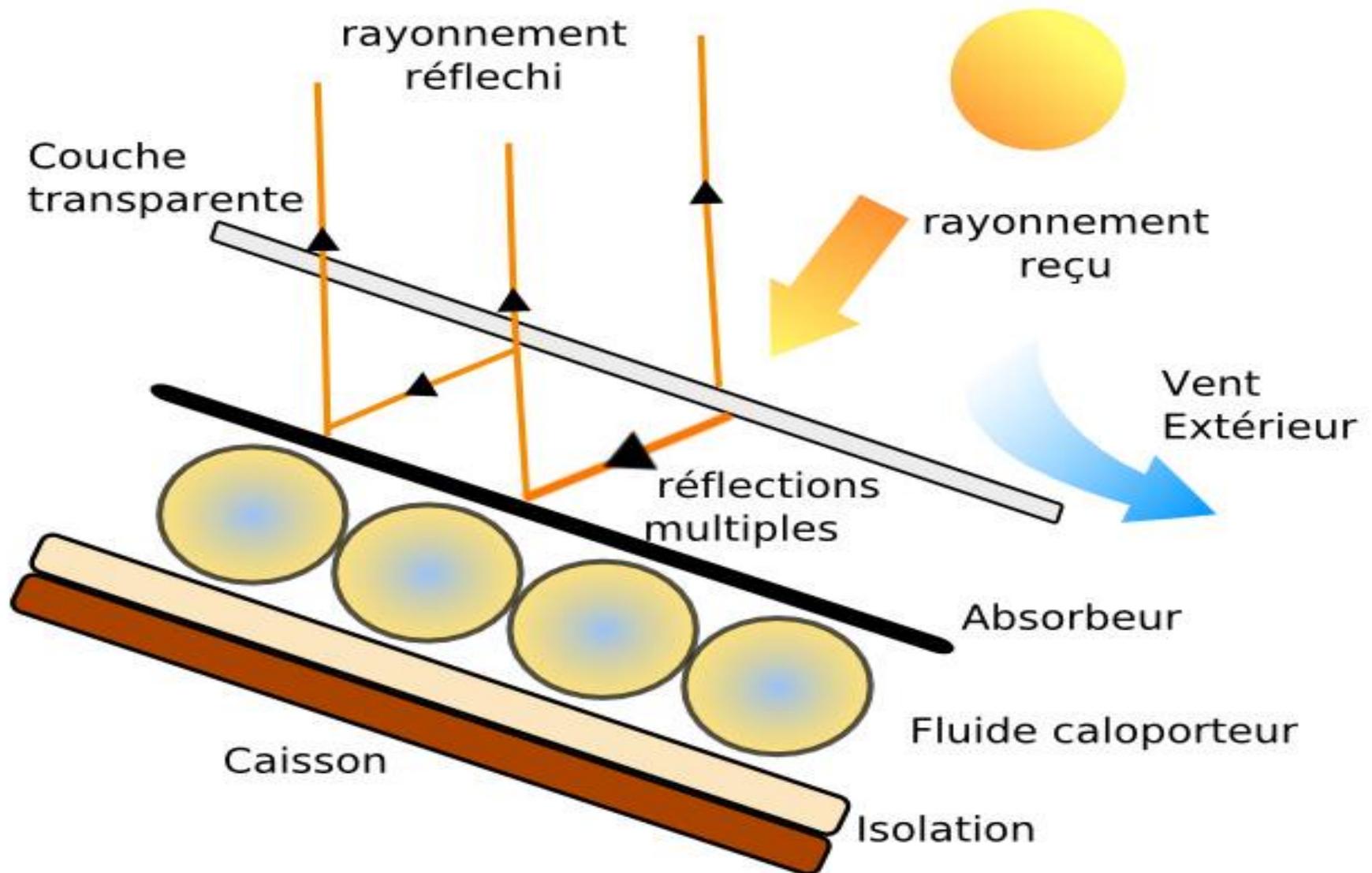


***Détail des composants du capteur plan vitré***

# Principe du capteur plan



# Principe de fonctionnement



Ta :  
température  
extérieure

Pertes par  
convection

Ts : température sortie  
Fluide caloporteur

Flux incident =>  
Eng  
UV, Visible et  
Infra rouge court  
( 0.3 et 2  $\mu\text{m}$  )

Pertes par  
rayonnement

Pertes par  
réflexion

Flux réfléchi  
Infra Rouge long  
( 3 et 20  $\mu\text{m}$  )

Flux ou puissance  
absorbé

Te : température  
entrée  
Fluide caloporteur

## FONCTIONNEMENT D'UN CAPTEUR SOLAIRE

Puissance utile = puissance absorbée – pertes thermiques ( W )

$$P_u = P_a - P_r$$

# Les pertes calorifiques déterminent le rendement thermique du capteur

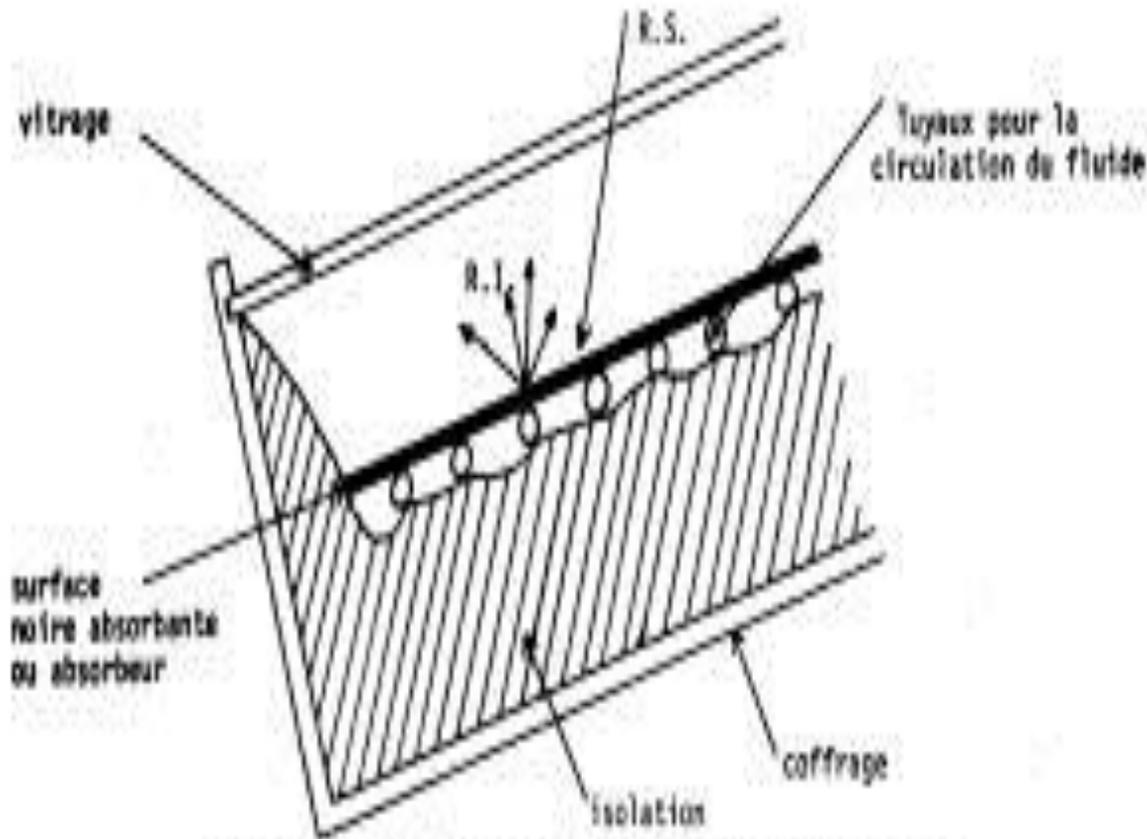


Fig. 3.17. - Coupe schématisée d'un capteur à convection naturelle sans convection

Elles sont fonction de:

- l'écart de température entre surf noir et l'aire exeterieure

- procédé de traitement de la surface noire

émission calorifique:  
(0.2 W / m<sup>2</sup>.°K  
(en recherche)

- Les capteurs fabriqués de cette manière peuvent atteindre des températures proches de 200°C