

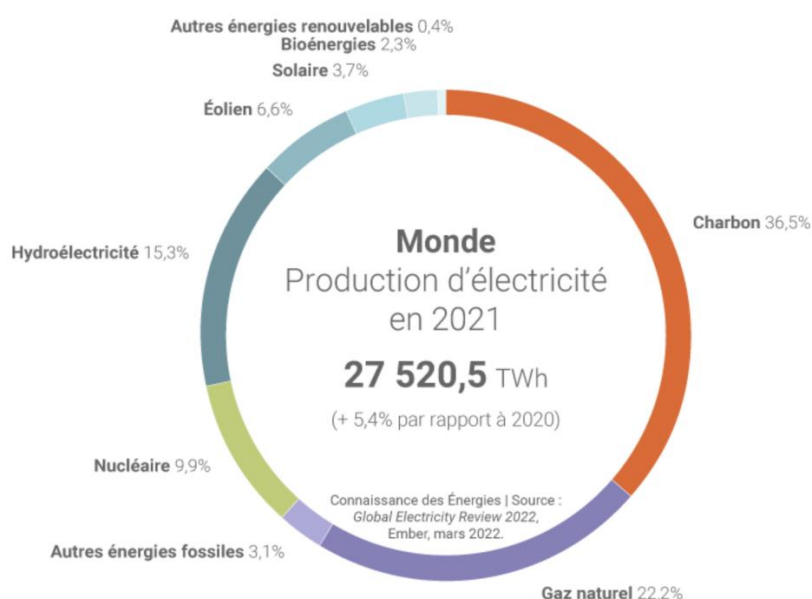
## 1) Introduction :

Pour répondre à des besoins économiques, sociaux ou encore vitaux, l'humanité fait appel à différentes énergies. En l'espace d'un siècle, la consommation énergétique a été multipliée par 20. Que cela soit pour le transport ou la production d'électricité, les énergies fossiles restent celles qui sont de loin la plus utilisée...

Malheureusement, l'exploitation des énergies fossiles a un impact sur l'environnement. L'exemple le plus connu étant les émissions de gaz à effet de serre, et plus particulièrement le CO<sub>2</sub>, avec pour conséquence le réchauffement climatique.

La figure ci-contre décrit, à l'échelle mondiale, dans quelle proportion les différentes sources d'énergie sont utilisées pour produire de l'électricité.

Nous pouvons constater que dans ce domaine les énergies fossiles restent majoritaires.



### Mise à jour 2022

Face à ce problème, de nombreux pays ont pris l'engagement de réduire ces émissions de gaz à effet de serre en essayant de limiter l'utilisation de ces énergies fossiles.

Parmi les nombreuses pistes envisagées, l'utilisation des énergies renouvelables telles que le solaire, l'éolien, l'hydraulique, la biomasse ou encore la géothermie, se démocratise de plus en plus.

Ces énergies sont dites renouvelables car elles sont inépuisables à l'échelle de l'activité humaine.

## 2) L'énergie solaire et les panneaux photovoltaïques

L'énergie solaire est disponible partout sur la planète et peut être exploitée de plusieurs manières :

- Le solaire thermique qui transforme directement le rayonnement en chaleur

- Le solaire thermodynamique à concentration et le solaire photovoltaïque qui produisent de l'électricité.

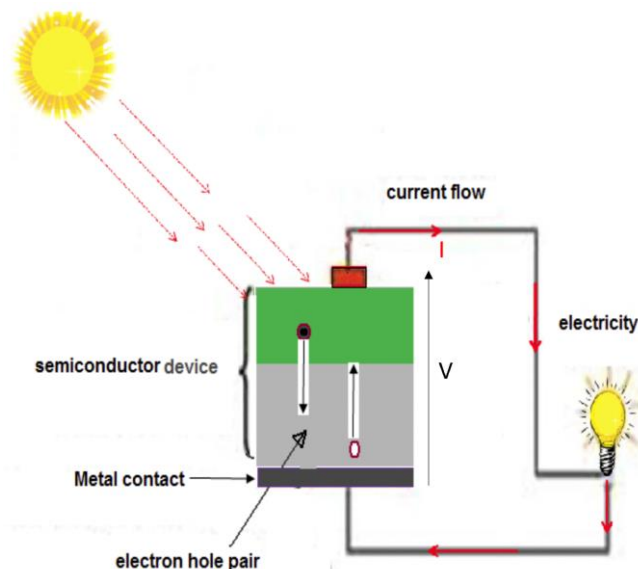
## a) Effet photovoltaïque :

Découvert en 1839 par Antoine Becquerel et son fils, Alexandre Edmond, l'effet photovoltaïque décrit comment l'énergie solaire (rayonnement) peut être convertie en énergie électrique.

Le principe est le suivant :

Les photons issus du soleil interagissent avec un matériau semi-conducteur, le silicium, dopé à l'aide de composants. Le dopage a pour but de créer un surplus d'électrons dans le silicium

L'interaction Silicium-soleil a pour conséquence la création d'un **courant électrique**.

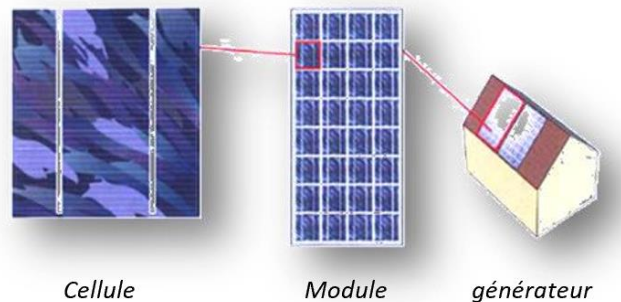


Le composant élémentaire qui permet d'observer ce phénomène est la cellule photoélectrique. Elle est constituée du matériau semi-conducteur dopé, pris en sandwich par deux contacts métalliques. En reliant électriquement ces deux faces à l'aide d'un dipôle (par exemple une ampoule), les électrons vont circuler d'une face à l'autre dès que la cellule sera éclairée. Nous aurons ainsi l'apparition d'un **courant I** dans le circuit **et d'une tension V** aux bornes de la cellule.

## b) Le générateur photovoltaïque :

Les installations photovoltaïques que l'on rencontre chez les particuliers ou sur des sites industriels jouent le rôle de générateur photovoltaïque : ils fournissent une alimentation utilisable par les appareils électriques.

Un générateur photovoltaïque est un assemblage électrique de **modules** (ou **panneaux**) photovoltaïques, eux-mêmes constitués par un grand nombre de **cellules reliées électriquement entre elles**.



Selon le besoin, il existe deux types de configurations :

- **Une configuration autonome :**

Toute l'énergie produite par l'installation photovoltaïque est utilisée pour alimenter le lieu. Elle est utilisée lorsque l'on se trouve en milieu isolé et/ou difficile d'accès pour le réseau électrique, ou bien lorsque que l'on souhaite avoir une autonomie électrique.

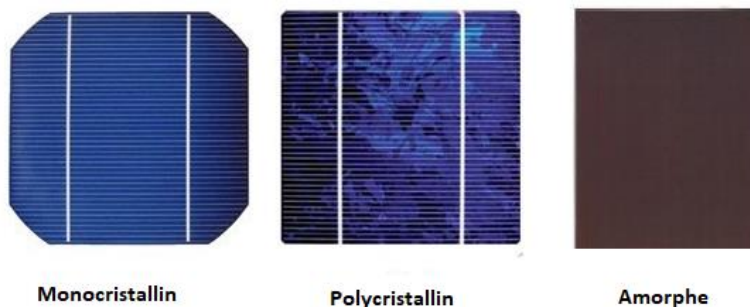
- **Une configuration en autoconsommation (ou connectée) :**

Dans ce cas de figure, l'installation est connectée au réseau EDF et le surplus d'électricité est revendu à ce dernier.

## c) Les différentes technologies :

Les cellules photovoltaïques qui composent un panneau solaire sont différentes selon la technologie employée pour les fabriquer :

- Les **cellules monocristallines**, constituées de deux couches de silicium, sont les plus chères du marché.
- Les **cellules polycristallines**, constituées de plusieurs cristaux de silicium avec un coût de fabrication moins élevé.
- Les **cellules amorphes**, constituées de feuilles de verre, rendant leur fabrication peu onéreuse.



Selon la technologie employée, le **rendement** du panneau solaire ne sera pas le même.

## Définition :

Généralement, quel que soit l'objet, nous définissons le **rendement** comme étant ratio entre la quantité d'énergie produite en sortie  $E_{\text{sortie}}$  par rapport à la quantité d'énergie reçue  $E_{\text{entrée}}$ .

$$r = \frac{E_{\text{sortie}}}{E_{\text{entrée}}}$$

Il s'agit d'un pourcentage. Plus il est élevé, plus la production est efficace.  
Dans le cas d'un panneau photovoltaïque, le rendement est :

$$r = \frac{\text{Puissance électrique générée par le panneau solaire } [W/m^2]}{\text{puissance lumineuse incidente } [W/m^2]}$$

En résumé,

Technologies	Rendement	Coût	Mise en œuvre	Surface installée	Observations
<b>Silicium monocristallin</b>	bon environ 20 %	Elevé	Aisée	Faible	<i>Pour espace disponible réduit ou priorité au besoin d'énergie</i>
<b>Silicium polycristallin</b>	moyen entre 12 % et 16 %	Moyen	Moyenne	Faible	<i>Solution intermédiaire intégrant espace disponible et coût.</i>
<b>silicium amorphe</b>	faible	Moyen	Longue	importante	<i>Pour surface disponible importante ou priorité au coût réduit.</i>

## d) Notions de Puissance :

Afin de caractériser l'efficacité d'une installation photovoltaïque, c'est à dire le rendement des panneaux photovoltaïques, il faut prendre en compte deux paramètres primordiaux : la puissance reçue par la cellule et la puissance électrique quelle génère.

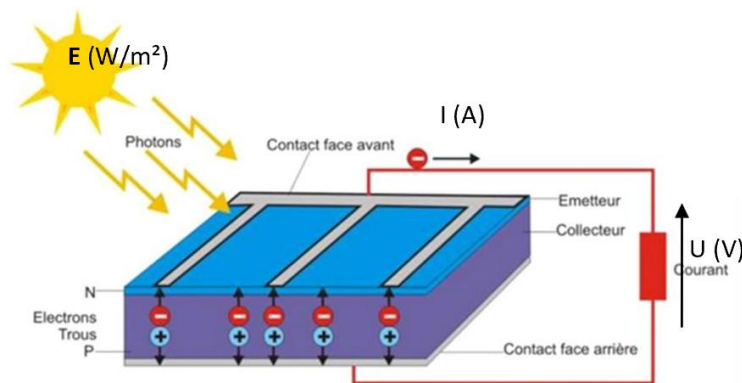
Définitions :

**L'éclairement E ou irradiance** est défini comme la puissance reçue par unité de surface. Elle s'exprime **en  $W/m^2$**  (watt par mètres carré).

La puissance électrique générée est définie par la relation suivante :

$$P = U \times I$$

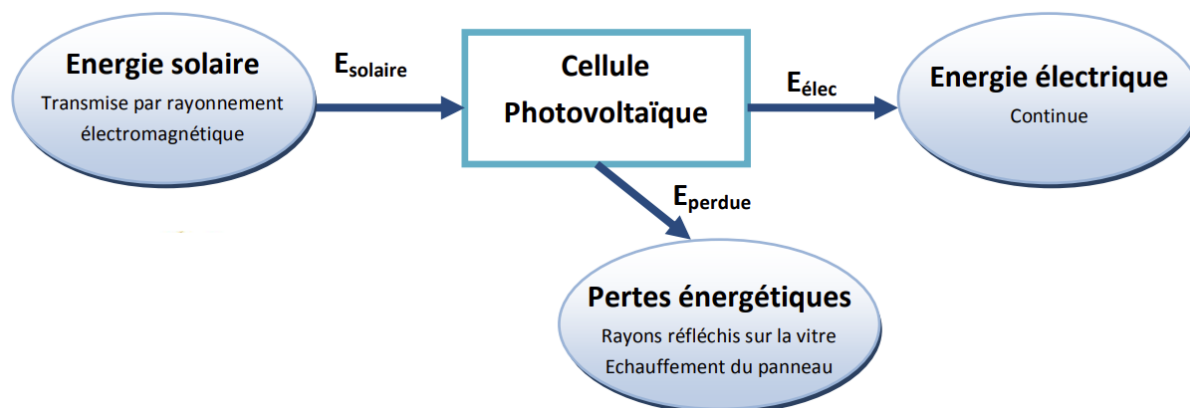
Elle s'exprime en W (Watt)



Ainsi, la puissance électrique dépend fortement du flux lumineux, c'est-à-dire des conditions climatiques.

Pour résumer, la conversion d'énergie solaire se fait avec des pertes :

$$E_{\text{solaire}} = E_{\text{élec}} + E_{\text{perdue}}$$






Conversion d'unités :  $1 \text{ kW.h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MW.s} = 3,6 \text{ MJ}$

## Puissance crête (Wc) :

Généralement, les industriels définissent la puissance nominale (conditions de fonctionnement normales) d'un panneau pour une irradiance de  $1000 W/m^2$  à une température de  $25^\circ C$ .

Cette puissance est aussi appelée **puissance crête (Wc)**.

Cette puissance va également dépendre d'autres paramètres tel que :

	L'ensoleillement	L'irradiance dépend de la qualité d'ensoleillement de la zone considérée
	L'Azimut	L'azimut, qui s'exprime en degrés, correspond à l'angle que forme l'orientation d'un panneau par rapport au plein sud (0°). La production est optimale pour une orientation plein sud
	L'Inclinaison	L'inclinaison correspond à l'angle (en degrés) que forme les modules avec l'horizon. La production est optimale pour une inclinaison entre 30° à 35°