

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## E. Les énergie renouvelables

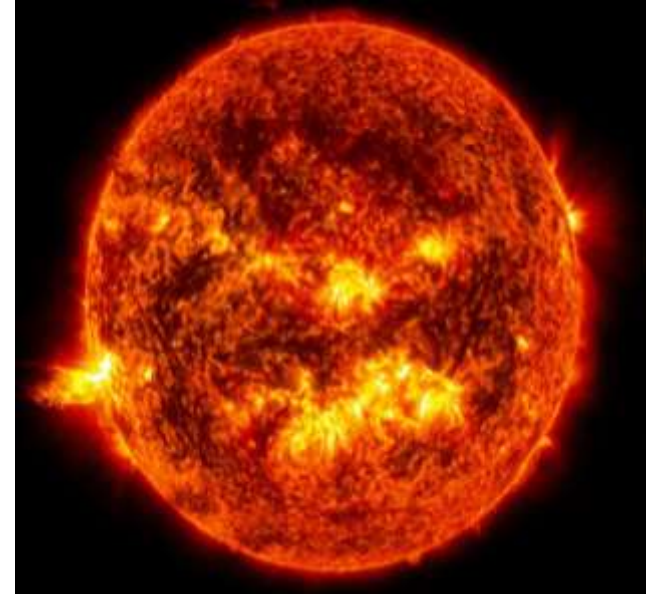


## 1. l'énergie solaire

■ Comme toute étoile, le Soleil est un gigantesque réacteur nucléaire. En son cœur, des réactions nucléaires de **fusion** ont lieu, au cours desquelles **l'hydrogène** est transformé en **hélium** en libérant de l'énergie sous forme d'un **rayonnement électromagnétique** de très forte puissance.

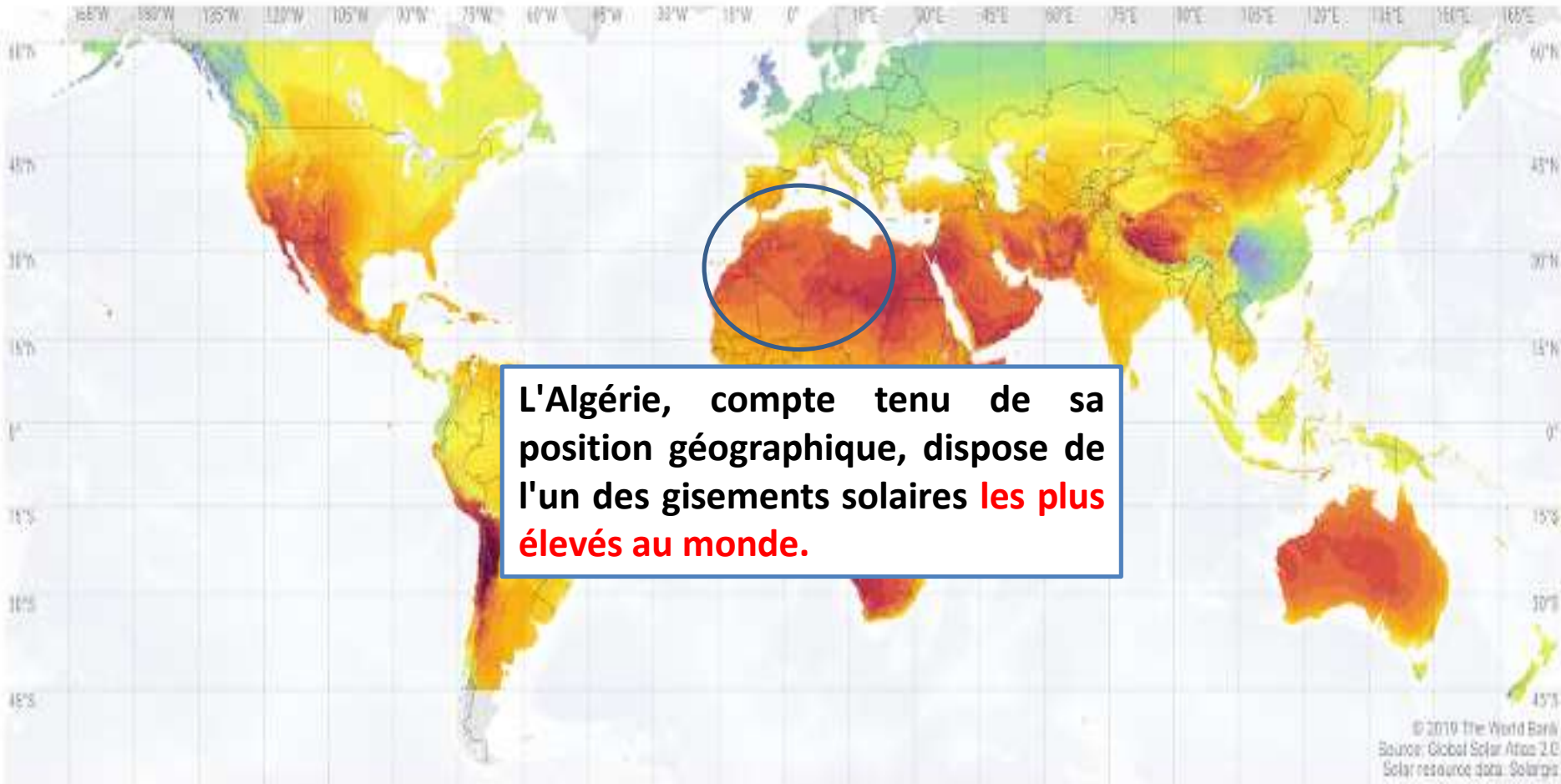
■ La température au centre du Soleil est de quinze millions de degrés.

■ Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse du règne végétal. Le règne animal, y compris l'humanité, dépendent des végétaux sur lesquels sont fondées toutes les chaînes alimentaires.

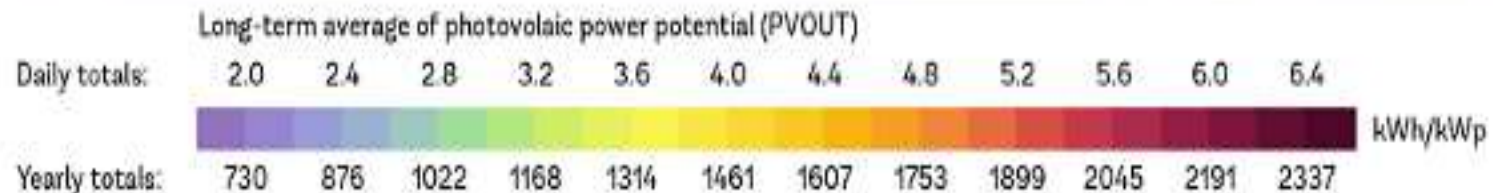


# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

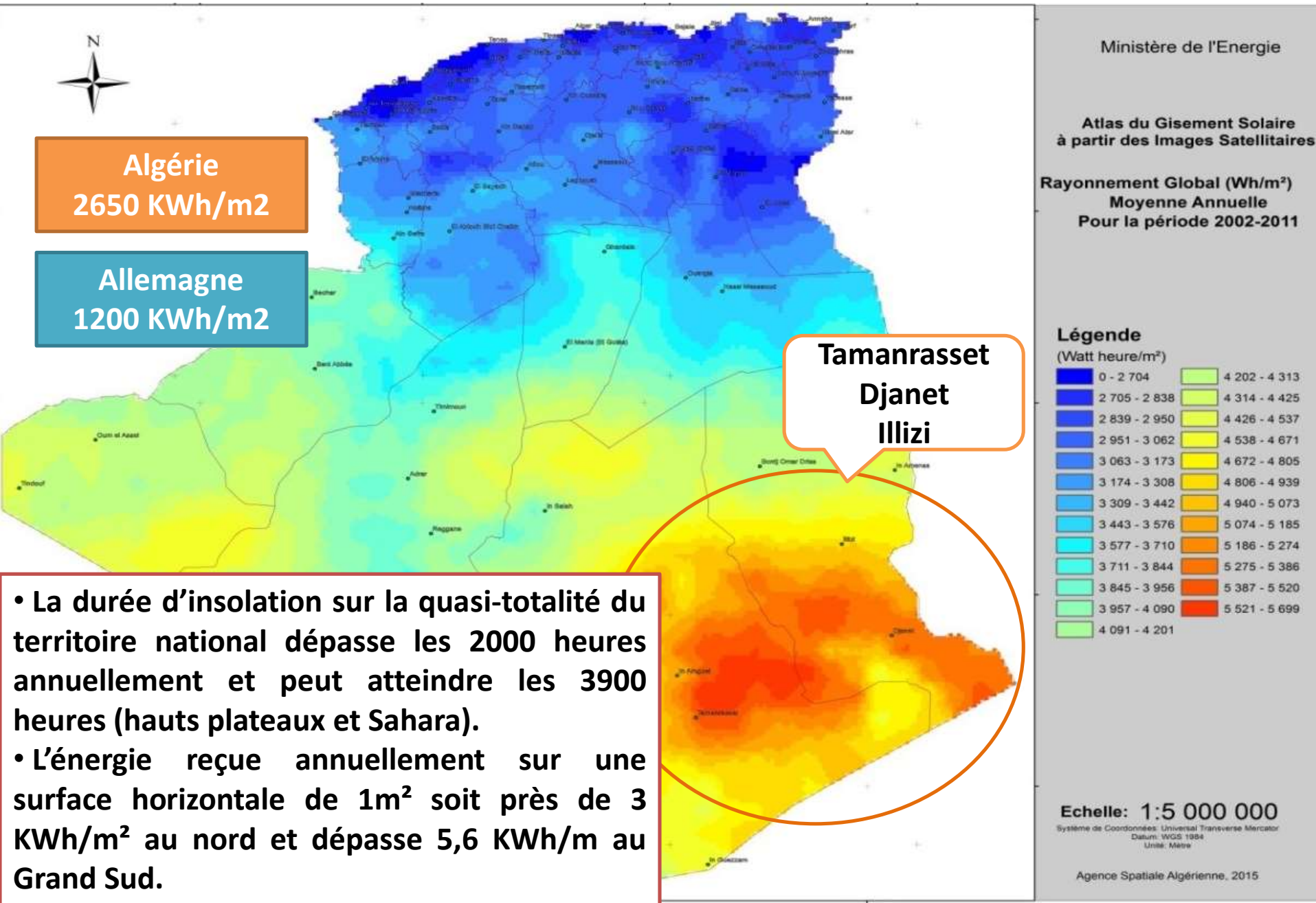
## Répartition de l'énergie solaire dans le monde



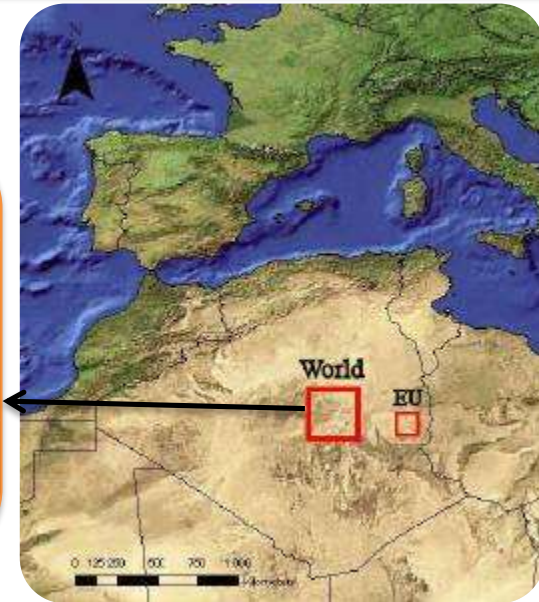
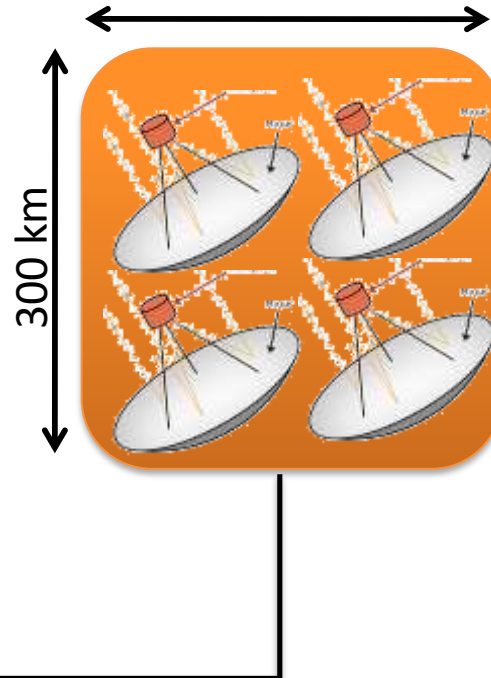
L'Algérie, compte tenu de sa position géographique, dispose de l'un des gisements solaires **les plus élevés au monde.**



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles



(Données fournies par le Centre aéronautique et spatial allemand (DLR), 2005)

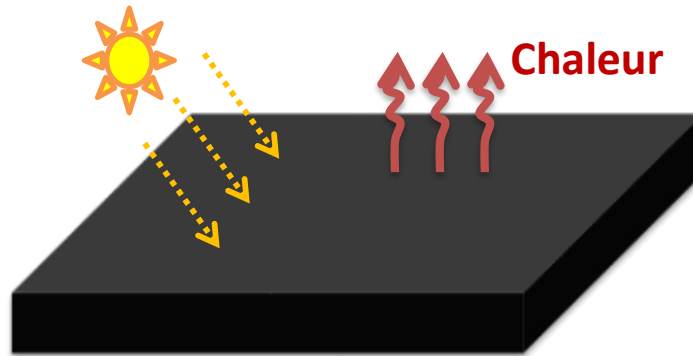
# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

Actuellement, il existe deux voies principales d'exploitation de l'énergie solaire :

- Le **solaire photovoltaïque** qui transforme directement le **rayonnement solaire** en **électricité**
- Le **solaire thermique** qui transforme directement le **rayonnement** en **chaleur**.
- Le solaire dit « thermodynamique » est une variante du solaire thermique. Cette technique se différencie en cela qu'elle utilise l'énergie thermique du soleil afin de la transformer dans un second temps en électricité.

## A. La conversion thermique (photothermique)

- La conversion thermique de l'énergie solaire consiste à absorber le rayonnement solaire incidents sur un matériau absorbant, dont la température augmente.
- Plusieurs modes de captation sont envisageables:



La conversion thermique

Capteur solaire plan

KHALDI Souheyla

Capteurs à concentration

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Capteur solaire plan

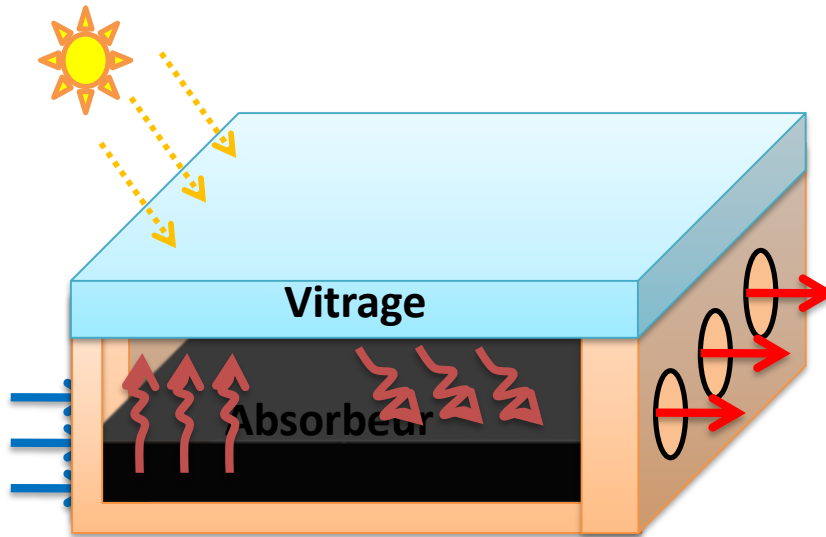


Schéma de principe de fonctionnement d'un capteur solaire plan

Il existe trois types de capteurs solaires thermiques :

- ➡ Le capteur plan, vitré
- ➡ Le capteur thermique non vitré
- ➡ Le capteur à tubes sous vide

- Un capteur solaire thermique plan est un dispositif qui convertit le rayonnement solaire en chaleur pour le transmettre à un fluide caloporteur.
- Les capteurs plans utilisent généralement l'effet de serre pour limiter les déperditions thermiques de l'absorbeur. En effet, le verre est transparent pour le rayonnement visible, et laisse donc passer l'énergie solaire incidente, mais opaque pour le rayonnement infrarouge, ce qui a pour effet de piéger la chaleur absorbées. Selon les technologies employées, les températures de fonctionnement des capteurs plans varient de **40 °C à 120 °C** (capteurs sous vide).

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Le capteur plan, vitré (à effet de serre)

### Les composants du capteur plan vitré

■ Généralement un capteur plan vitré est constitué:

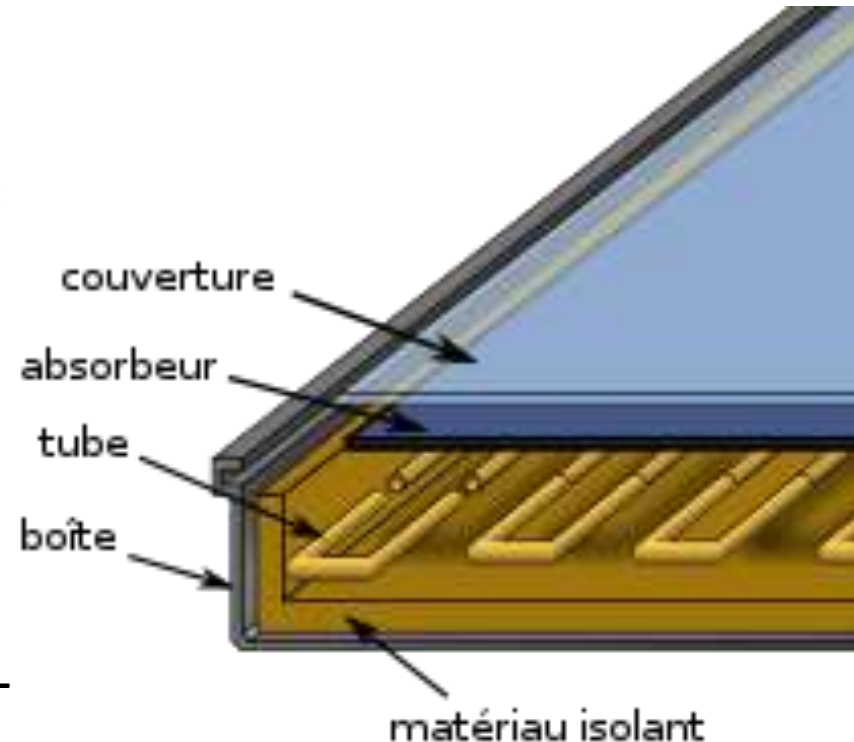
- d'une couverture transparente (verre ordinaire),
- d'un absorbeur (plaque métallique peinte en noir mat).
- d'une isolation thermique sur les cotés et à l'arrière de l'absorbeur.
- d'un cadre ou une boîte.
- Le fluide caloporteur est l'air ou l'eau.

■ Dés fois une seconde vitre est parfois disposée au-dessus du système. Cette solution présente certains avantages :

- ❖ les pertes par convection avec l'air ambiant sont moindres
- ❖ les pertes par infrarouge sont réduites de 25%.

■ La température de fonctionnement est comprise entre 30°C et 60°C.

■ Il est utilisé dans les installations de chauffage de l'eau sanitaire ou des locaux, le dessalement, de sécher ou de cuire les aliments.

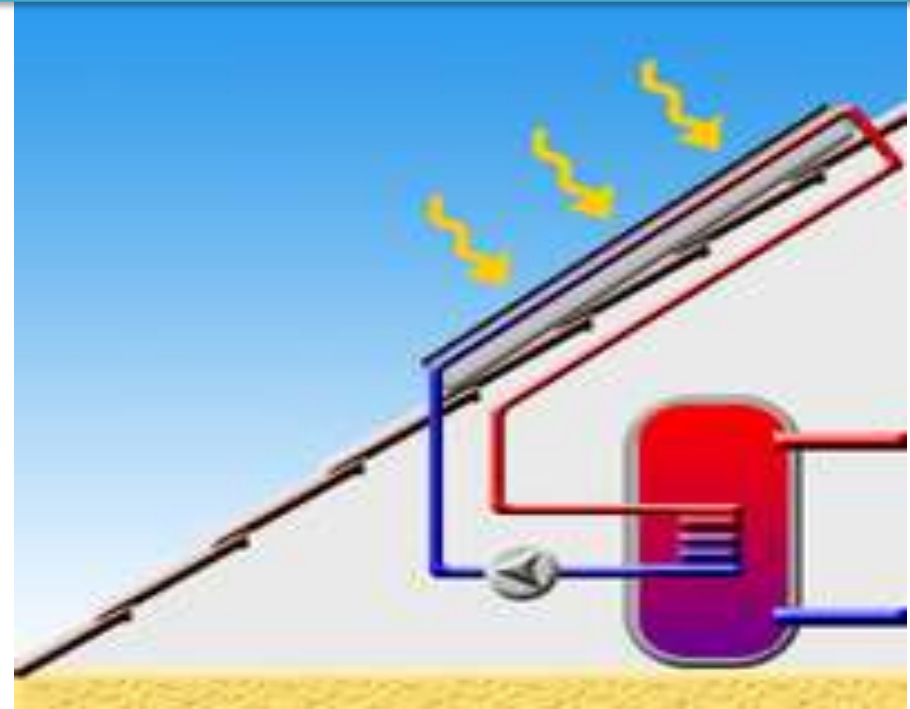
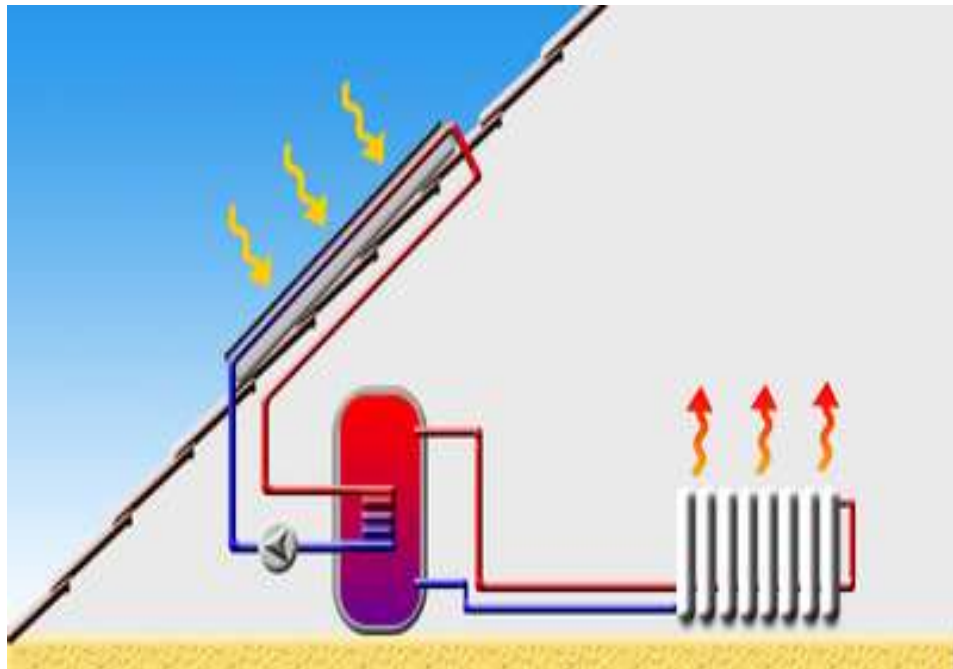




# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Exemples d'applications

Chauffage des habitats



Chauffe eau sanitaire

## Capteurs thermiques sans vitre

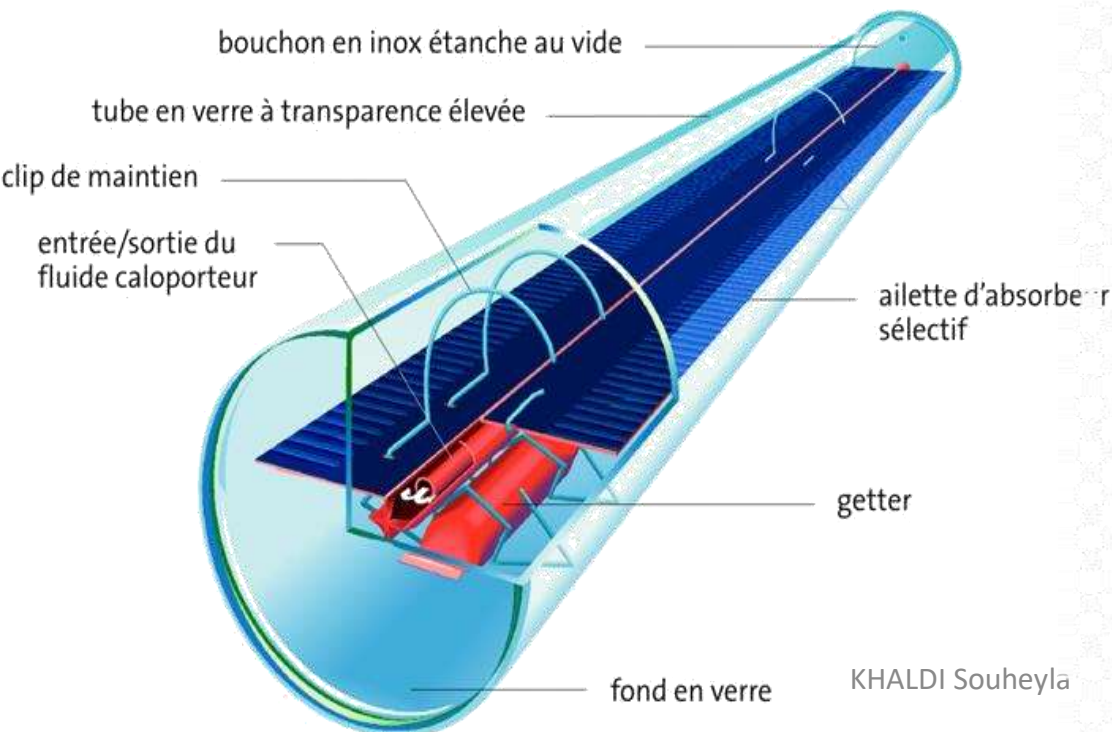
- Ce type de capteur est constitué de longs tubes noirs en métal ou en caoutchouc souple très résistant (Ethylène Propylène Diène Monomère ; EPDM).
- Du fait de l'absence de vitrage, il n'est pas isolé, ce qui fait que l'élévation de température obtenue est faible : +20°C par rapport à la température extérieure.
- Ces capteurs sont adaptés pour le chauffage des piscines.



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

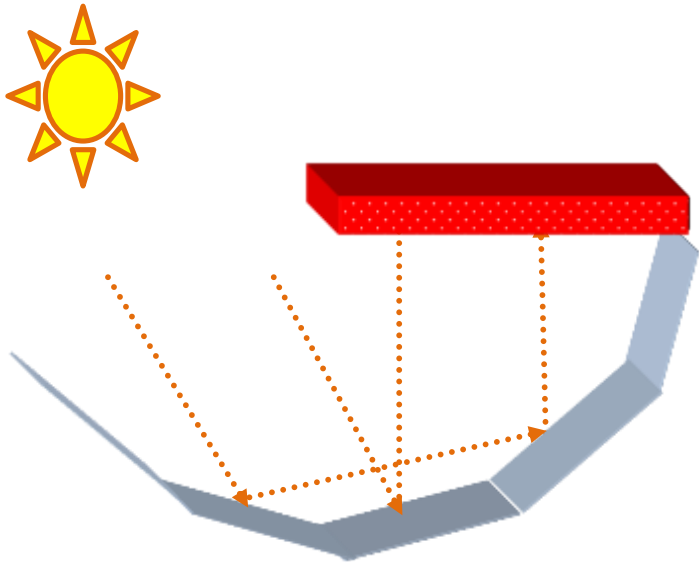
## Capteurs à tubes sous vide (panneaux High-Tec)

- Il se compose d'un ensemble de tubes cylindriques. Les tubes sont constitués d'un absorbeur sélectif, situé sur un siège réfléchissant et entouré d'un cylindre de verre transparent.
- Un vide a été créé entre le tube extérieur transparent et l'absorbeur intérieur. Ainsi, les pertes thermodynamiques par conduction et convection de la surface absorbante sont évitées.
- Cette caractéristique permet d'atteindre des températures de **plus de 100°C** et de profiter beaucoup plus du rayonnement solaire.



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

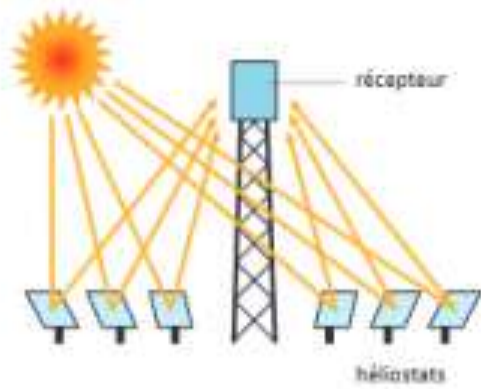
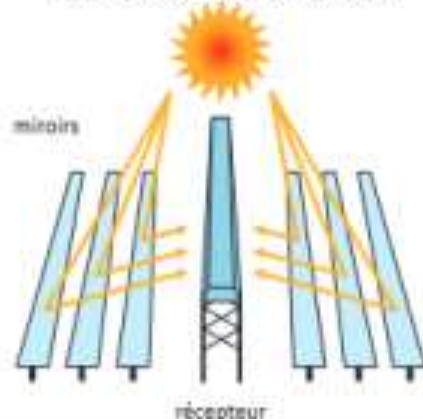
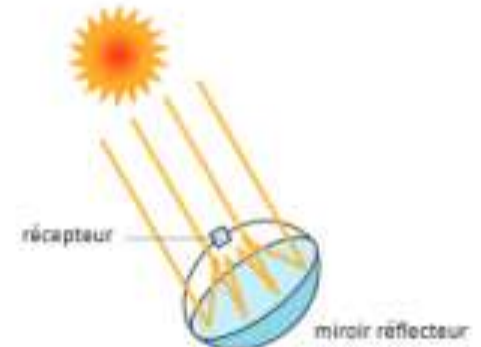
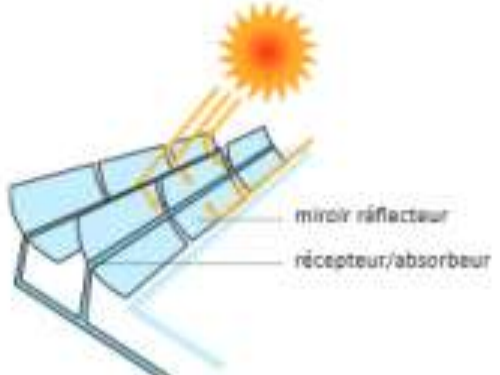
## Concentrateur solaire



- Les concentrateurs solaires sont des systèmes de miroirs aliés. Ils concentrent tout le rayonnement solaire en un seul point.
- La concentration du rayonnement solaire permet, pour une surface de capteur donnée, de diminuer la surface de réception effective et donc de minimiser l'influence des pertes thermiques du récepteur.
- Ainsi la température atteinte après transformation en chaleur est plus élevée.
- Avec ces concentrateurs la température varie entre **200°C** et **1800°C**, avec un rendement supérieur à **70%**.

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

➤ Quatre principales technologies permettent en pratique de réaliser la concentration du rayonnement solaire dans des conditions techniques et économiques viables :

	Concentration ponctuelle	Concentration linéaire
Fixes	<p>Centrales à tour</p>  <p>récepteur</p> <p>héliostats</p>	<p>Collecteurs Fresnel linéaires</p>  <p>miroirs</p> <p>récepteur</p>
Mobiles	<p>Collecteurs paraboliques</p>  <p>récepteur</p> <p>miroir réflecteur</p>	<p>Collecteurs cylindro-paraboliques</p>  <p>miroir réflecteur</p> <p>récepteur/absorbeur</p>

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Les capteurs cylindro-paraboliques

■ **principe de fonctionnement:** Sont des cylindro-parabolique de section droite parabolique, qui permettent de concentrer le rayonnement solaire sur un tube rectiligne où circule un fluide caloporteur qui servira à transporter la chaleur vers la centrale elle-même.

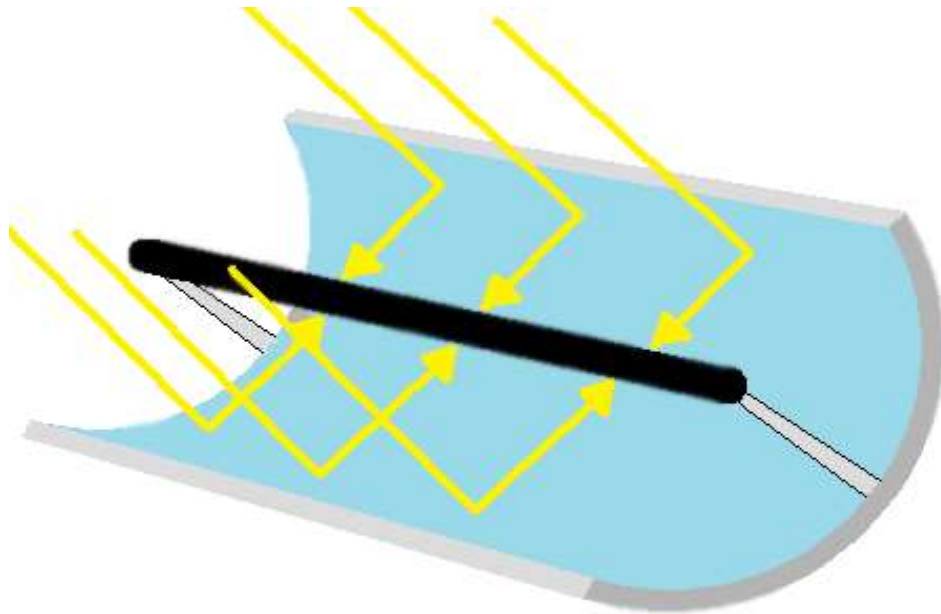
■ La température du fluide peut monter jusqu'à **500° C**.

### Fluides caloporteurs

Huile thermique

Eau / Vapeur pressurisée

Sels Fondus

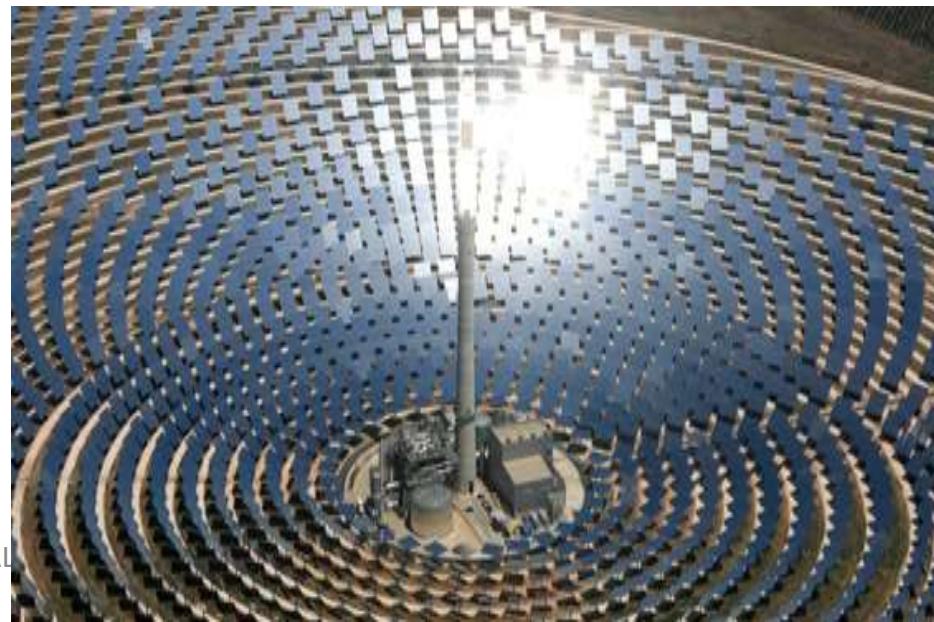
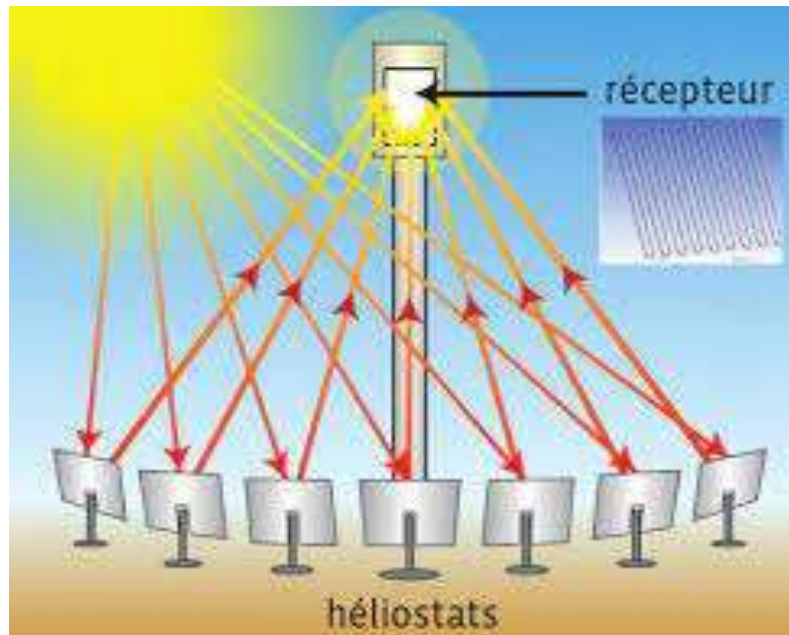


# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Les tours solaires

### Principe de fonctionnement :

- ☀ Plusieurs centaines ou milliers de miroirs sont positionnés autour d'une tour. Ces miroirs sont appelées « héliostats » (en grec : qui fixe le soleil).
- ☀ Ces héliostats sont fixées à la terre et orientées pour réfléchir le rayonnement solaire vers un point unique au sommet de la tour.
- ☀ Le rayonnement solaire est directement concentré sur un absorbeur qui transforme le rayonnement en chaleur à haute température.
- ☀ Généralement, un fluide caloporteur (des **sels fondus**) circule au sommet de la tour. Chauffé par les rayons, celui-ci transfère son énergie à un circuit d'eau pour produire par la suite l'électricité (le solaire thermodynamique).
- ☀ La température peut atteindre de **500 à 1 000°C**.



## B. La conversion électrique (photovoltaïque)

■ L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion directe de la **lumière** du soleil en **électricité** au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique.

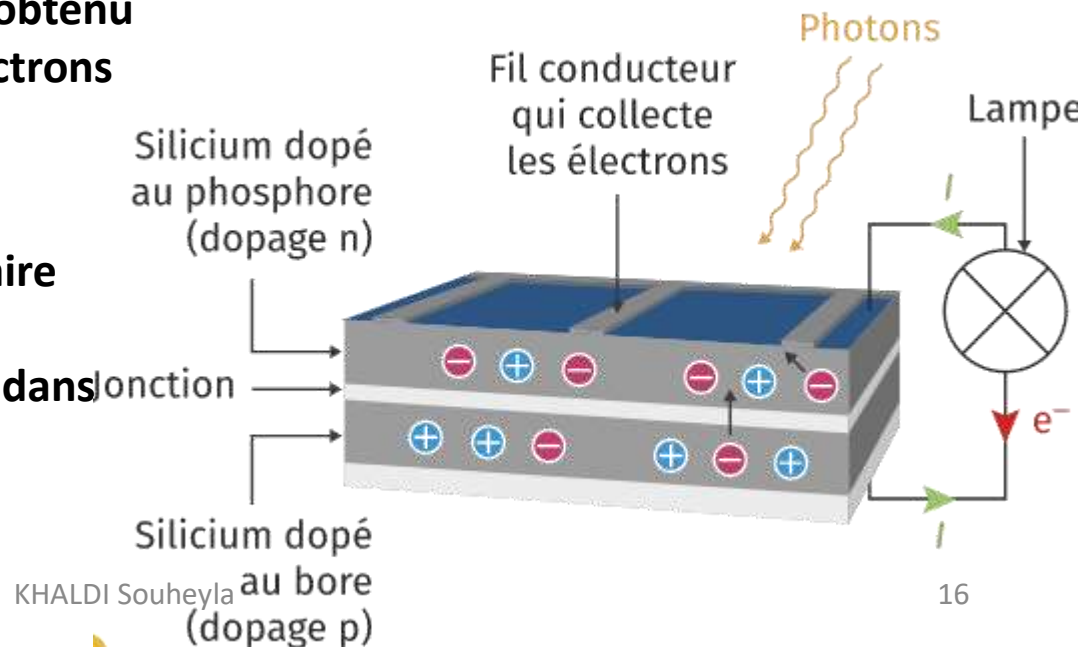
■ Ces matériaux photosensibles ont la propriété de **libérer leurs électrons** sous l'influence d'une **énergie extérieure**, C'est l'effet photovoltaïque.



Un semi-conducteur à simple jonction est constitué de deux couches de silicium. L'une contient un excédent de charges négatives obtenu par ajout d'un autre élément riche en électrons comme le phosphore (couche dopée N)

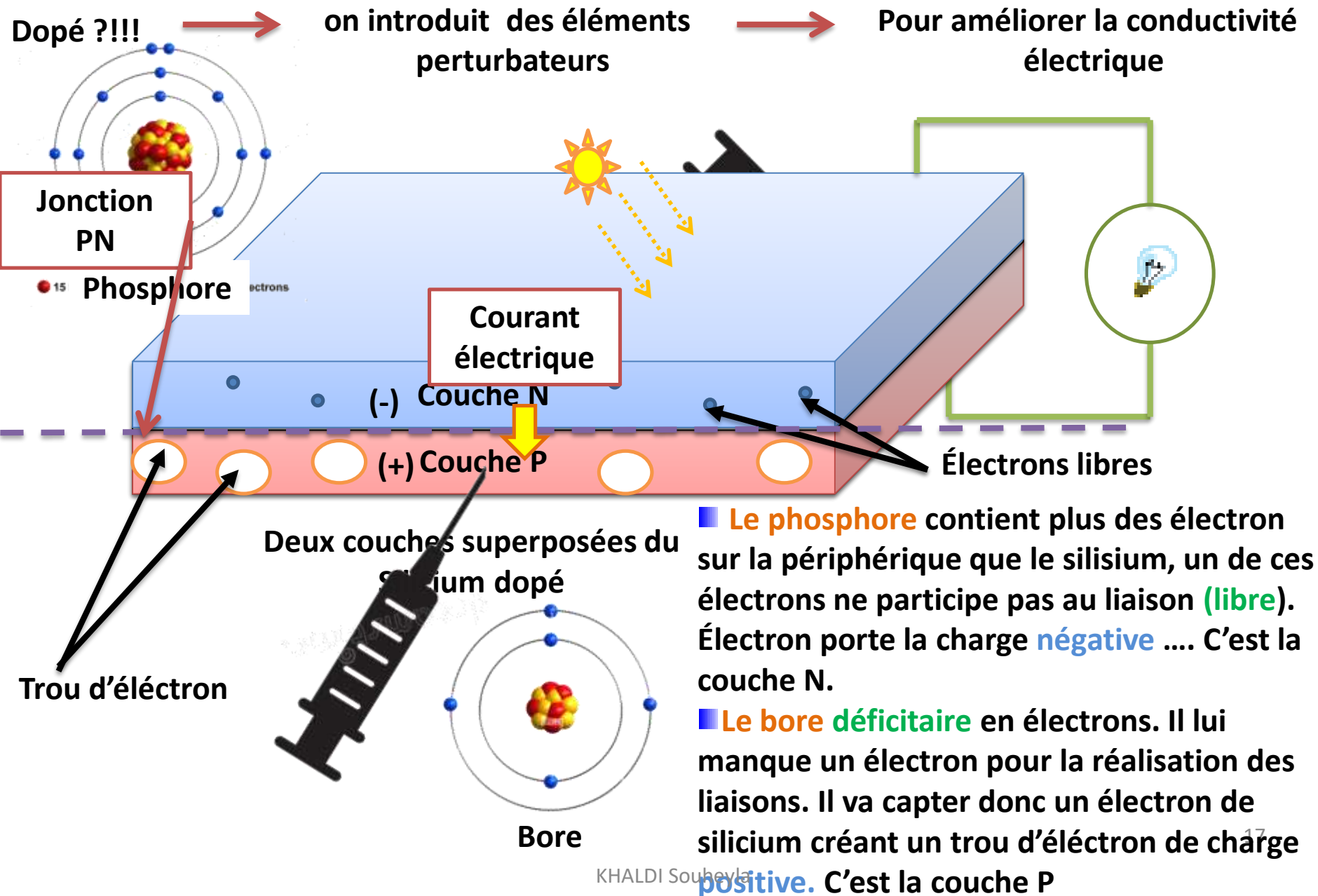
l'autre un excédent de charges positives obtenu par ajout d'un élément déficitaire en électrons comme le bore (couche dopée P).

Lorsque les rayons du Soleil atteignent la couche n, ils fournissent l'énergie nécessaire aux électrons pour passer dans les fils conducteurs situés à la surface et circuler dans le circuit électrique extérieur.





# Chapitre III: environnement et ressources naturelles



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles



**Générer de l'électricité pour la vendre au réseau électrique.**



**Systèmes d'éclairage autonomes.**



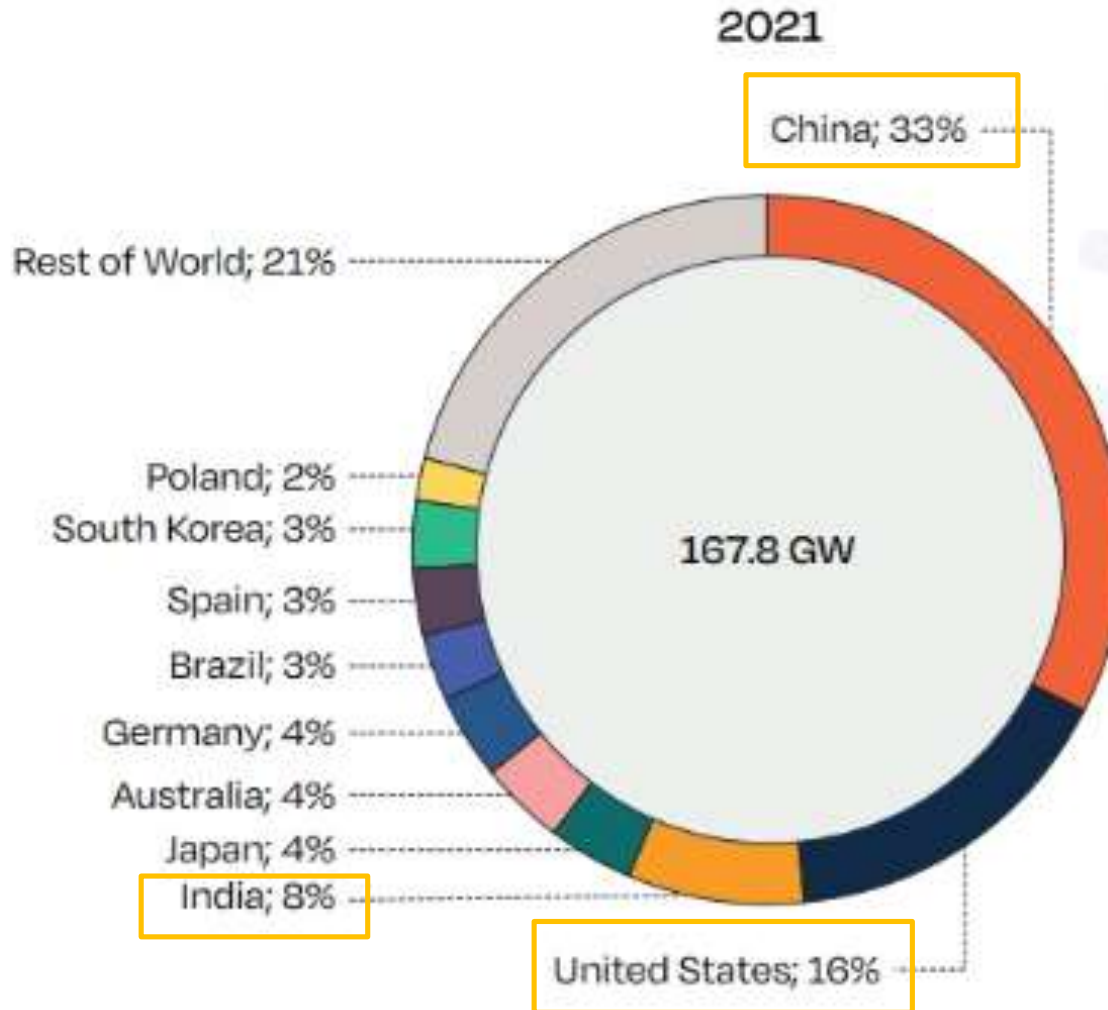
**Signalisation par énergie photovoltaïque**



**Électrification rurale, villages éloignés des principaux réseaux électriques.**

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## L'énergie solaire dans le monde



## 2. l'énergie éolienne

### La nature du vent

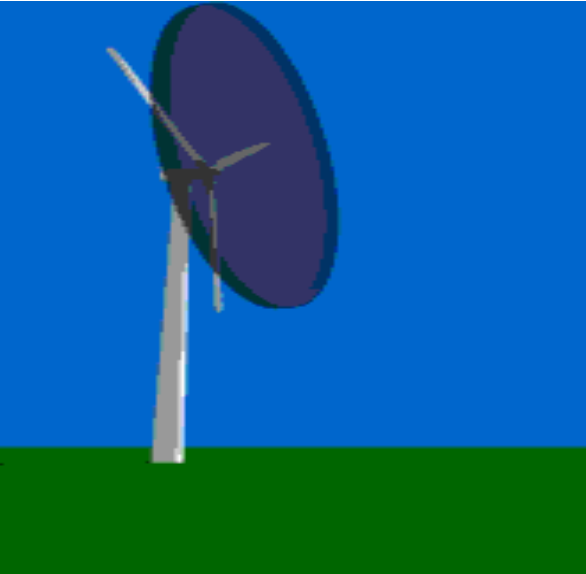
L'atmosphère terrestre étant **inégalement chauffée** par le rayonnement solaire, il en résulte des zones de basses pressions (ou dépressions), où l'air, plus chaud, est **moins dense**, et des zones de hautes pressions (ou anticyclones), où l'air, plus froid, est **plus dense**. Pour revenir à une situation **d'équilibre**, il doit s'opérer un déplacement d'air : **le vent** qui souffle des zones de hautes pressions vers les zones de basses pressions.



►  $\Delta T \rightarrow \Delta \rho \rightarrow \Delta P \rightarrow$  pour avoir un équilibre  $\rightarrow$  air doit se déplacer  $\rightarrow$  **Vent**

# Chapitre I: Généralité sur l'énergie

## 2. l'énergie éolienne



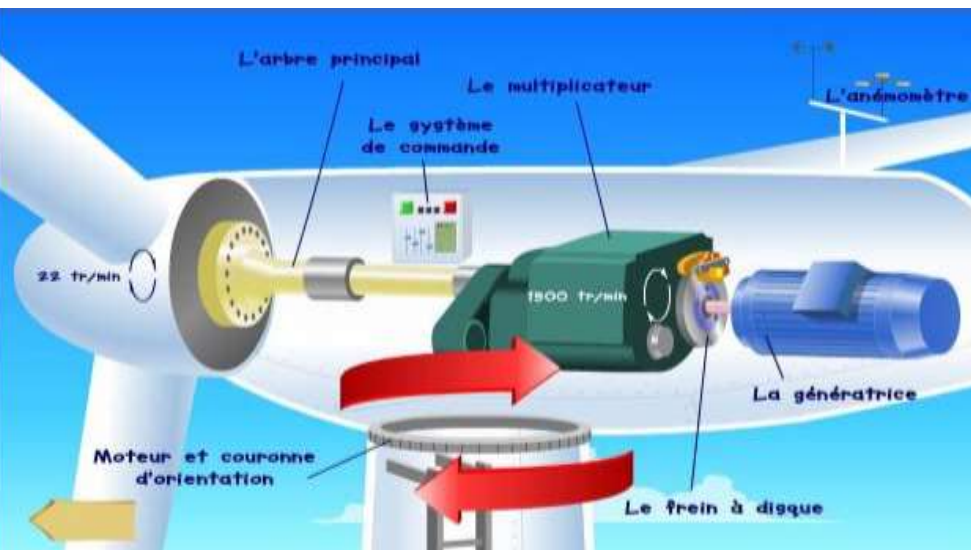
**L'énergie éolienne** utilise la force du vent dû à des différences de pressions atmosphériques locales pour tourner un dispositif aérogénérateur comme les éoliennes. Ce dernier est relié à un alternateur qui transforme **l'énergie mécanique en énergie électrique**.



Comme la vitesse du vent augmente avec la hauteur, les éoliennes sont installées sur des tours, souvent aussi hautes qu'un immeuble de **20 étages**.

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Les principales composants d'une éolienne

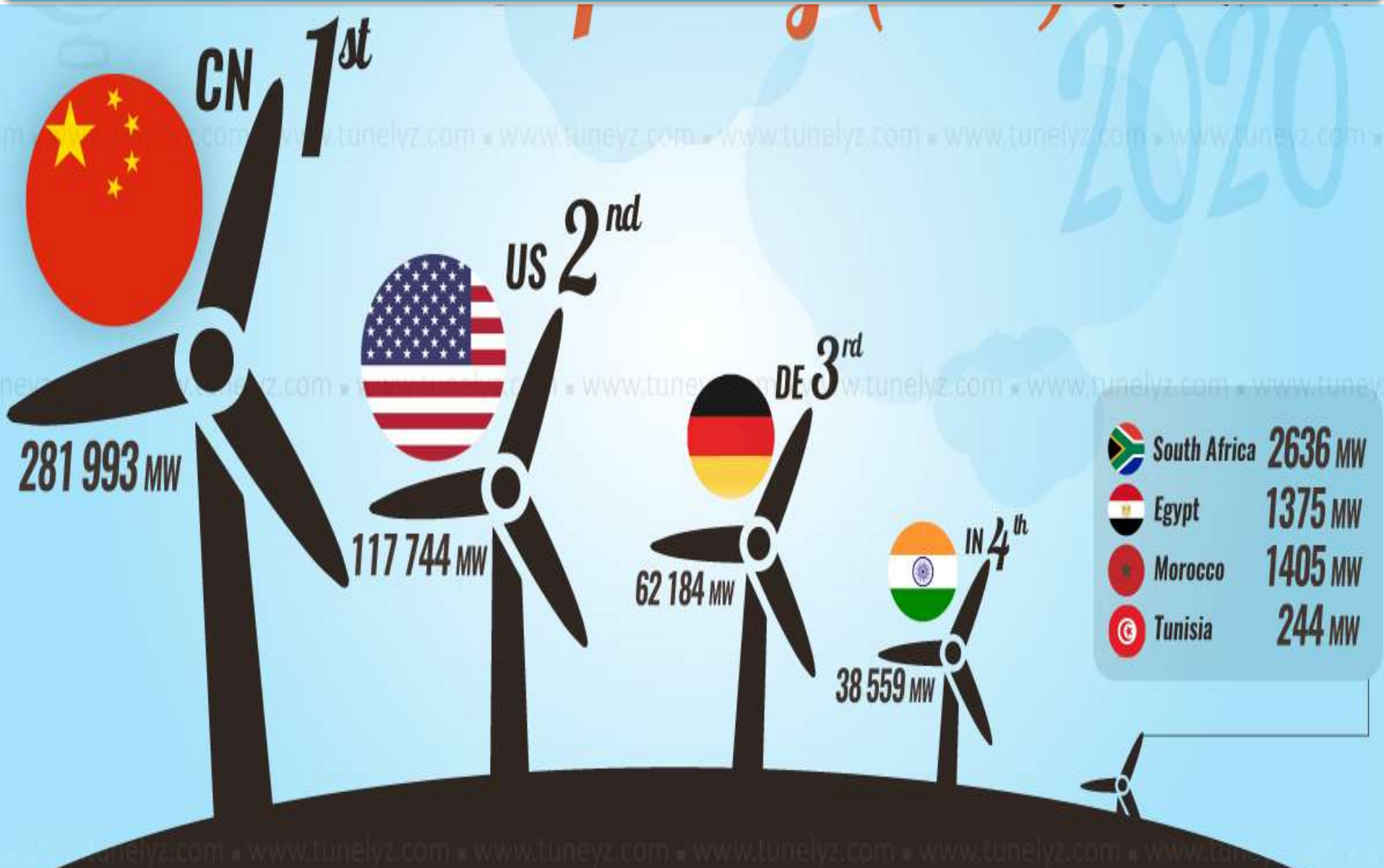


## Les éoliennes exigent:

- Un apport minimal de vent, généralement de 12 à 14 km/h, pour commencer à tourner et à produire de l'électricité ;
- Des vents de 50 à 60 km/h pour produire à pleine puissance ;
- Des vents en deçà de 90 km/h ; quand le cap des 90 km/h est dépassé, il faut interrompre la production pour éviter le bris d'équipement.

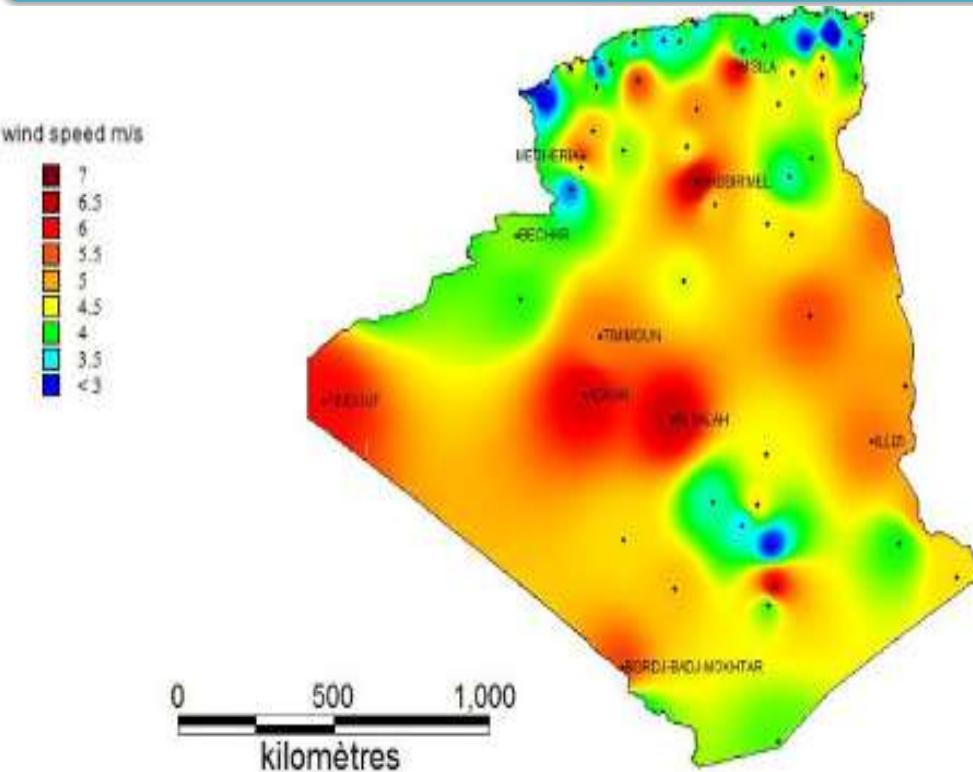


# Chapitre III: environnement et ressources naturelles



Source : IRENA - International Renewable Energy Agency ■ Renewable Capacity Statistics 2021

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles



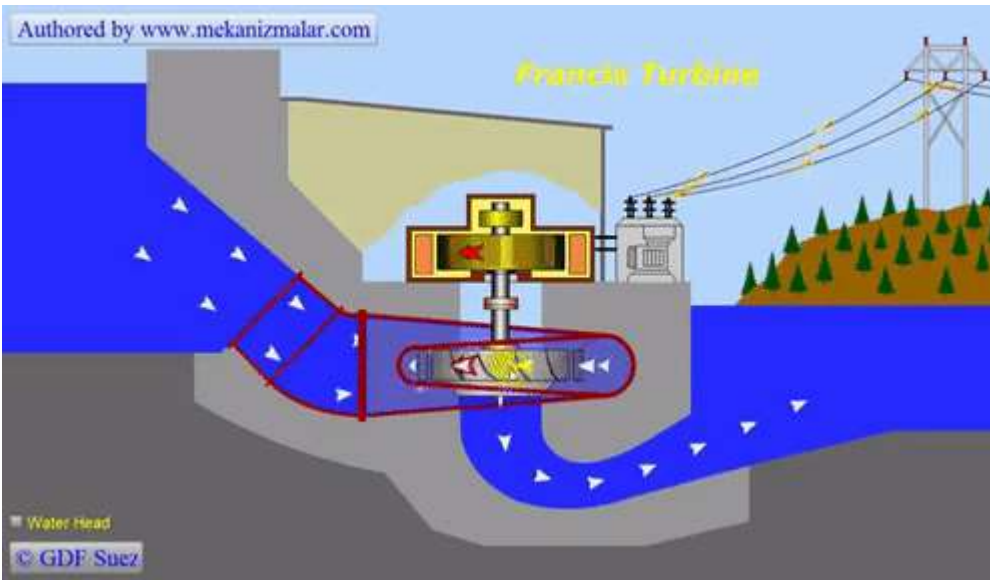
Les régions d' Adrar, Tamanrasset, Djanet et In Salah disposeraient d'un potentiel éolien exploitable .

- En Algérie, une première ferme éolienne de 10 MW de puissance a été implantée à Adrar et mise en service en juin 2014.
- Cette ferme est constituée de **14 éoliennes** de 850 kW de puissance, implantées sur une superficie de 30 hectares.



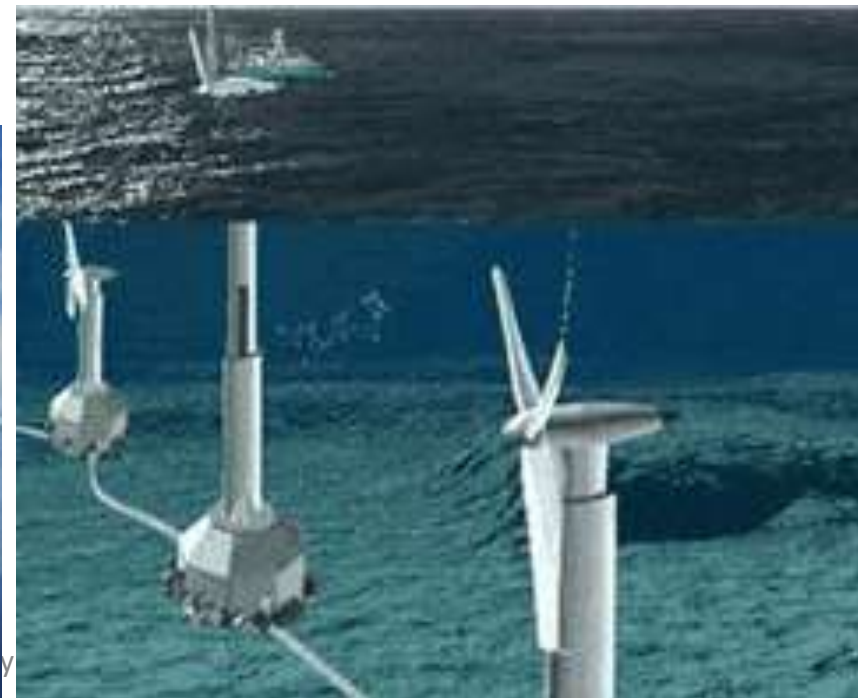


## 3. l'énergie hydraulique



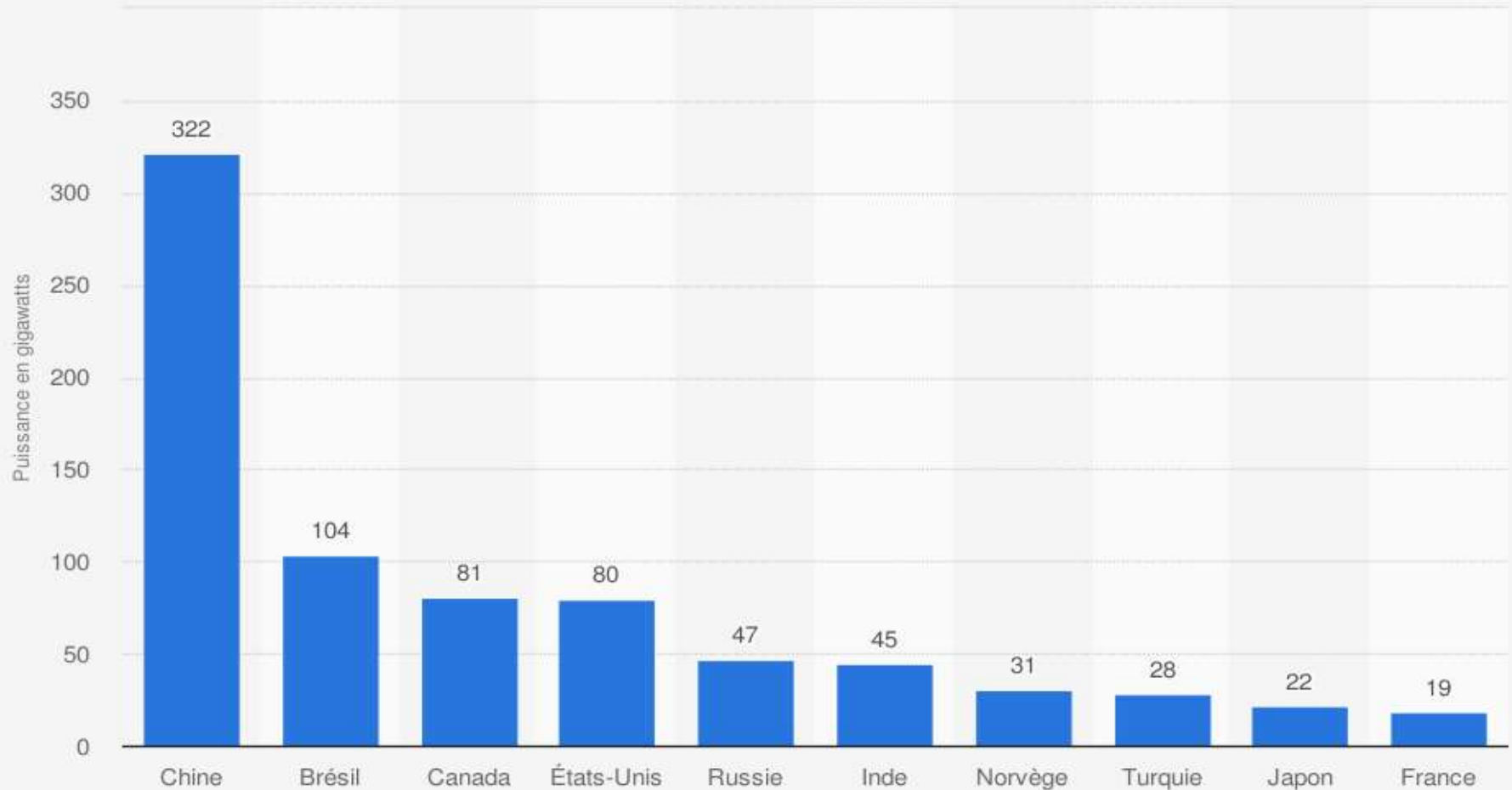
### L'énergie hydraulique :

- Utilise le mouvement de l'eau pour tourner une turbine qui produit de l'électricité. Plus l'eau coule vite, plus l'énergie produite est importante.
- L'énergie hydraulique est de loin la première source de production d'électricité d'origine renouvelable (83 %).



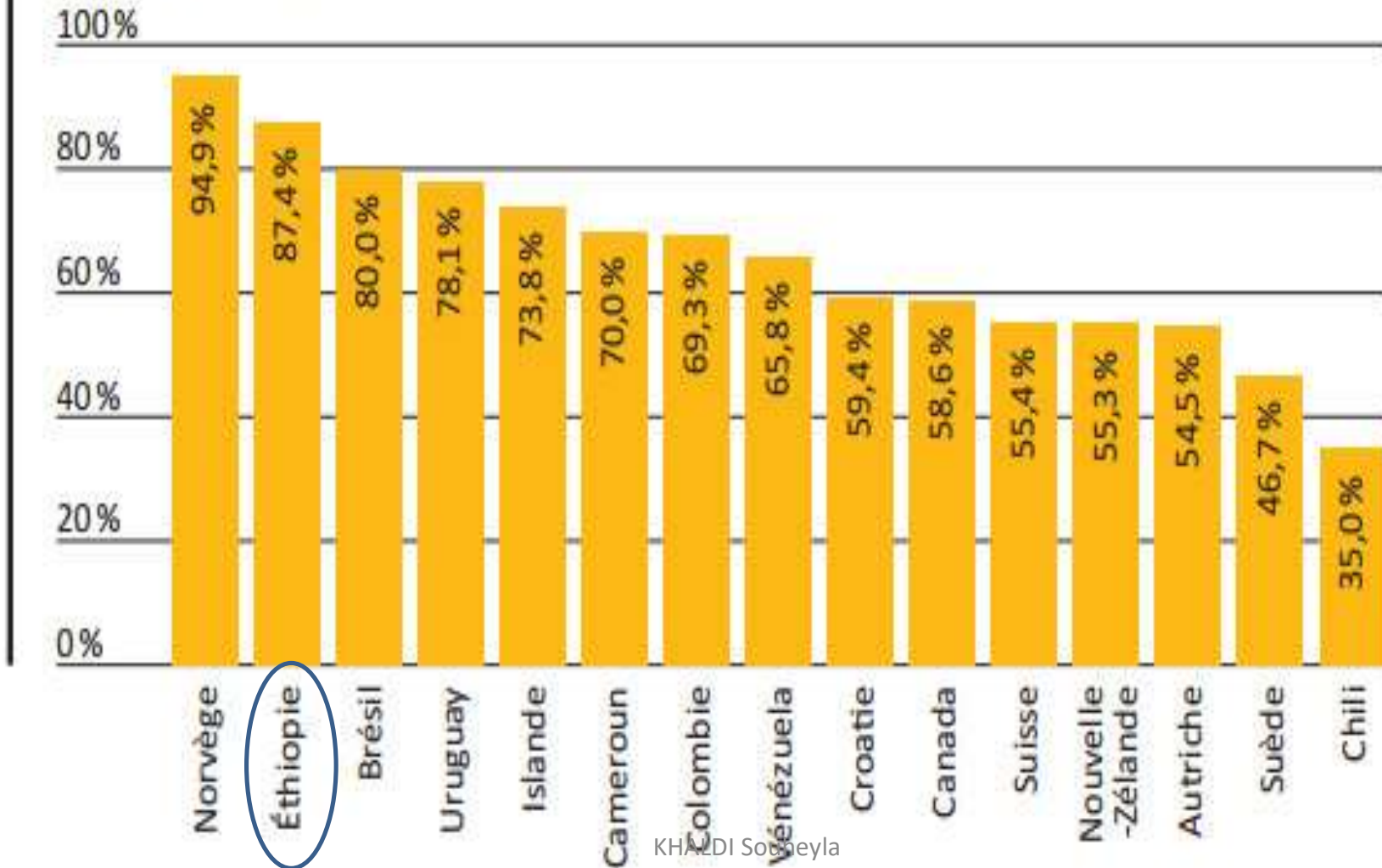
# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Capacité hydroélectrique dans le monde en 2018, selon le pays (en gigawatts)



## Part de l'électricité produite par l'énergie hydraulique

source : Observ.ER, 2011



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Barrage de la renaissance de l'Éthiopie

- Ce méga-barrage a une contenance totale de **74 milliards** de mètres cubes d'eau, il est construit dans le nord-ouest de l'Éthiopie sur le Nil bleu.
- Avec une capacité annoncée de près de **6 500 mégawatts**, il pourrait devenir le plus grand barrage hydroélectrique d'Afrique.

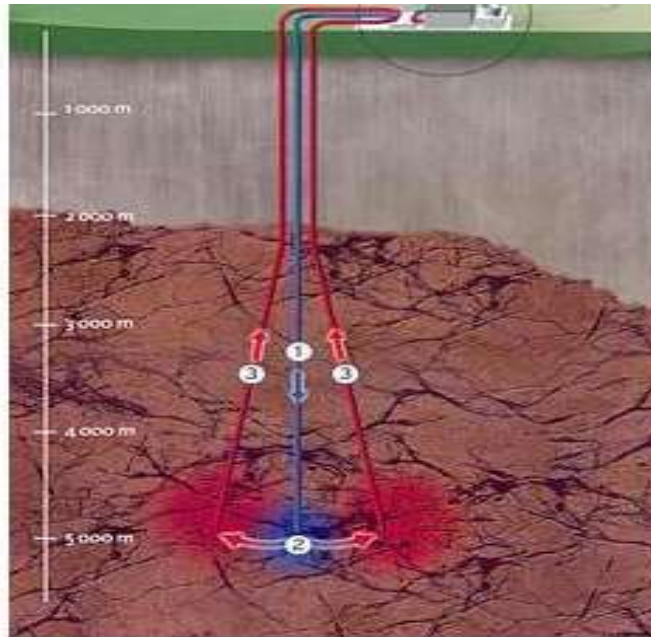


## 4. l'énergie géothermique

**L'énergie géothermique** : Est l'énergie générée par la chaleur des profondeurs de la Terre. Plus on creuse profondément, plus on atteint des températures élevées.

■ La géothermie se présente sous forme de réservoirs de vapeur (vapeur géothermale), d'eaux chaudes (eau géothermal) ou de roches chaudes, destinée à différents emplois.

■ C'est une énergie disponible **24** heures sur **24** et **365** jours par an, qui ne dépend ni du climat, ni des saisons, ni du jour ou de la nuit, elle est propre et durable.



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

■ Par endroits, le magma remonte vers la surface, réchauffant au passage les roches qui l'entourent. Le sous-sol gagne ainsi **3°C** en moyenne tous les **100 mètres**. Dans certaines zones, ce gradient peut même atteindre **100°C** pour 100 mètres (comme en Islande ou en Nouvelle-Zélande).

Par exemple:

➤ A 1400 m sous la surface terrestre il fait 150°C.

➤ A 3876 m il fait 170°C

■ La géothermie est qualifiée de:

● haute énergie (plus de 150°C, à plus de 1 500 m),

● moyenne énergie (90 à 150°C, entre 2 000 et 4 000 m, eau chaude ou vapeur), pour le chauffage ou la production de l'électricité.

● basse énergie (30 à 90°C, inférieur à 2 500 m): utilisée pour le chauffage des bâtiments.

● et très basse énergie (moins de 30°C, inférieures à 200 m): pour le chauffage et la climatisation des maisons.

■ L'utilisation des ressources géothermales se décompose en deux grandes familles : la production d'**électricité** et la production de **chaleur**.



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

La géothermie pour produire la chaleur (géothermie basse énergie)



la température des premiers mètres du sous-sol varie entre 10 et 14 °C. Mais est ce que c'est suffisant pour pouvoir chauffer une maison ?!

Oui...à condition d'installer une **pompe à chaleur géothermique**.

## Capteurs verticaux et horizontaux

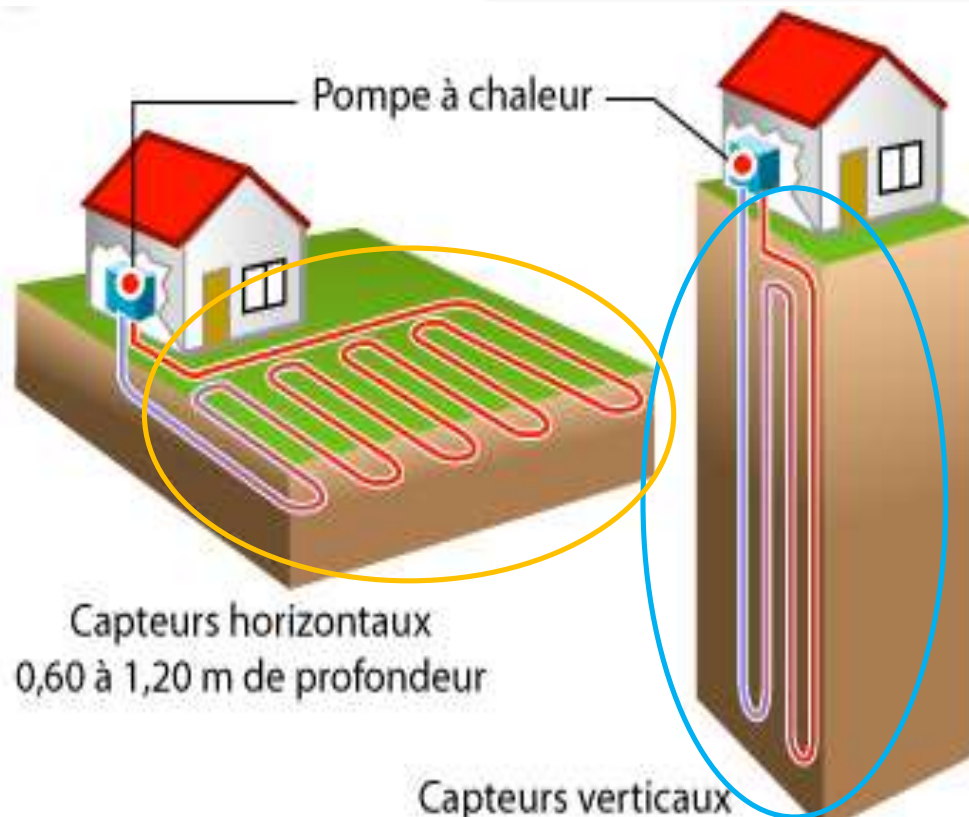
- Utiliser des **sondes verticales** en circuit fermé. Chaque sonde est constituée d'un tuyau qui forme une boucle.

- Une sonde de 100m de profondeur permet de chauffer environ 120 m<sup>2</sup> habitables.

- Des tuyaux en **serpentin** sont enterrés **horizontalement** à faible profondeur (0,60 m à 1,20 m) et prélèvent la chaleur des terrains qu'ils traversent.

- L'installation nécessite une surface de terrain équivalent à environ 2 fois la superficie habitable à chauffer.

- Un fluide caloporteur circule dans ce circuit fermé, capte la chaleur du sous-sol, la restitue au circuit de la maison.



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

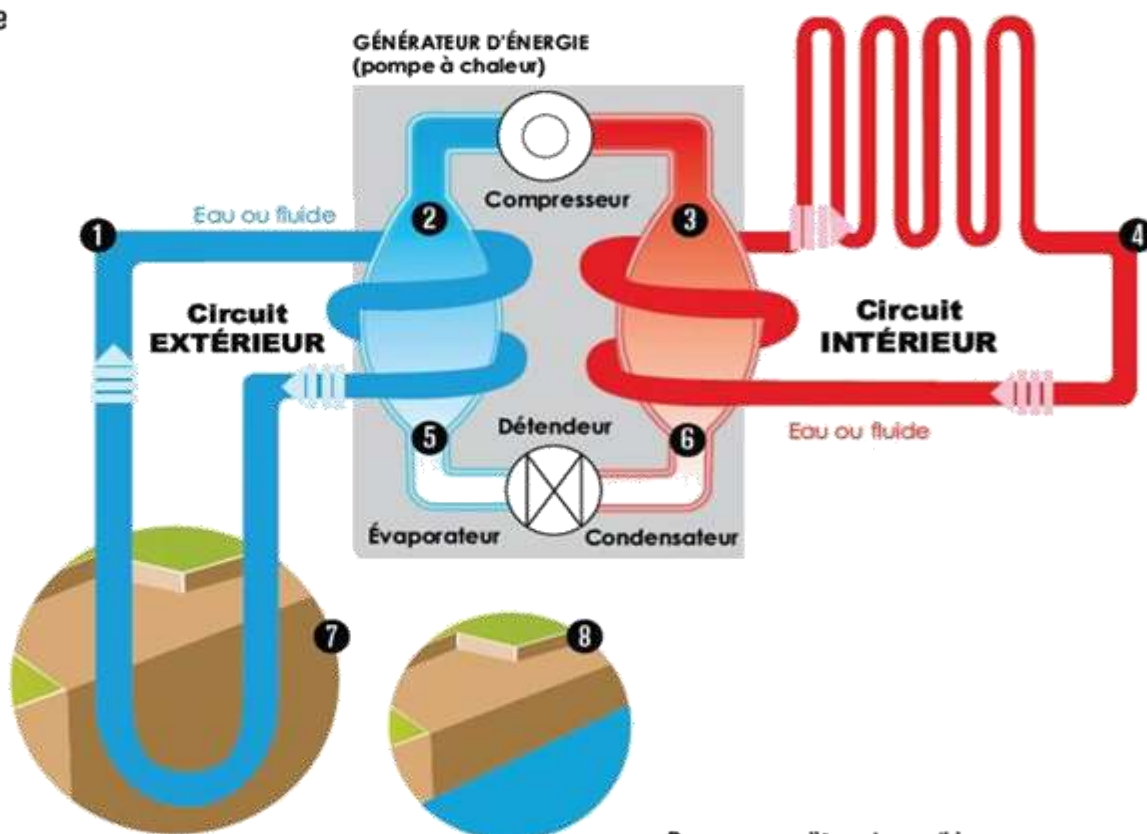
## Pompe à chaleur

■ Il s'agit d'un équipement qui fonctionne comme le réfrigérateur mais à l'envers. Elle capte la chaleur du sol pour la ramener à l'intérieur de la maison.

■ Inversé le cycle donne la possibilité à utiliser la pompe à chaleur comme climatiseur pour refroidir l'air pendant l'été.

Principe schématique de la pompe à chaleur géothermique

- 1 Circuit d'eau glycolée
- 2 Vapeur basse pression
- 3 Vapeur haute pression
- 4 Circuit de chauffage
- 5 Liquide basse pression
- 6 Liquide haute pression
- 7 Source de chaleur : la terre
- 8 Source de chaleur : l'eau (nappe souterraine)



KHALDI Souheyla

Deux sources d'énergie possibles :  
- la terre (captage horizontal et vertical)  
- l'eau (captage sur nappe)



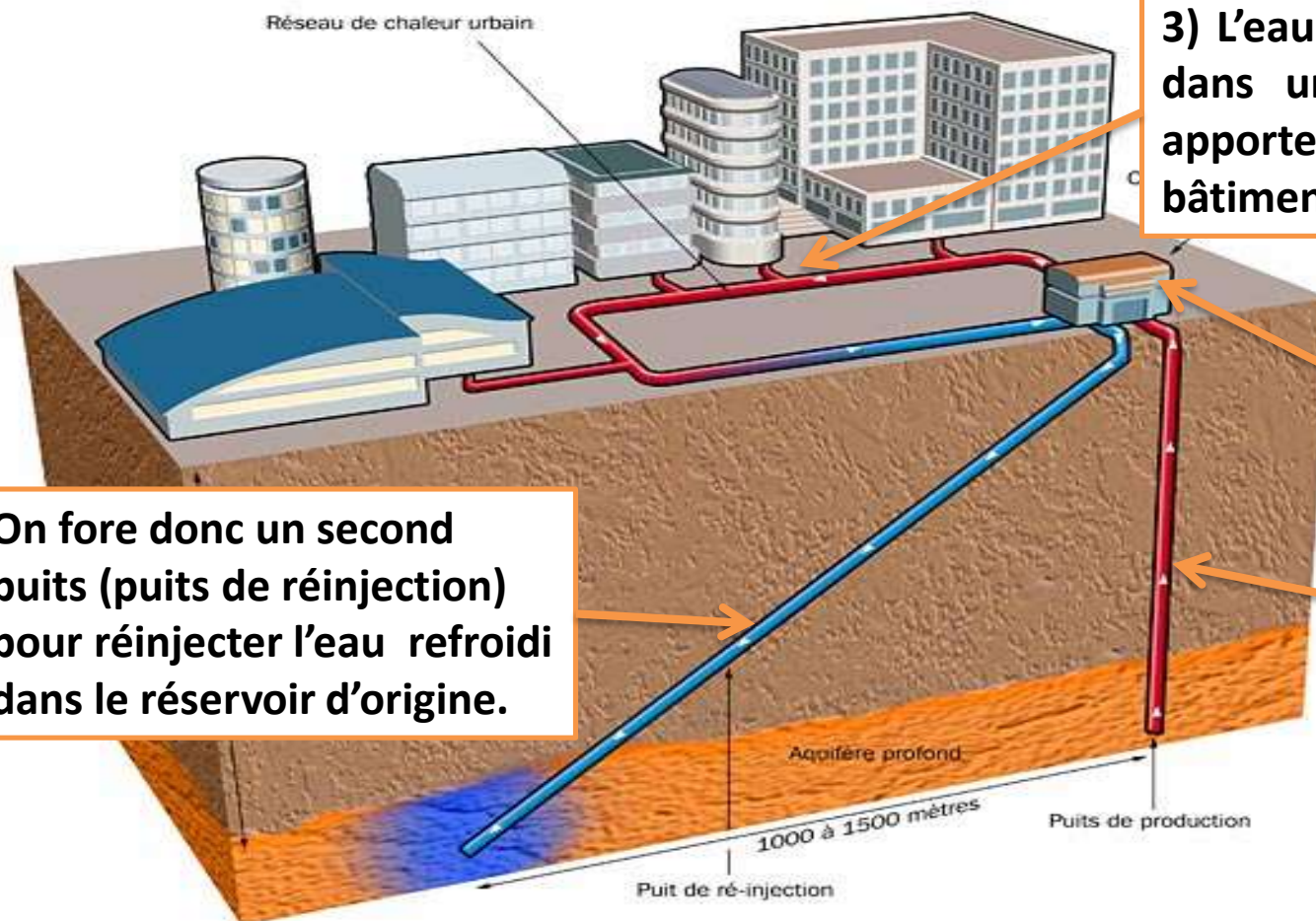
# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## Les réseaux de chaleur (géothermie moyenne énergie)

Il s'agit de trouver une nappe phréatique ou un aquifère: ce sont des roches réservoirs poreuses et perméables où l'eau chaude circule en grandes quantités.

RESEAU DE CHALEUR URBAIN

Réseau de chaleur urbain



3) L'eau réchauffée circule ensuite dans un réseau de chaleur qui apportera la chaleur jusqu'aux bâtiments pour les chauffer.

2) on la fait passer dans un échangeur de chaleur.

1) on puise l'eau du sous-sol par forage (le puits de production).

On fore donc un second puits (puits de réinjection) pour réinjecter l'eau refroidi dans le réservoir d'origine.

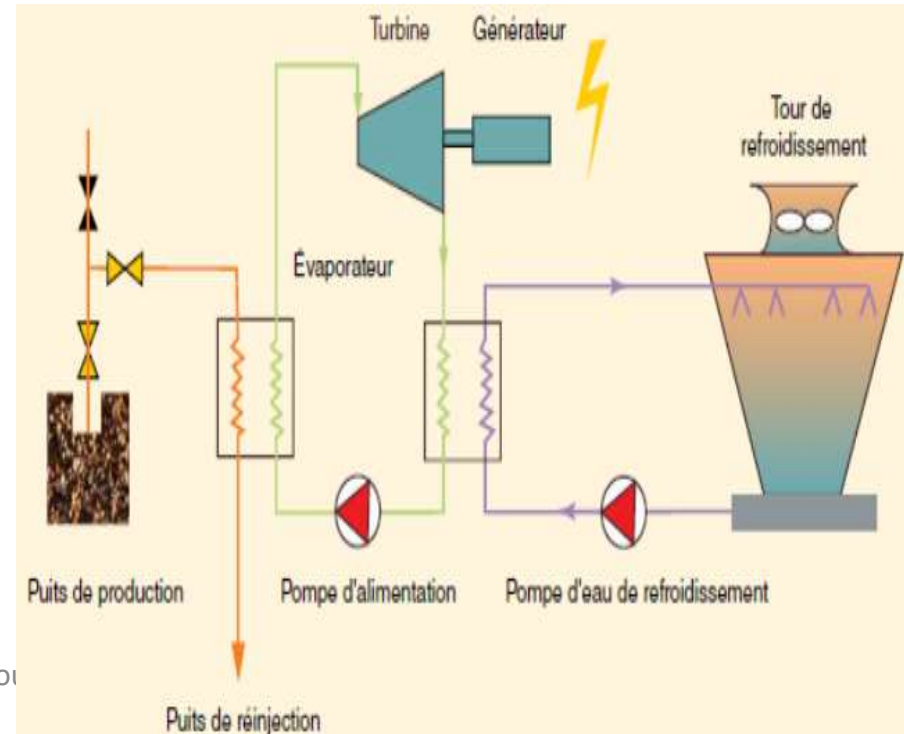
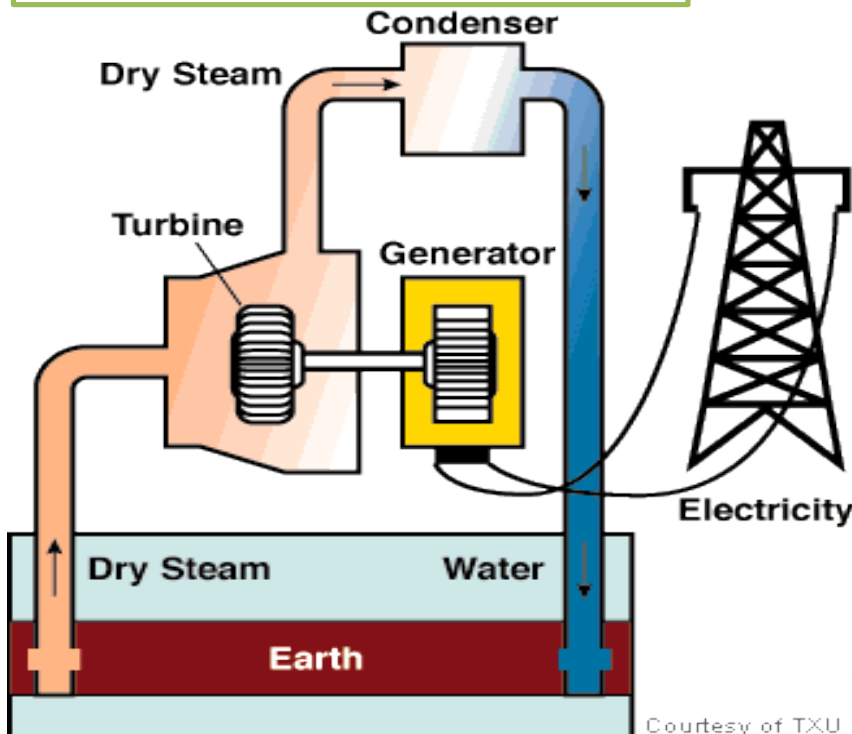
# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

La géothermie pour produire de l'électricité (géothermie haute et moyenne énergie)

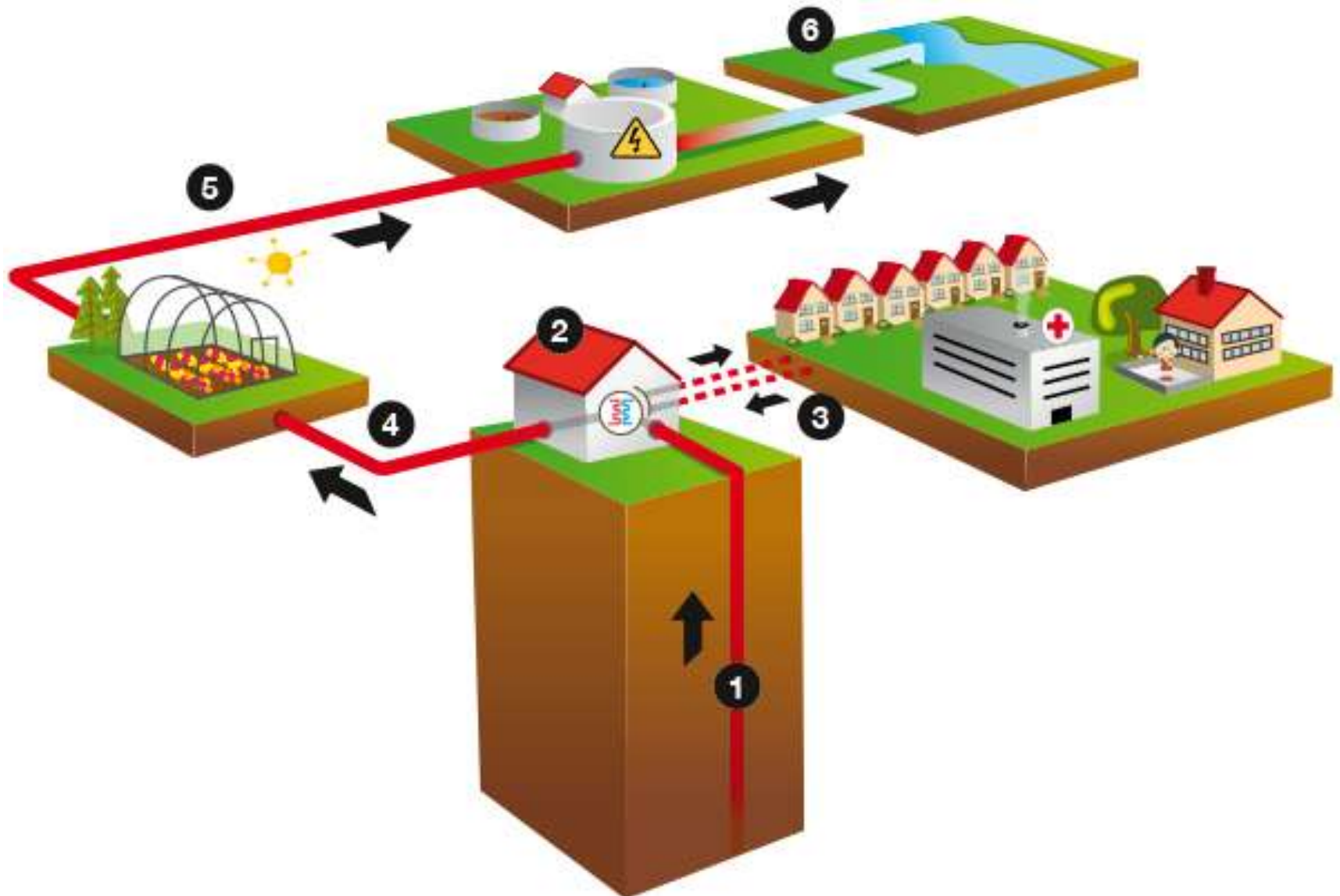
Deux méthodes

La vapeur d'eau géothermal est extraite par forage ensuite elle est injectée directement en turbinant. La vapeur détendue est réinjectée dans le réservoir géothermique.

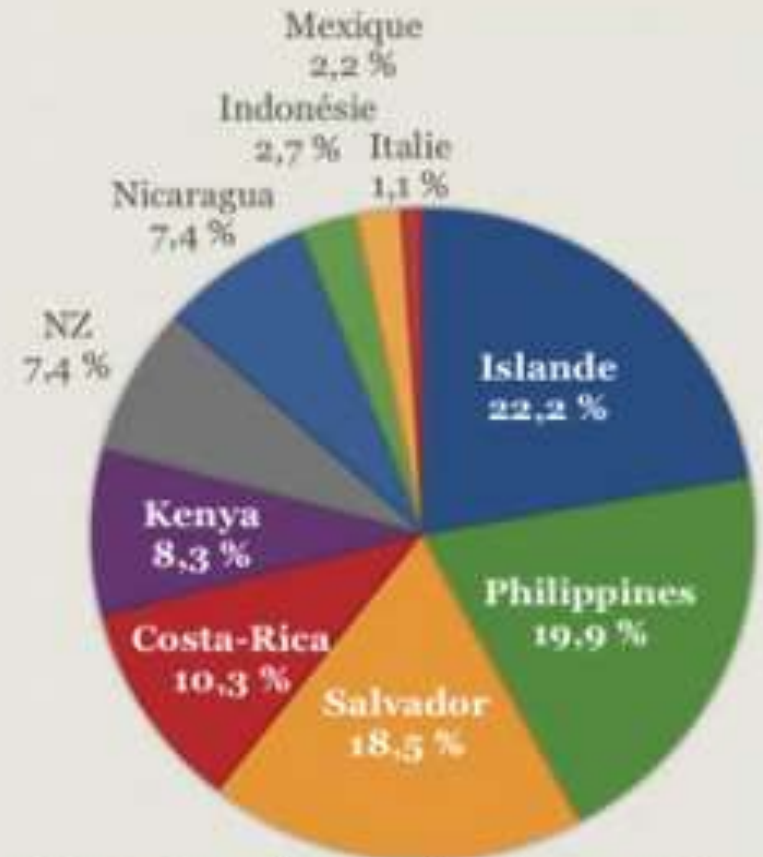
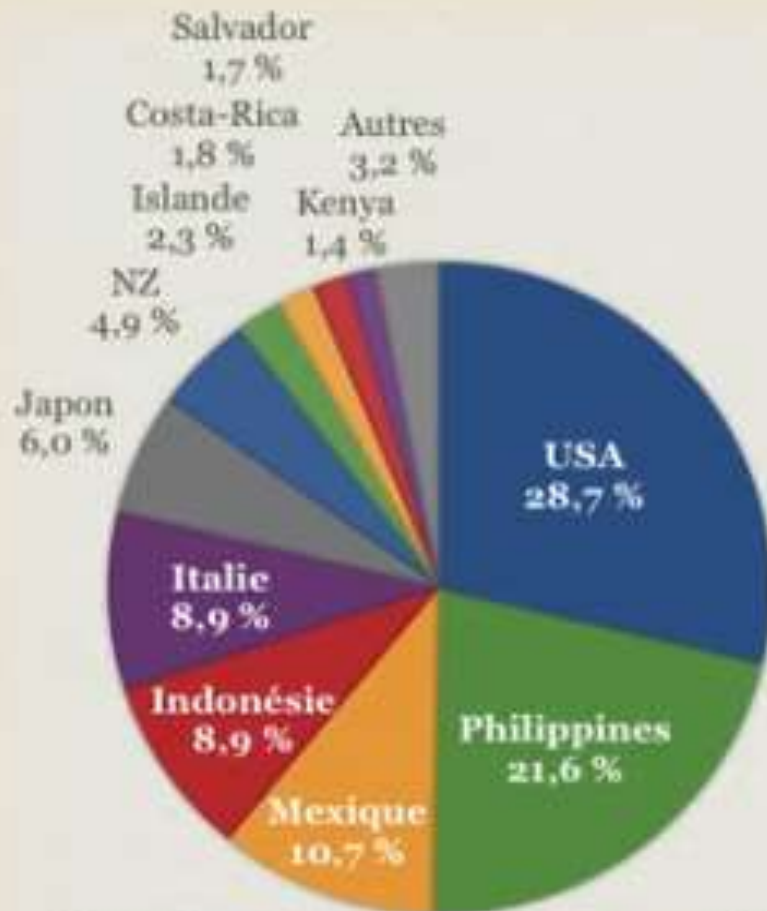
Lorsque la T de l'eau géothermale est entre 90 °C et 150 °C, on utilise un fluide organique Intermédiaire (T d'évaporation basse) pour tourner la turbine.



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles



## LA GÉOTHERMIE DANS LE MONDE

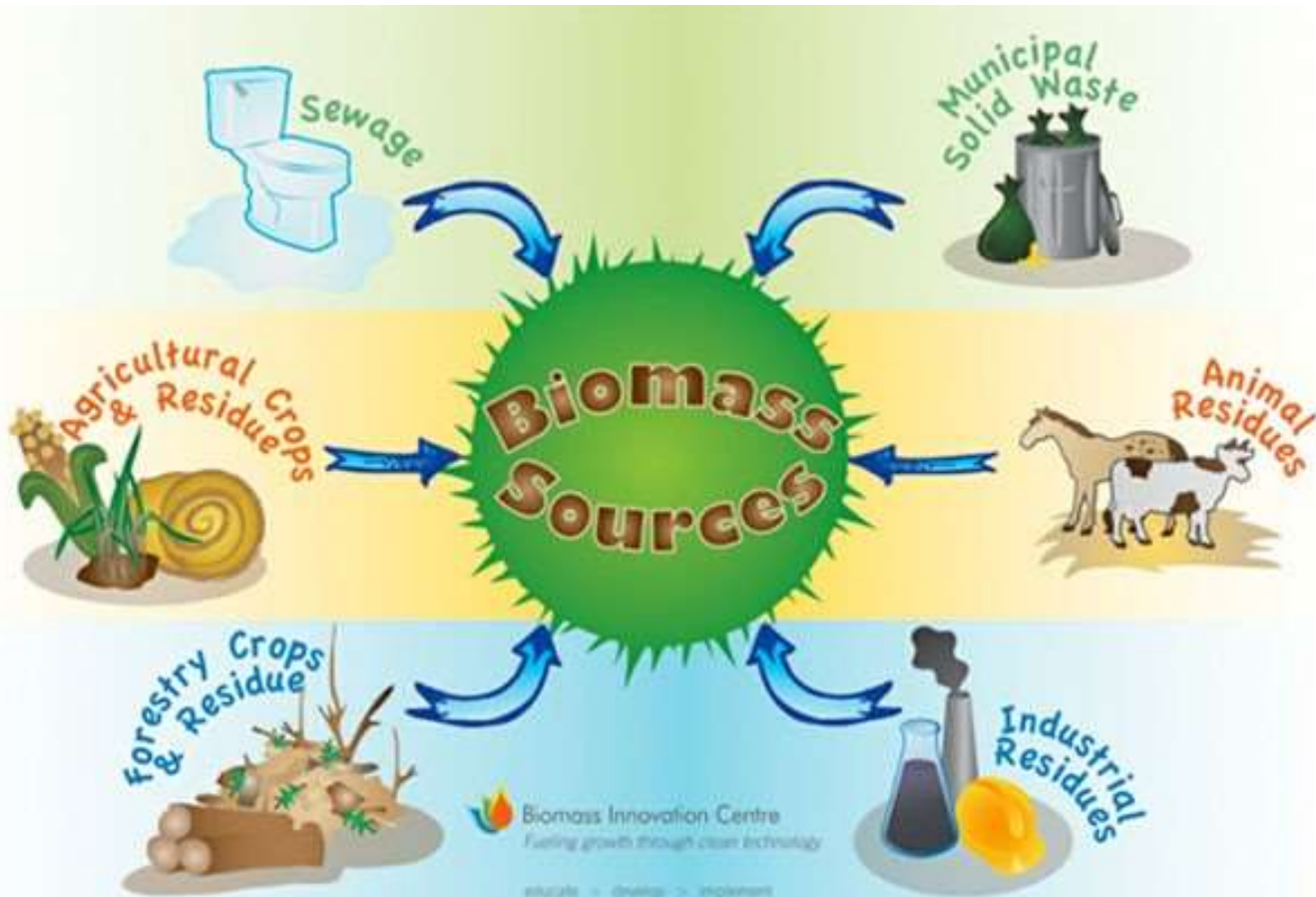


Part dans la production mondiale

Part dans la production nationale

## 5. l'énergie de la Biomasse

On appelle "**biomasse**" les matières issues des végétaux et des animaux. La production d'énergie se fait par combustion de ces matières bois, végétaux, déchets agricoles, ordures ménagères organiques ou du **biogaz** issu de la fermentation (méthanisation: production de bio gaz ou biocarburants).

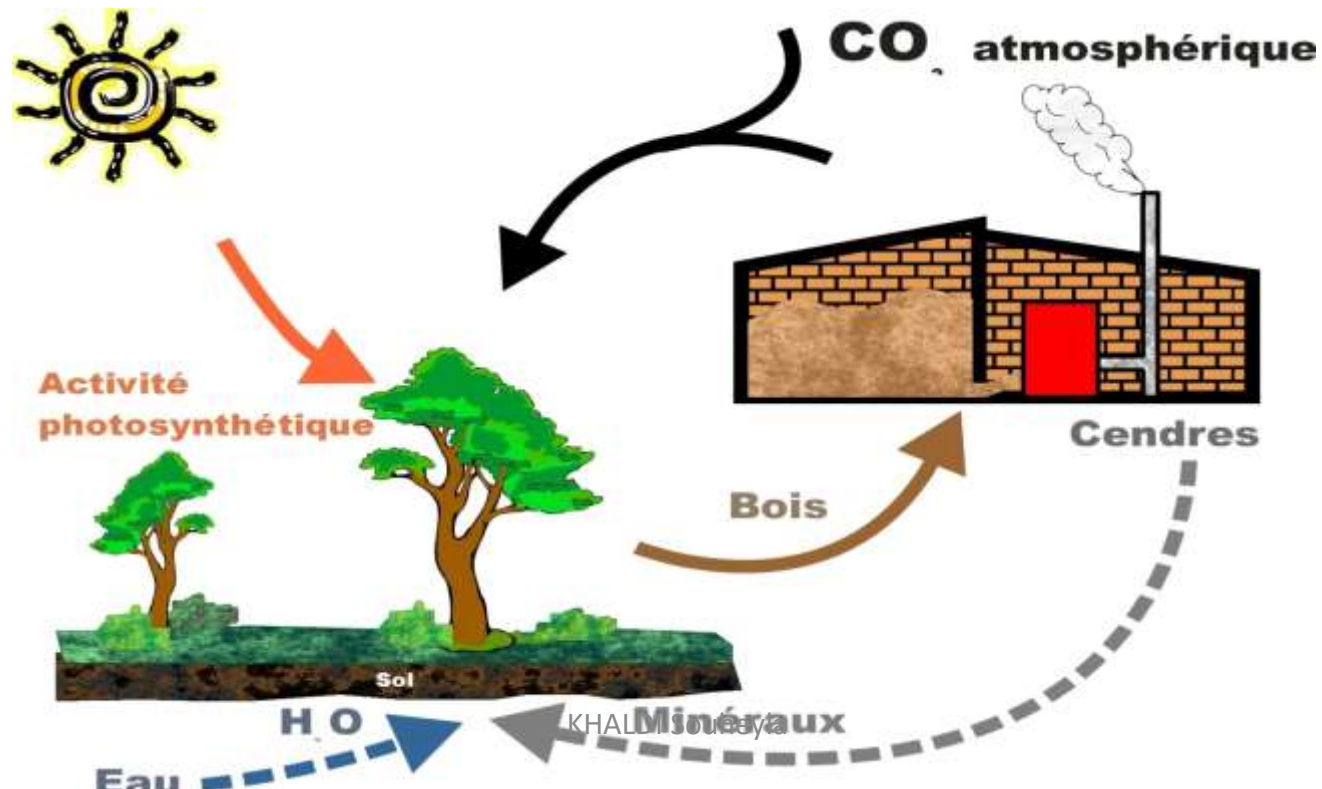


# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## La biomasse par combustion

La combustion est la technique la plus simple et la plus ancienne de conversion de la biomasse en énergie.

Les déchets sont directement brûlés en produisant de la chaleur, de l'électricité ou les deux (cogénération). Cela concerne le bois, les déchets des industries de transformation du bois et les déchets végétaux agricoles (paille, canne à sucre, arachide, noix de coco...).



# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

## La biomasse par méthanisation

Les technologies qui transforment la biomasse solide en biomasse gazeuse ou liquide appelée la **fermentation** (méthanisation).

La méthanisation de la biomasse consiste à isoler en milieu fermé les matières organiques qui composent la biomasse, de manière à ce qu'elles se décomposent sous l'action de bactéries – dont l'action suppose une **absence totale d'oxygène**. On parle également de fermentation **anaérobie** pour évoquer le procédé.

## Anaerobic Digestion

Digester Cover

BIO GAS

Biogas Outlet

Biogas Meter

to Flare or Cogeneration

Manure Inlet

Effluent Outlet

to Secondary Lagoon to Fertilization

Complex Substrates  
 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Bubbles and Bouyant Mixing

Active Solids

CHALDI Souheyla

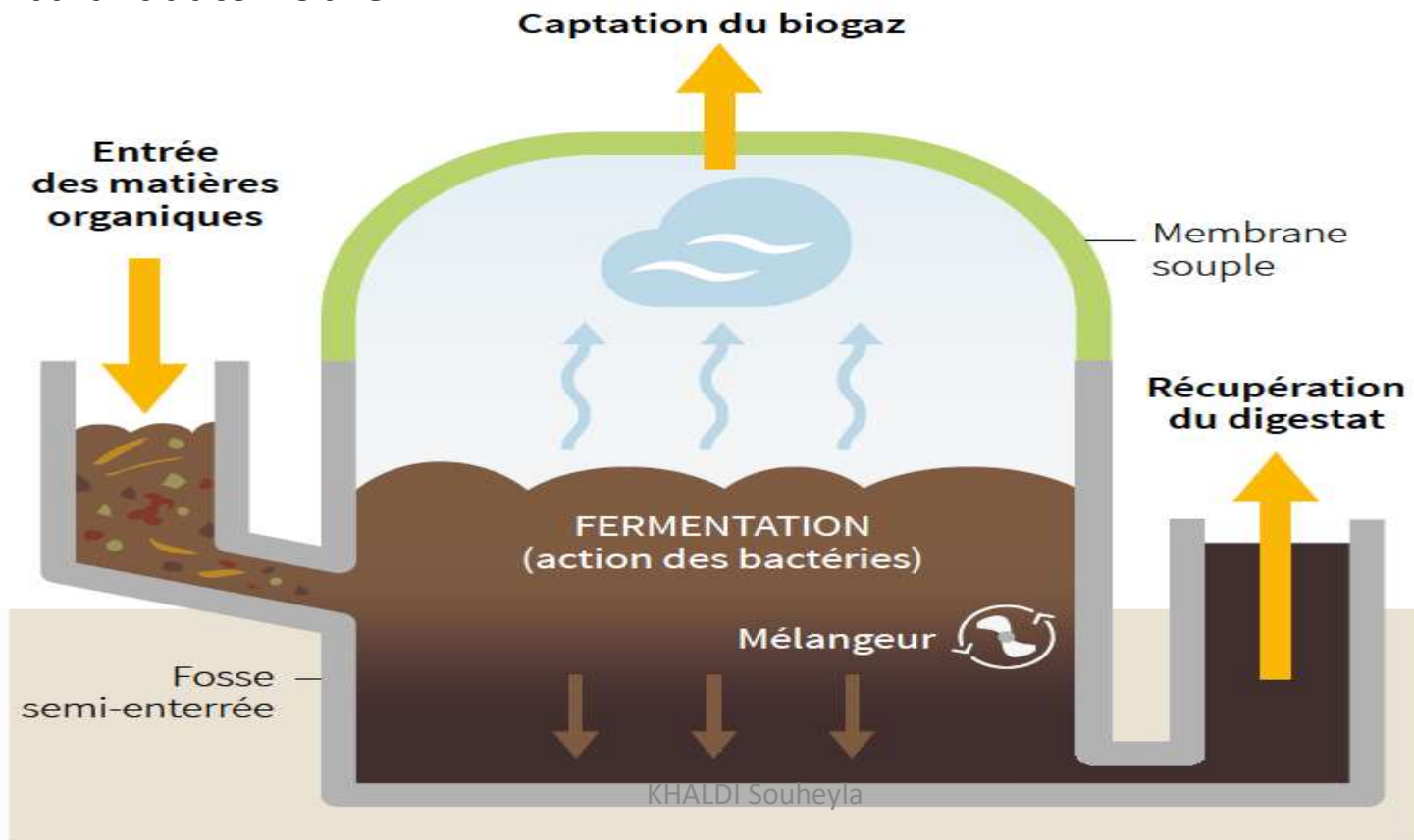
39

# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

La méthanisation de la biomasse permet d'obtenir :

1. un combustible du nom de **biogaz** qui contient du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), du méthane ( $\text{CH}_4$ ) et du sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ).
2. du **digestat**, un résidu valorisable comme compost fertilisant dans le domaine de l'agriculture.

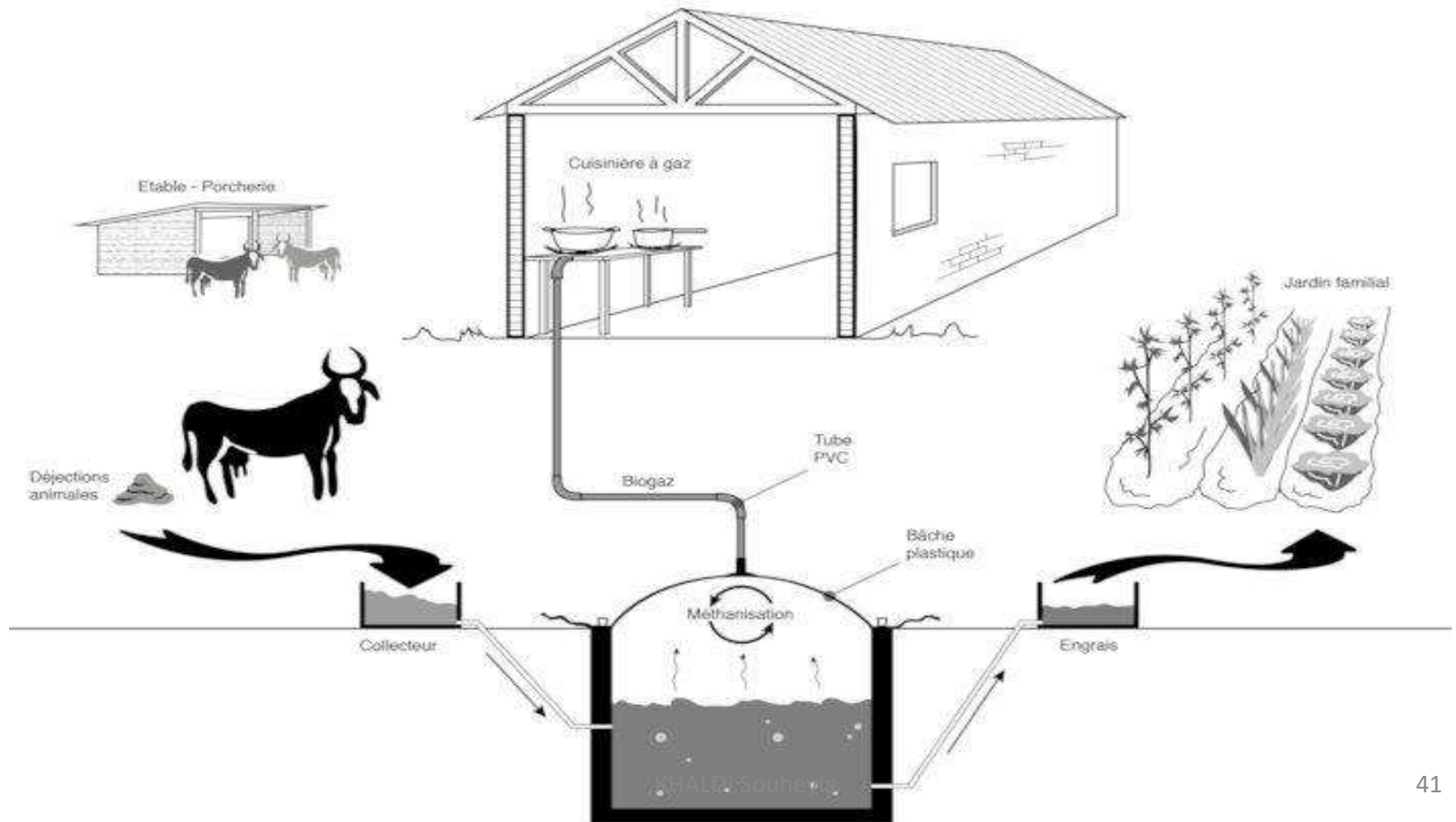
Le biogaz produit par ce procédé s'emploie pour les mêmes usages que le **gaz naturel**. Il alimente les chaudières avec en prime la possibilité de produire de l'électricité et de servir de carburant automobile.





# Chapitre III: environnement et ressources naturelles

Le brûlage du biogaz permet de produire de l'électricité ou de la chaleur, notamment sur le site où il a été produit. Cependant, à l'heure actuelle, c'est sous sa forme purifiée qu'il révèle le plus de potentiel. En effet, le biométhane est injecté dans le réseau de gaz naturel pour le chauffage et la cuisson. Il est également utilisé en carburant pour alimenter les véhicules fonctionnant au gaz naturel.



## Que peut-on méthaniser ?

- des déchets d'origine industrielle (secteur animal et végétal),
- des déchets solides d'origine agricole : déjections des animaux d'élevage, substrats végétaux, etc.,
- du bois, de la sciure de bois et autres dérivés,
- des journaux,
- des emballages,
- des déchets textiles.
- Il est également possible d'exploiter des effluents liquides, c'est-à-dire les eaux usées, comme les lisiers, les boues d'épuration et les effluents d'origine agro-alimentaire.