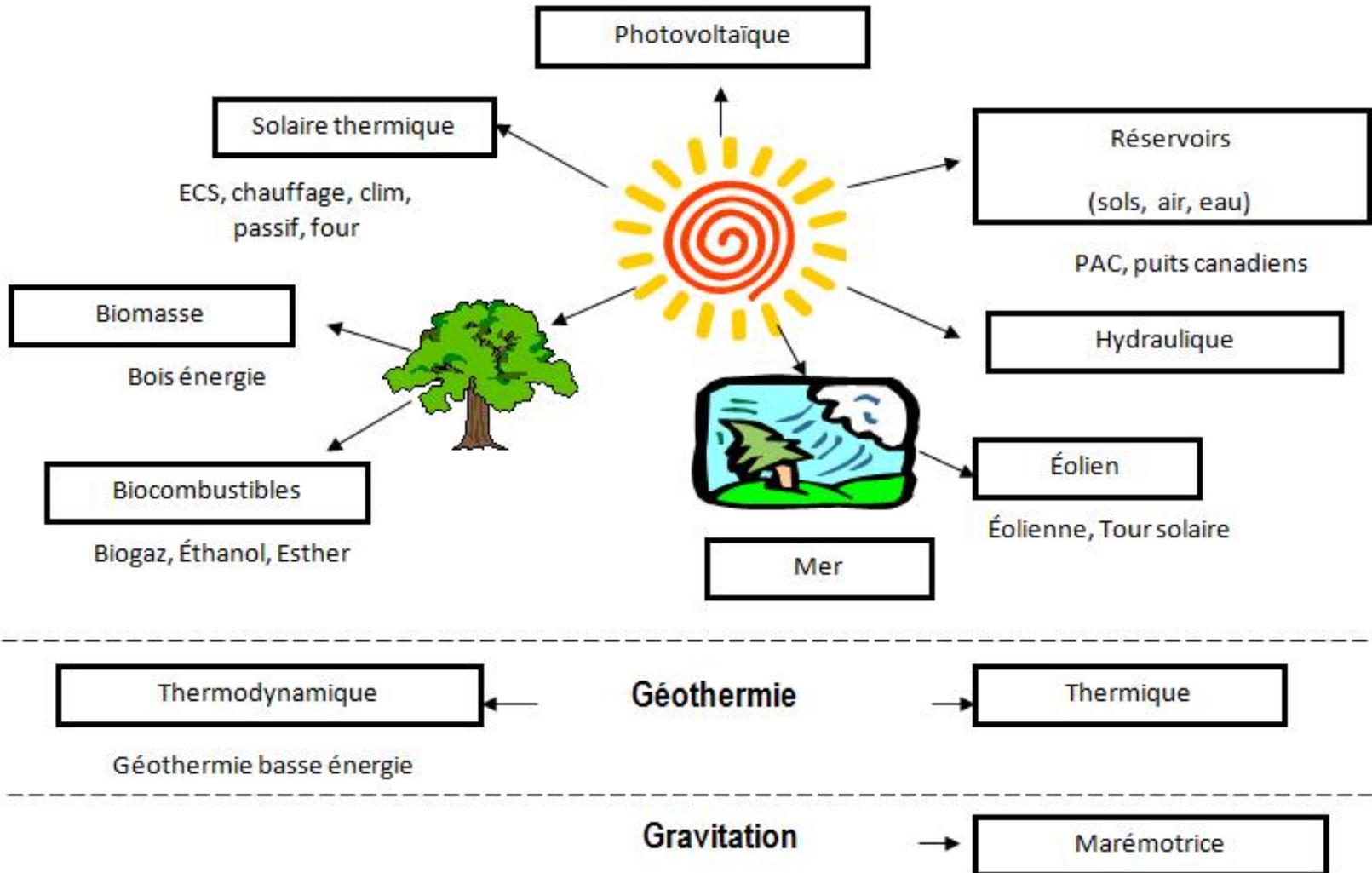


# Production d'énergie

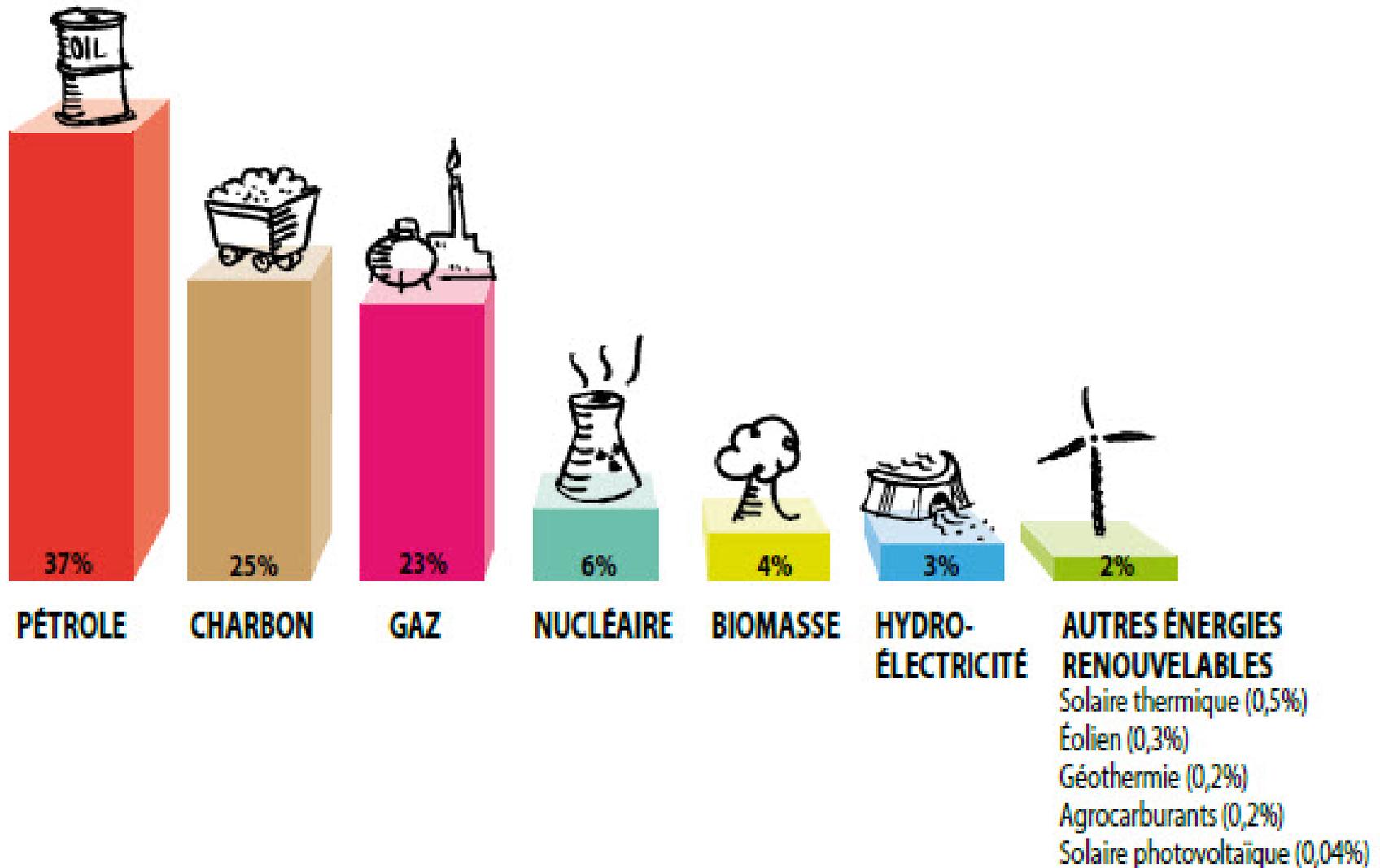
Physique



# Les sources d'énergie

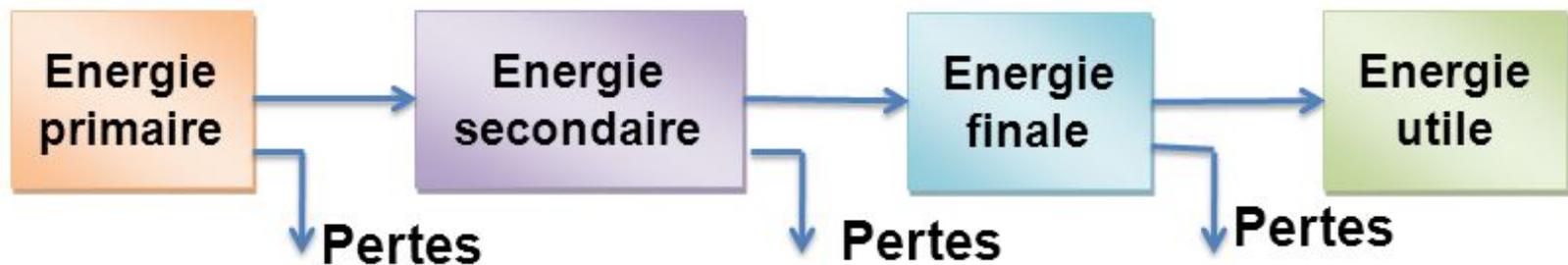


# SOURCES D'ÉNERGIE UTILISÉES DANS LE MONDE

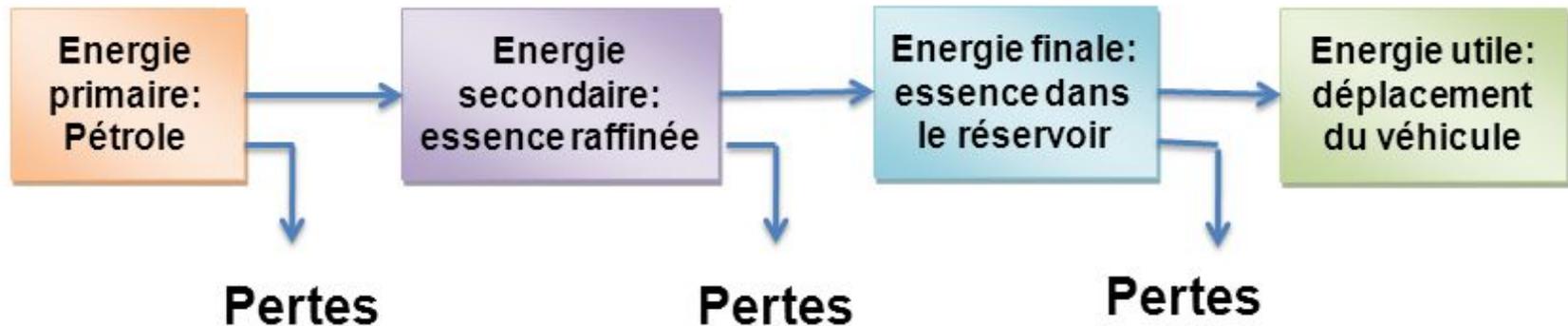


# Énergies primaires et secondaires

**Energie primaire:** d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation



Cas de la voiture à essence:



# Énergie spécifique

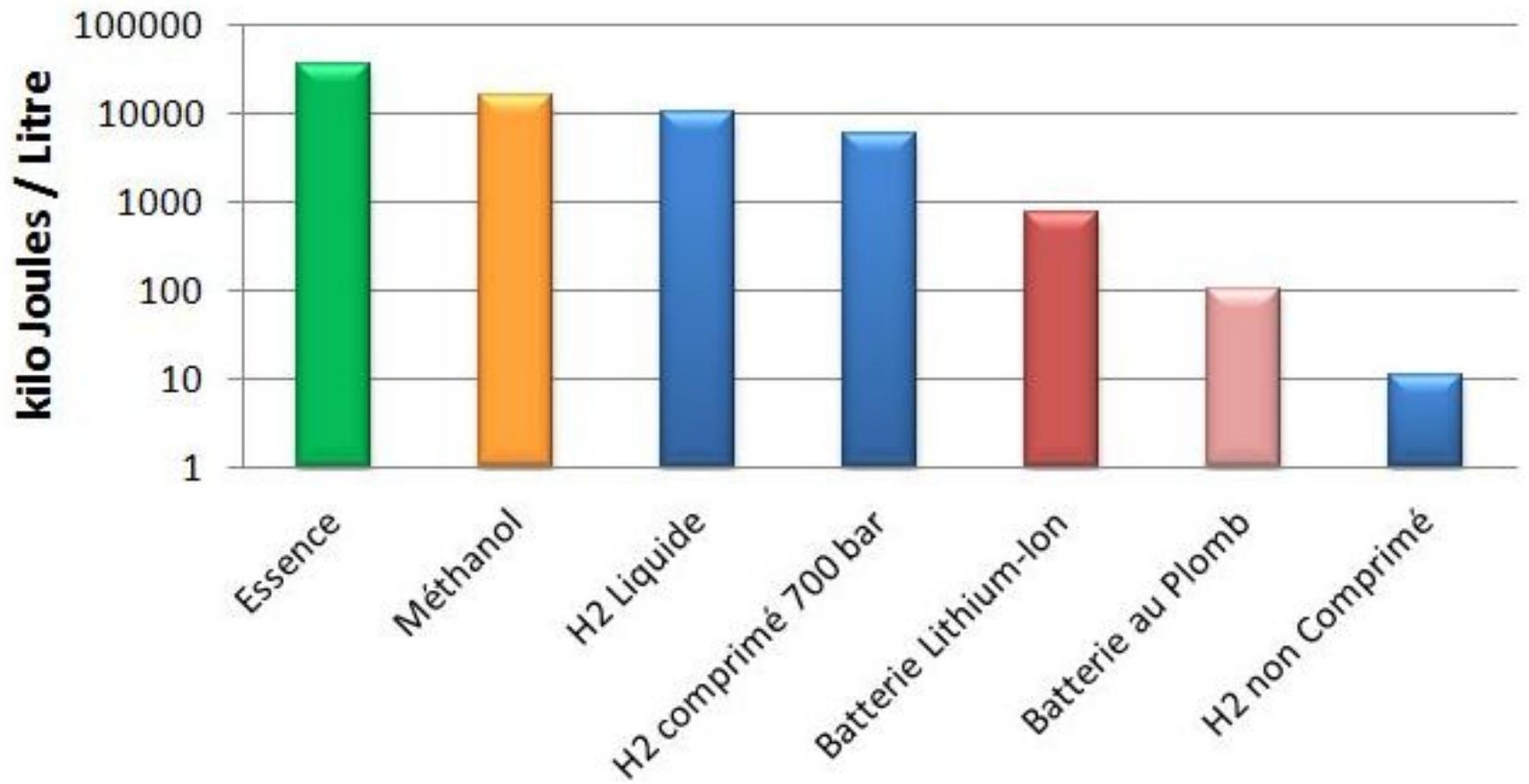
L'**énergie spécifique**,  $E_S$ , est la quantité d'énergie qui peut être extraite d'une **unité de masse** d'énergie primaire. Elle est mesurée en  $\text{J.kg}^{-1}$ .

La **densité d'énergie**,  $E_D$ , est la quantité d'énergie qui peut être extraite d'une **unité de volume** d'énergie primaire. Elle est mesurée en  $\text{J.m}^{-3}$ .

$$E_D = \rho E_S$$

où  $\rho$  est la masse volumique

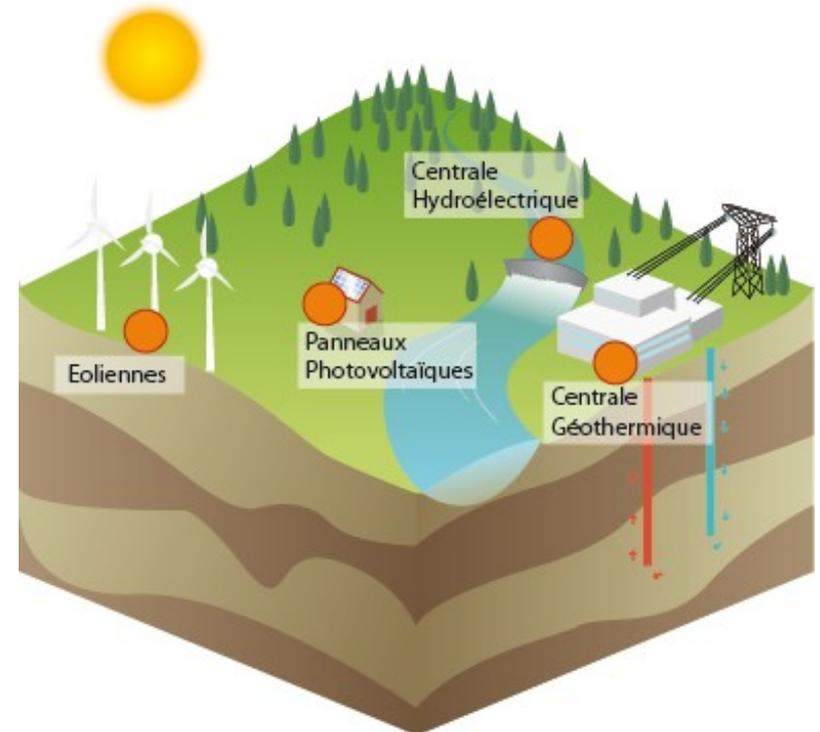
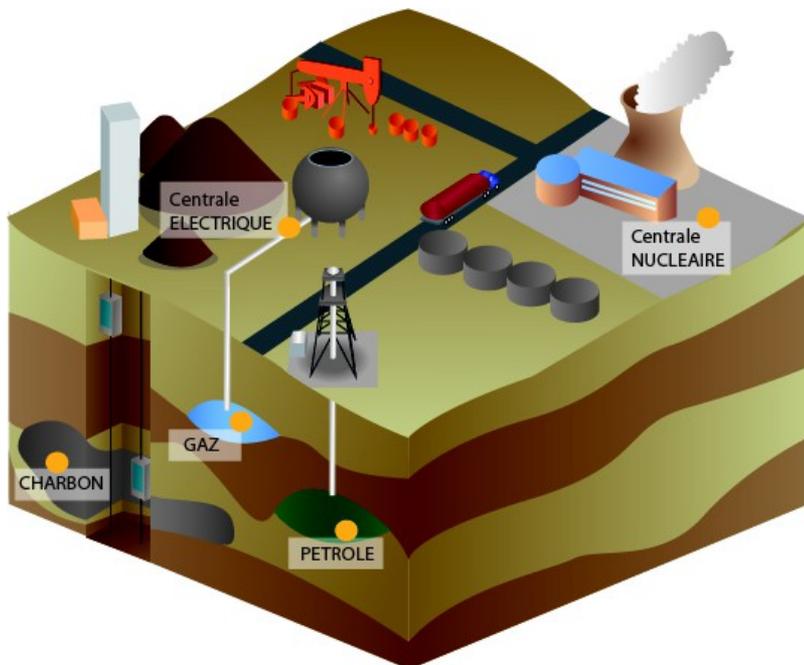
# Densité d'énergie



# Énergies renouvelables

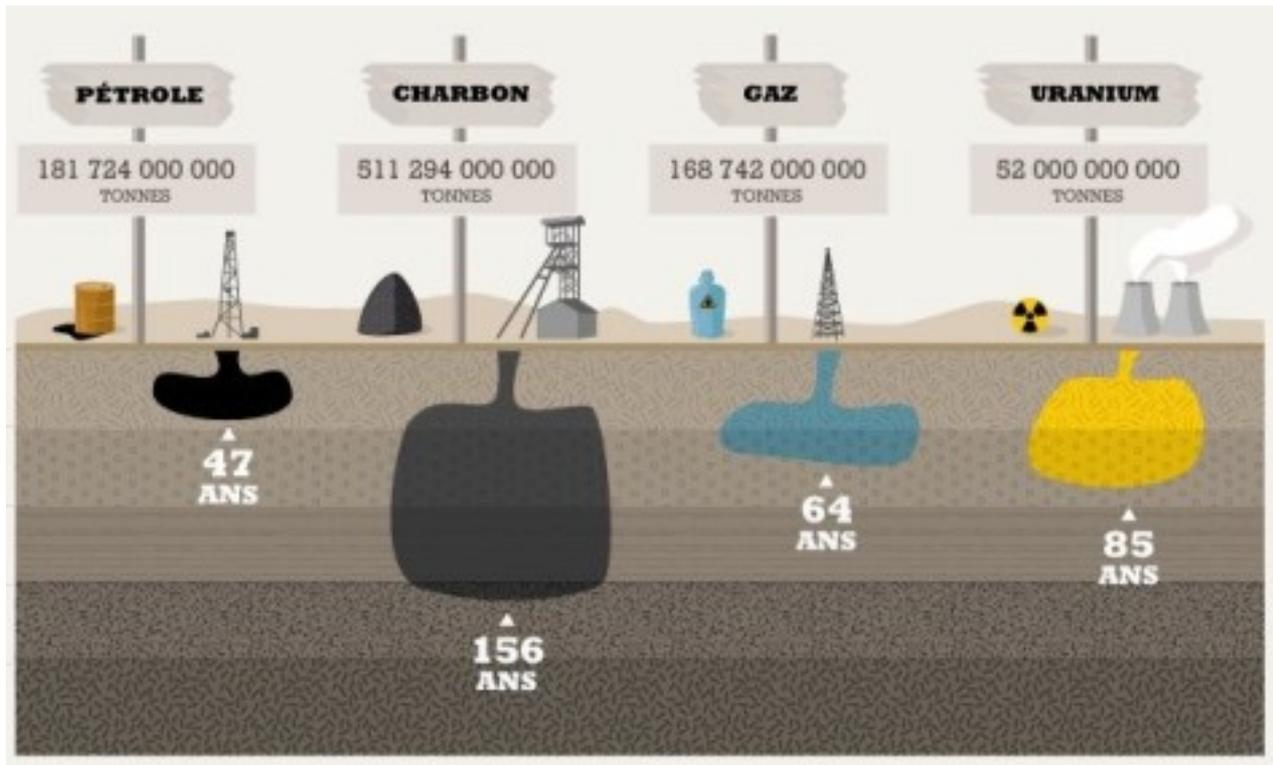
Une énergie non-renouvelable provient de sources qui seront ultimement épuisées.

Une énergie renouvelable est en théorie inépuisable.

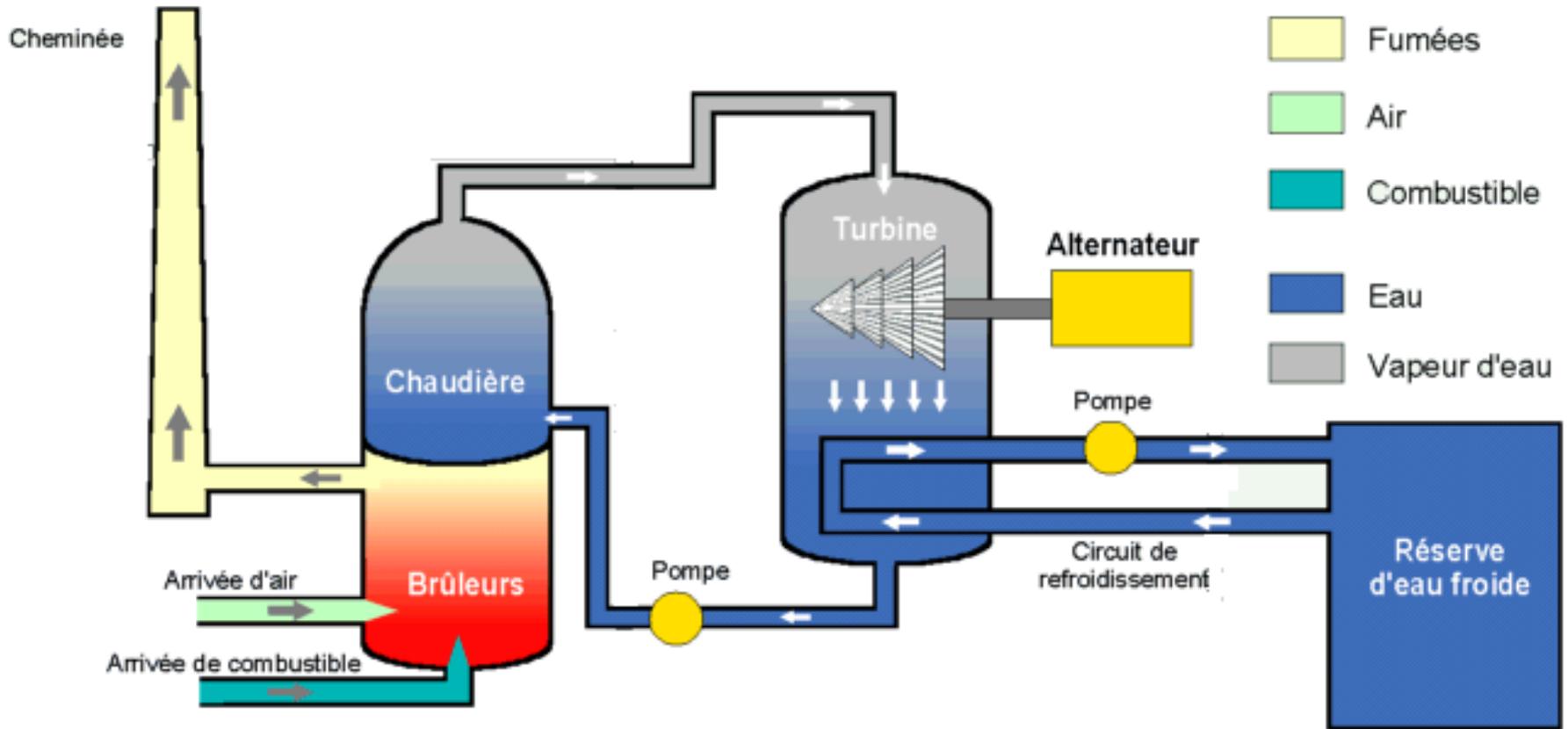


# Les énergies fossiles

Elles sont non-renouvelables car elles reposent sur des réserves créées pendant des millions d'années.

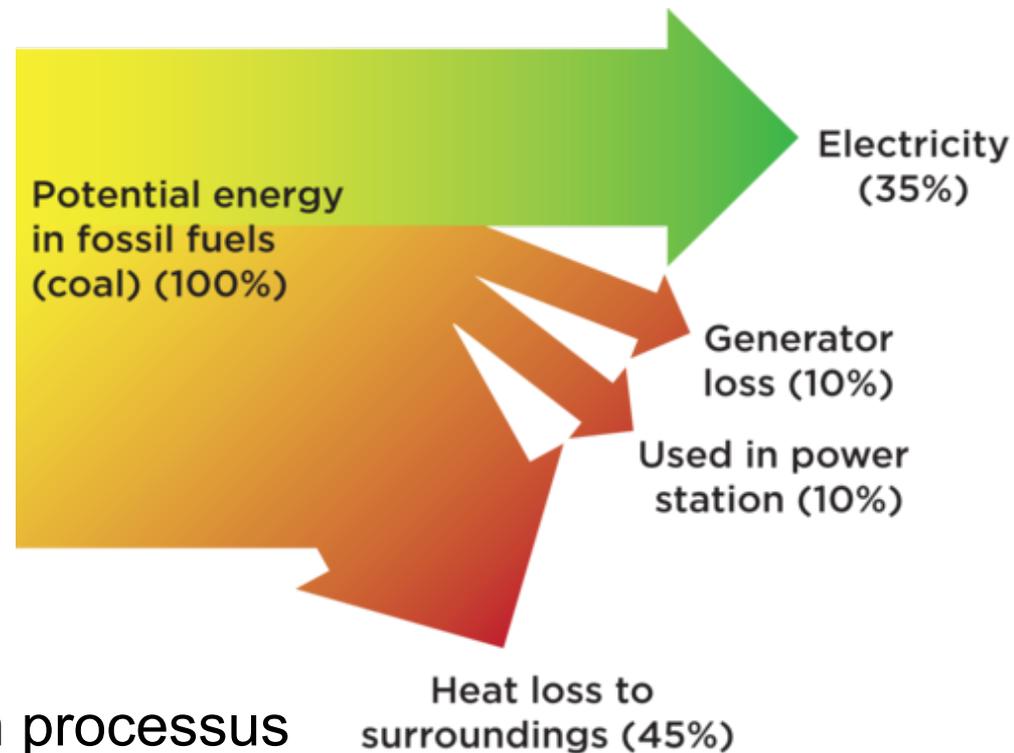


# Centrale thermique



# Diagramme de Sankey

Un diagramme de Sankey représente avec des flèches les flux d'énergie lors d'un processus. La taille des flèches est proportionnelle à la quantité représentée.



L'efficacité énergétique d'un processus est définie comme :

$$e = \frac{\text{puissance utile}}{\text{puissance fournie}}$$

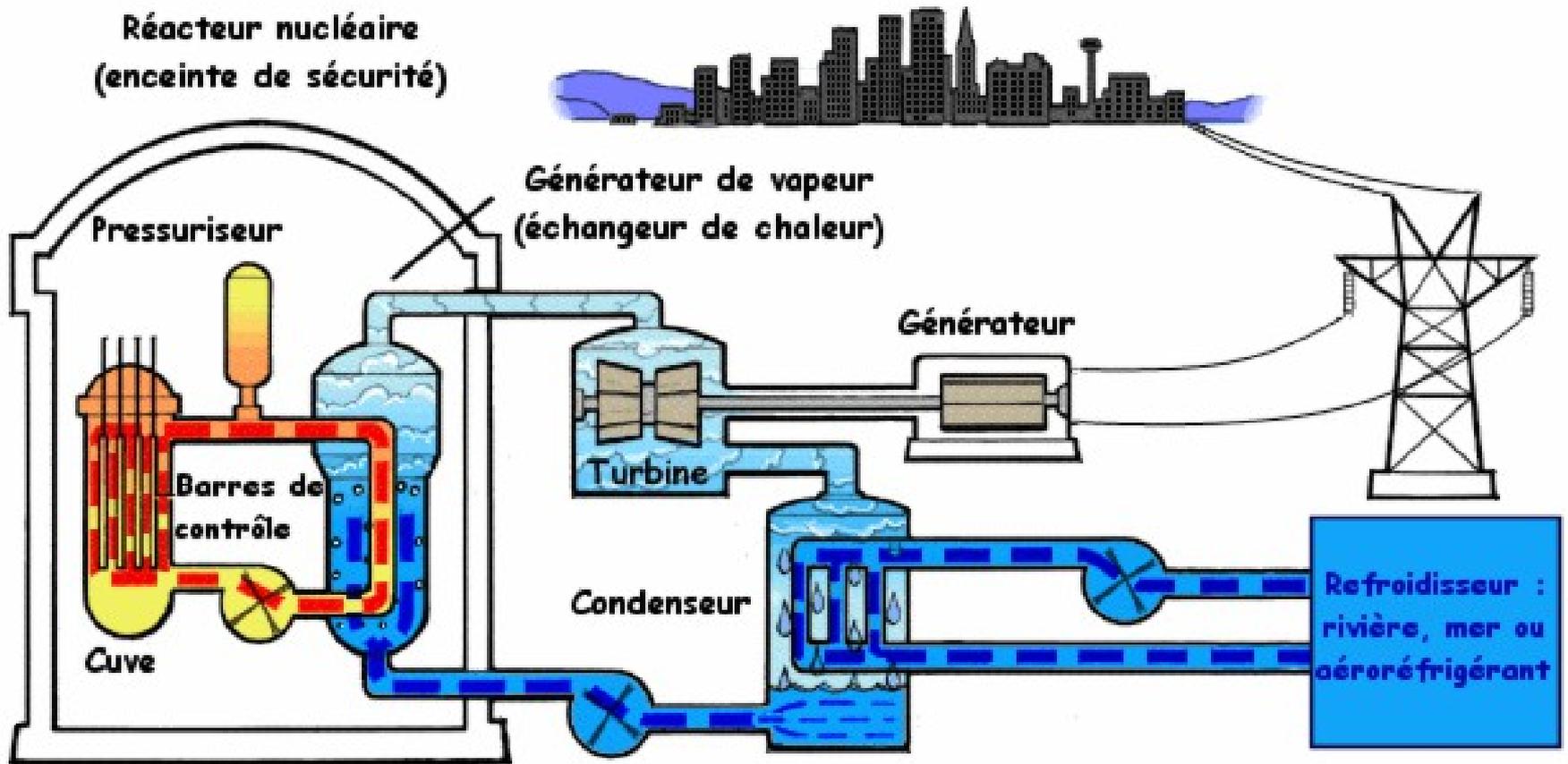
# Exemple

Une usine à charbon produit 400 MW d'électricité avec une efficacité de 35%.

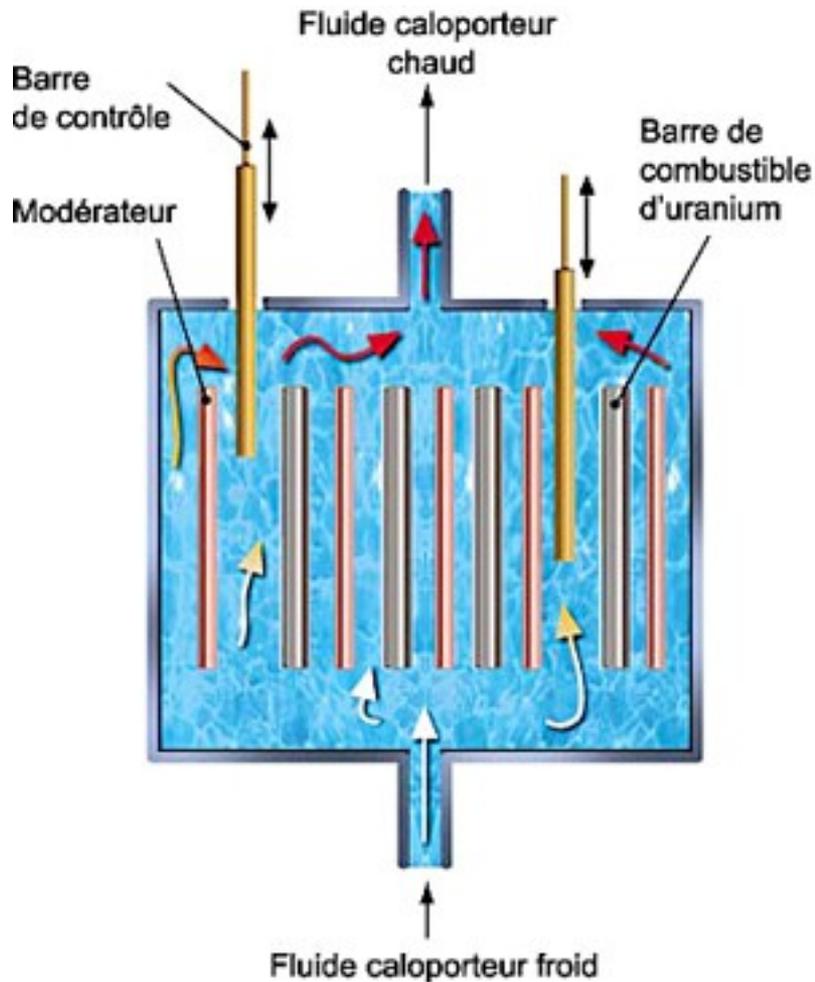
- Calcule la puissance fournie par la combustion du charbon.
- Calcule la consommation de charbon sachant que son énergie spécifique est de  $30 \text{ MJ.kg}^{-1}$
- L'énergie thermique perdue est dissipée par l'eau. Sachant que la température de l'eau ne doit pas augmenter de plus de  $5^\circ\text{C}$ , calcule le débit d'eau nécessaire.



# Centrale nucléaire



# Coeur du réacteur

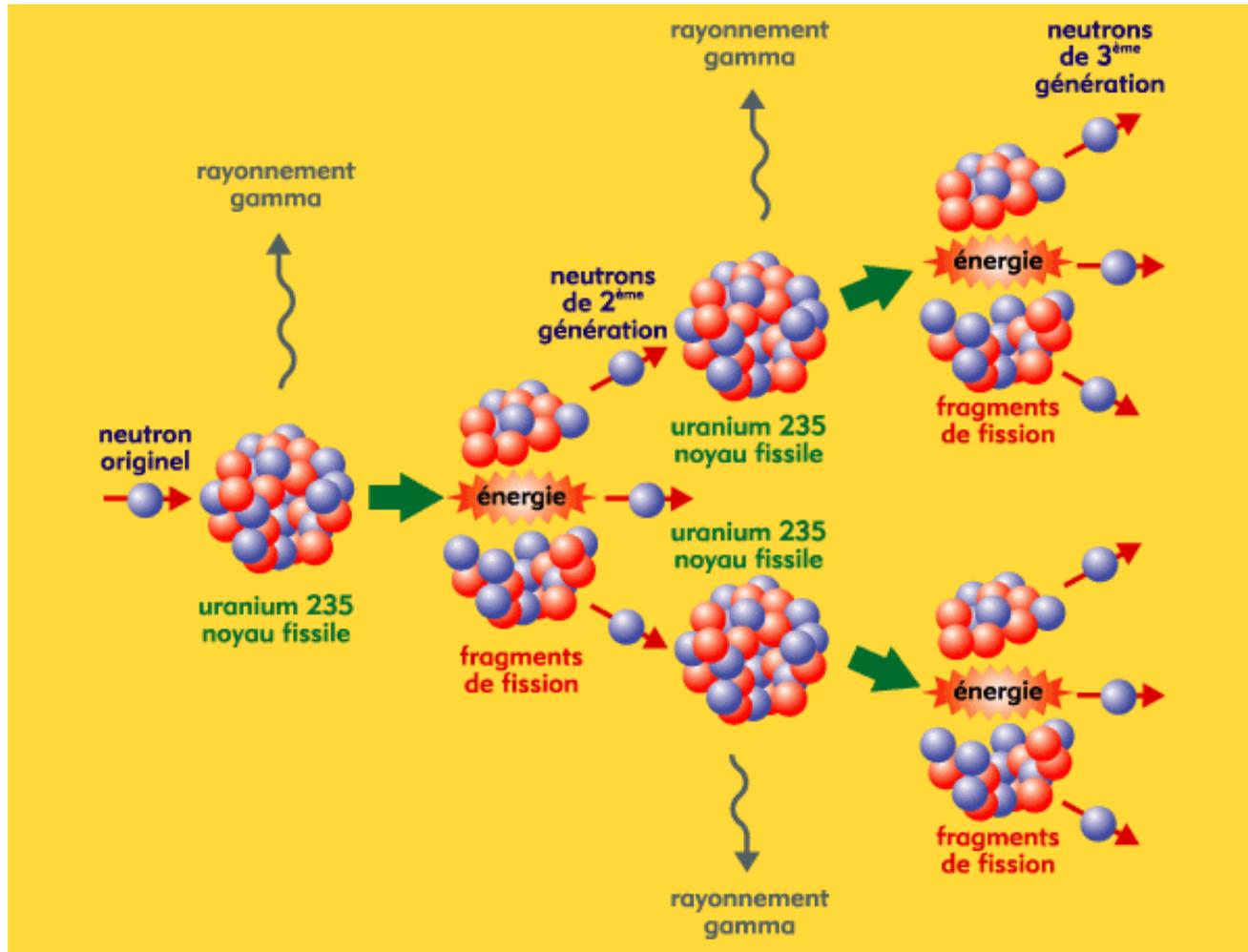


Les barres de contrôle sont des barres absorbantes de neutrons (bore par exemple) qui permettent de contrôler la réaction.

Le modérateur (graphite ou eau) permet de ralentir les neutrons grâce à des collisions. La chaleur générée est transférée au fluide caloporteur.



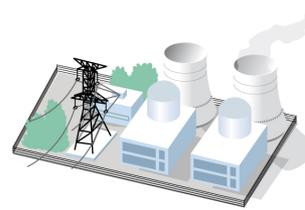
# Réaction en chaîne de U-235



# LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



**CENTRALES EN DÉCONSTRUCTION**



**CENTRALES EN FONCTIONNEMENT**

**DÉCHETS**



Gravats ferrailles, tuyaux



Déchets technologiques et de filtration



Déchets d'exploitation et de maintenance



Graphite centrale 1<sup>ère</sup> génération UNGG



Structures métalliques du combustible utilisé



Combustible utilisé

**TRAITEMENT**

**INCINÉRATION**

**FUSION**

**COMPACTAGE**

**VITRIFICATION**

**CONDITIONNEMENT**



Fûts métalliques, big bags ou casiers



Fûts / caissons métalliques, plastiques ou béton



Conteneurs béton



Caissons béton



Conteneurs acier



Conteneurs acier

**DESTINATION**



Stockage en surface au centre de stockage Andra de Morvilliers (Aube)



Stockage en surface au centre de stockage Andra de Soullaines-Dhuys (Aube)



Stockage à faible profondeur  
Projet à l'étude par l'Andra (2025)



Stockage géologique profond (Cigeo).  
Projet à l'étude par l'Andra (2025)



# Avantages et inconvénients du nucléaire

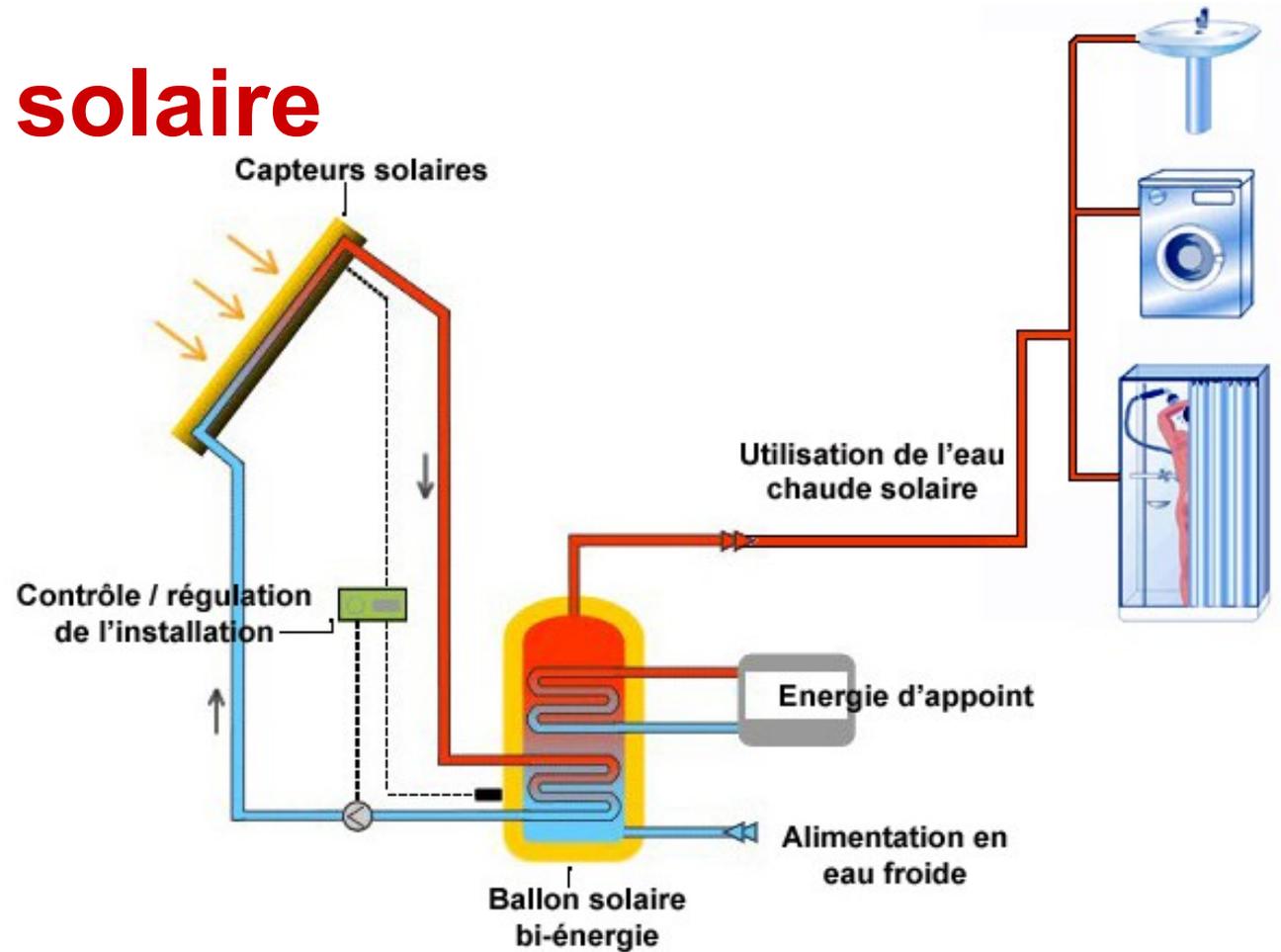
<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Puissance fournie importante	Gestion des déchets radioactifs
Nombreuses sources nucléaires	Risques d'accidents graves
Énergie propre : pas de gaz polluants dégagés	Armes nucléaires
	Radioactivité des résidus miniers de l'uranium

# Exemple

L'uranium-235 relâche  $70 \times 10^{12}$  J d'énergie par kilo.  
Sachant que l'uranium à l'état naturel contient 0,7 % en masse d'uranium-235, calcule l'énergie spécifique de l'uranium.



# Énergie solaire



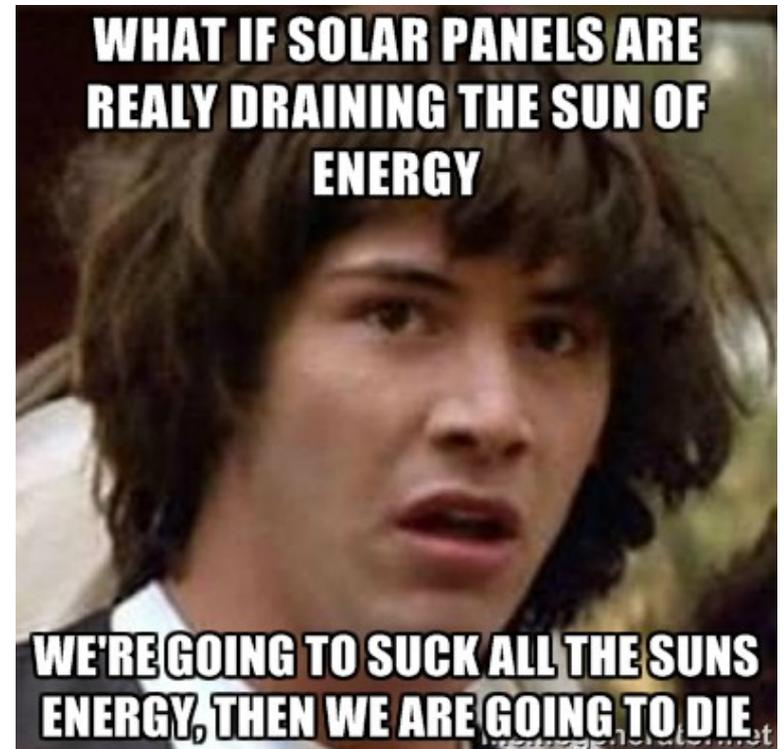
Les panneaux photovoltaïques transforment l'énergie lumineuse en énergie électrique avec une efficacité de près de 30 %.

# Avantages et inconvénients du solaire

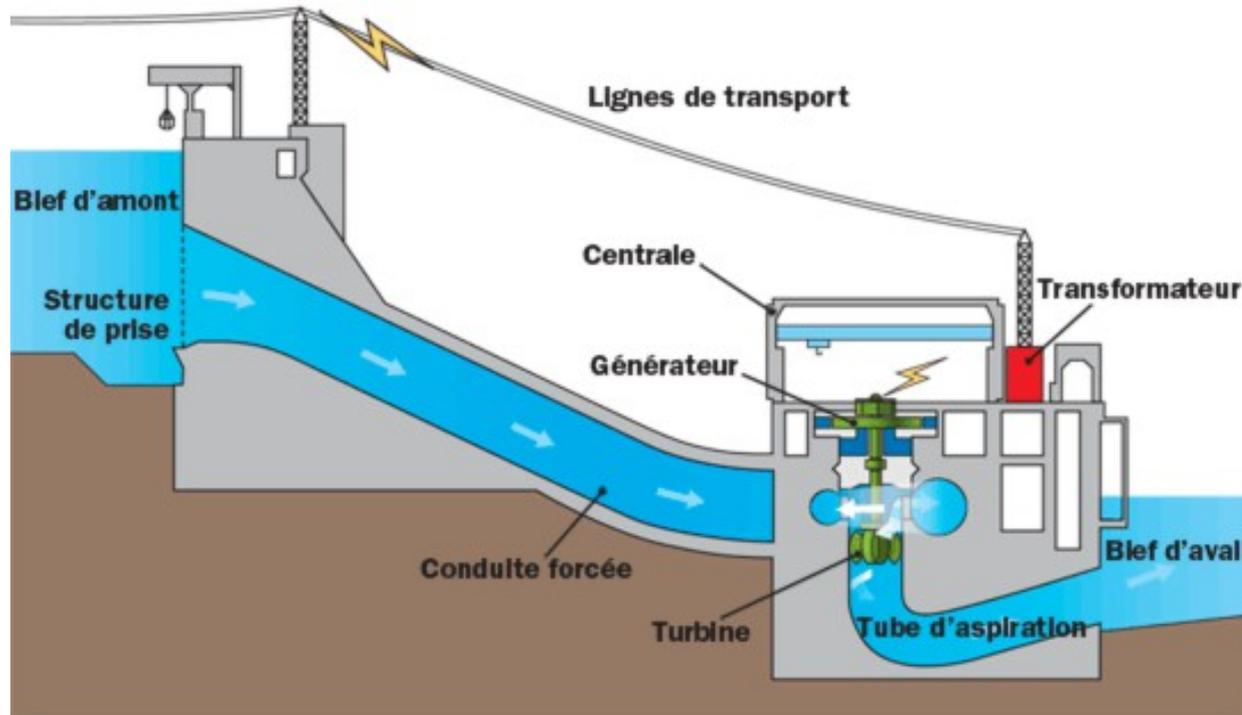
<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Énergie renouvelable	Pas de soleil, pas d'énergie
Énergie "gratuite" : facilement accessible	Faible puissance fournie
Énergie propre : pas de gaz polluants dégagés	Grandes surfaces nécessaires
	Investissement de départ coûteux

# Exemple

L'intensité du rayonnement solaire sur Terre est de  $245 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Sachant que l'efficacité d'un panneau solaire est de 20 %, calcule la surface nécessaire pour obtenir 2,5 kW d'électricité.



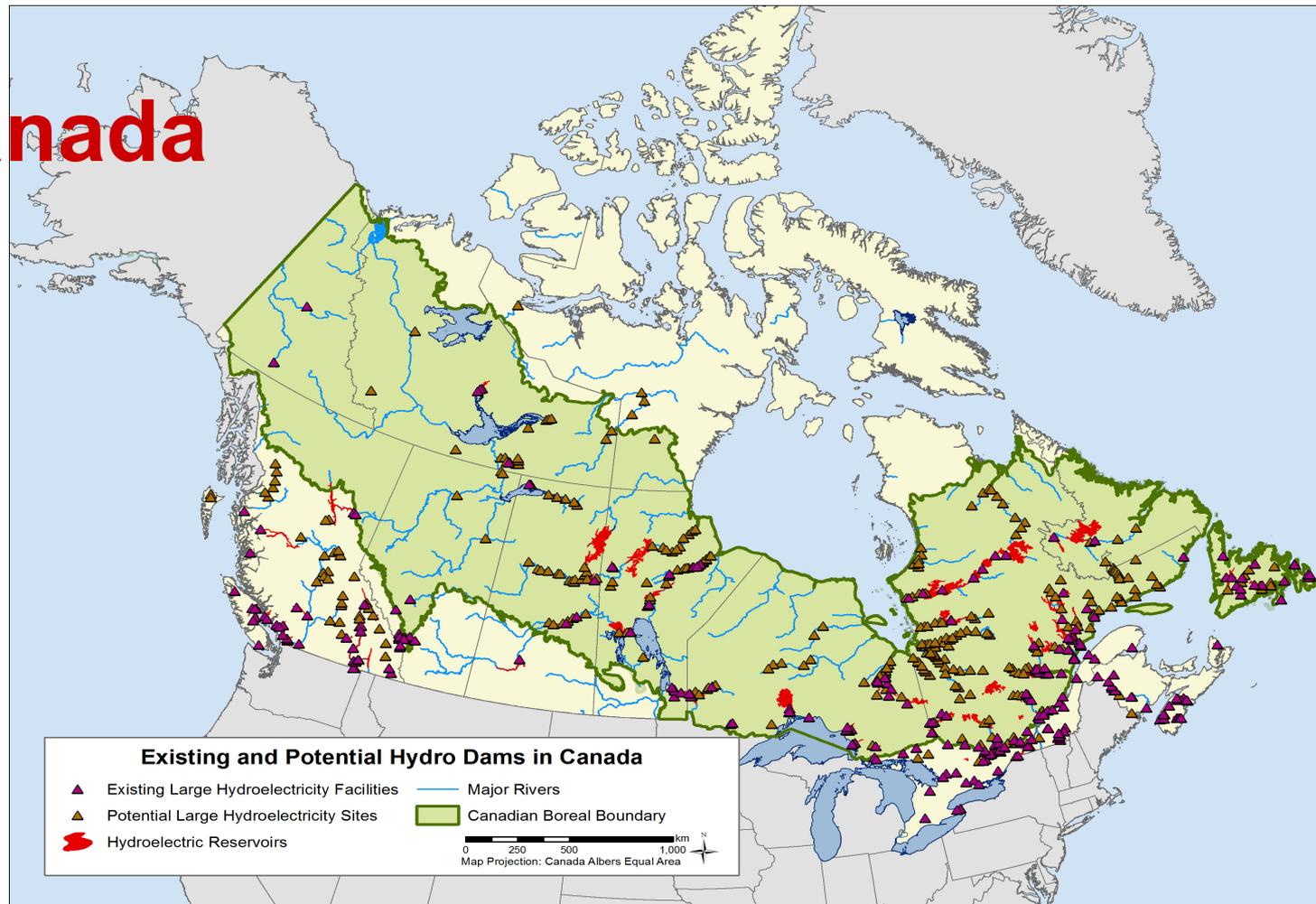
# Énergie hydroélectrique



L'énergie potentielle de l'eau est convertie en énergie cinétique. Si  $\rho$  est la densité de l'eau, la puissance générée est :

$$P = \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{(\rho \Delta V) gh}{\Delta t} = \rho \frac{\Delta V}{\Delta t} gh = \rho Q gh \quad \text{où } Q \text{ est le débit d'eau}$$

# Au Canada



Le Canada est la troisième puissance mondiale en termes d'hydroélectricité.

60 % de l'énergie consommée par les Canadiens est hydroélectrique.

# Avantages et inconvénients de l'hydroélectricité

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Énergie renouvelable	Eau et montagnes nécessaires
Énergie "gratuite"	Impacts sur l'environnement
Énergie propre : pas de gaz polluants dégagés	Investissement de départ coûteux

# Exemple

Calcule la puissance hydroélectrique si le débit est de  $50 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et la hauteur 15 m.



# Énergie éolienne

30 % de l'énergie du vent peuvent être transformés en énergie électrique.

Cette méthode est particulièrement efficace pour des communautés agricoles ou isolées.

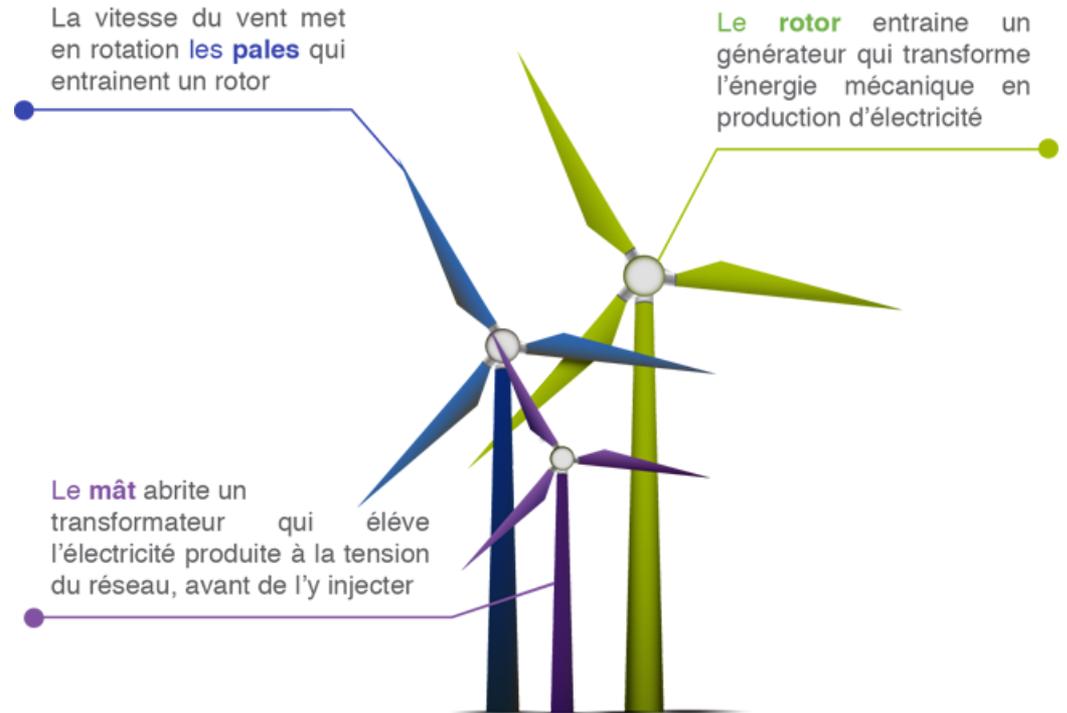
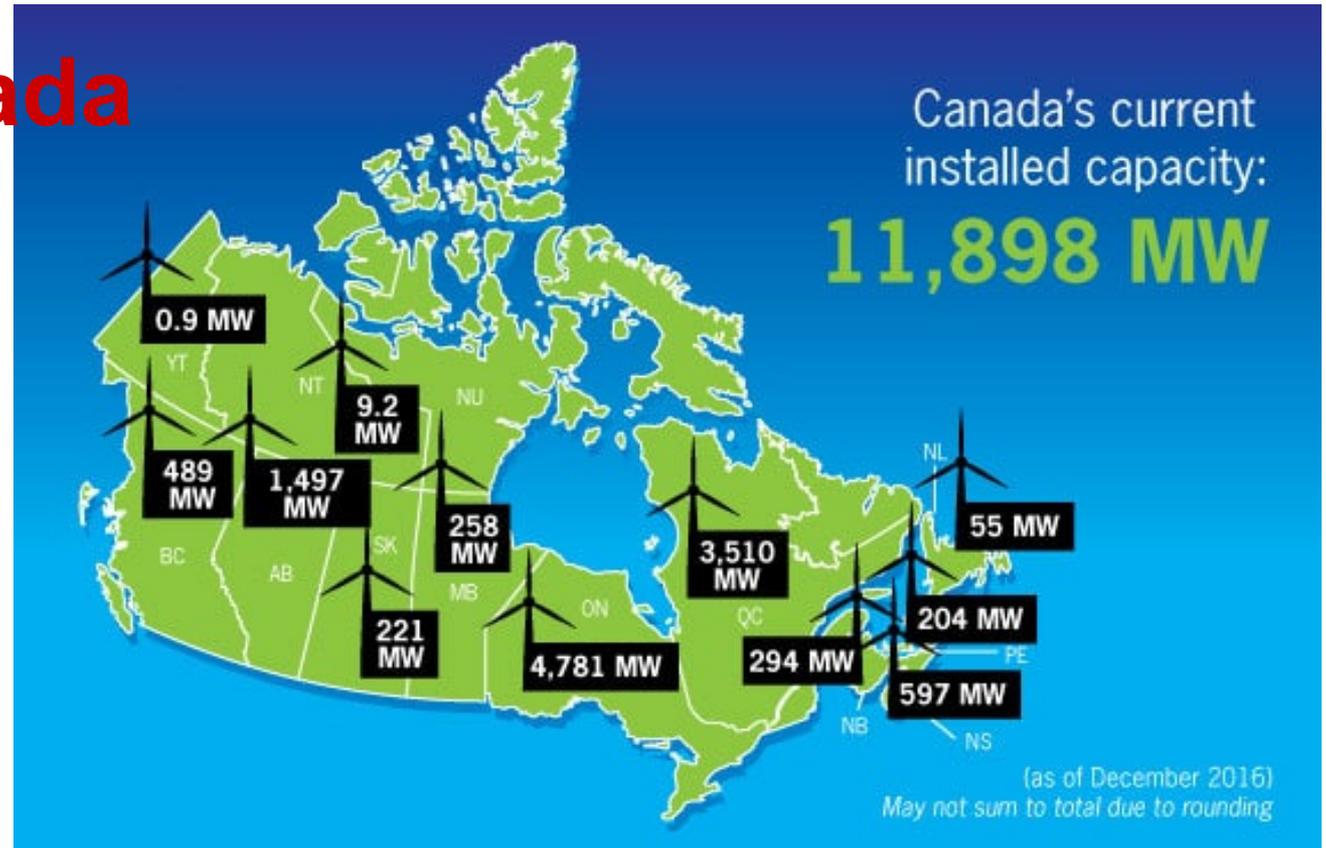


Schéma de fonctionnement des éoliennes

# Au Canada



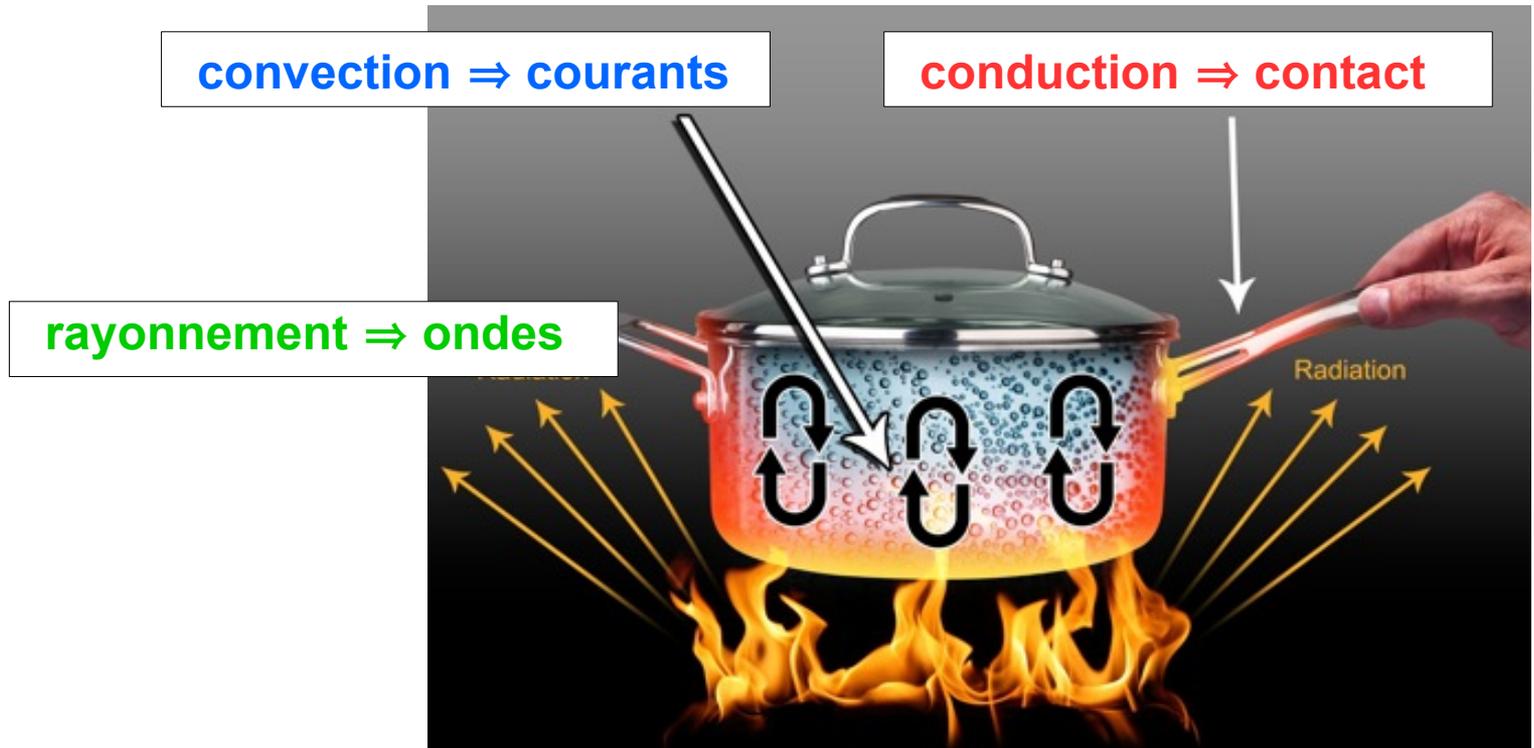
L'énergie éolienne produit 6 % de l'énergie consommée par les Canadiens. Le Canada est le 7<sup>ème</sup> pays au Monde en termes de parcs éoliens installés.

# Avantages et inconvénients de l'éolien

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Énergie renouvelable	Vents importants (6 à 14 m.s <sup>-1</sup> )
Énergie "gratuite"	Impacts sur l'environnement (esthétisme et bruit)
Énergie propre : pas de gaz polluants dégagés	

# Les transferts de l'énergie thermique

Le transfert d'énergie thermique peut se faire de trois façons :



# Loi de Stefan-Boltzmann

Alors que les transferts par convection et conduction nécessitent un contact, le rayonnement est un transfert d'énergie qui affecte toutes les substances.

Il est dû à l'oscillation des charges électriques des atomes qui composent cette substance.

La quantité d'énergie  $P$  transmise par un corps sous forme de rayonnement dépend de sa température  $T$ , de sa surface  $A$  et de son émissivité  $e$  :

$$P = e\sigma AT^4$$

$$\text{où } \sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$$

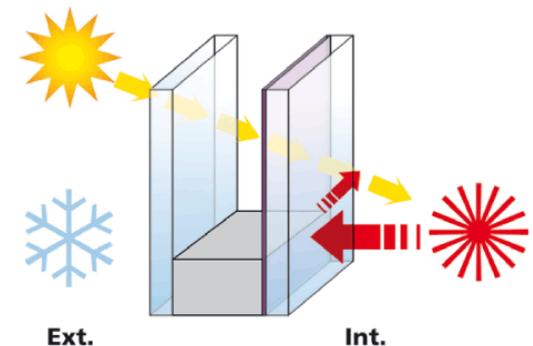
# Émissivité

L'émissivité d'une surface est une valeur entre 0 et 1 qui mesure la capacité d'un matériau à émettre et absorber l'énergie radiative. Elle n'a pas d'unité.

Un **corps noir** est une substance dont l'émissivité est égale à 1 : il absorbe tout le rayonnement qu'il reçoit et ne réfléchit rien.



*Peinture à haute émissivité*



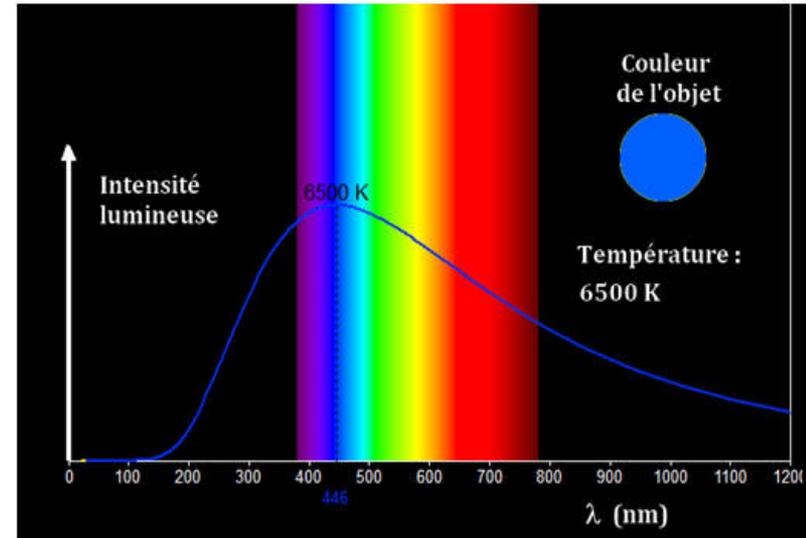
**1 VITRAGE THERMIQUE À FAIBLE ÉMISSIVITÉ :**  
UN TRAITEMENT SPÉCIFIQUE DE LA VITRE INTÉRIEURE PERMET DE RÉDUIRE LES DÉPÉRDITIONS DE CHALEUR. ON PEUT AINSI CONSTATER UNE AMÉLIORATION DE L'ISOLATION HIVER COMME ÉTÉ

# Loi de Wien

Le rayonnement émis par un corps est un spectre continu mais caractérisé par une longueur d'onde  $\lambda_{\max}$  par laquelle la majorité de l'énergie sera transmise.

Cette longueur d'onde est liée à la température  $T$  de l'objet suivant la loi de Wien :

$$\lambda_{\max} T = 2,90 \times 10^{-3} \text{ K.m}$$



# Exemples

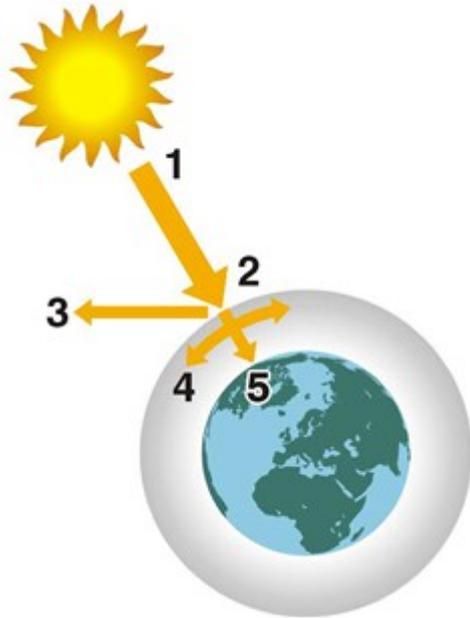
Calcule  $\lambda_{\max}$  dans les cas suivants :

- Le corps humain à  $37^{\circ}\text{C}$
- La surface de la Terre à  $288\text{ K}$
- Le Soleil à  $5800\text{ K}$

# La constante solaire

Le Soleil est un corps noir qui émet une énergie proportionnelle à sa surface . On appelle **constante solaire**, la puissance radiative du Soleil reçue par la Terre :

$$I = 1400 \text{ W.m}^{-2}$$



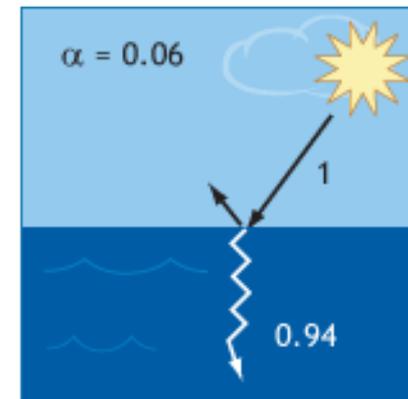
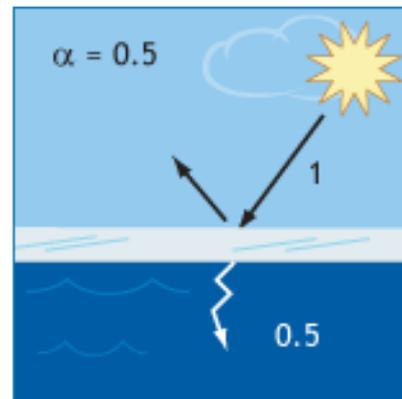
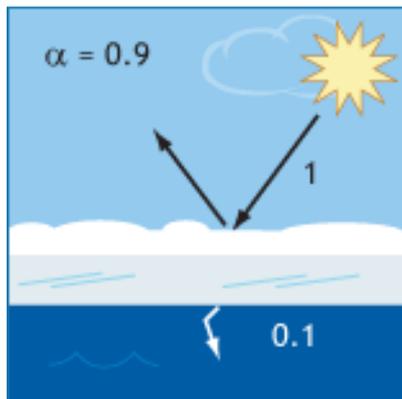
1. Rayonnement émis par le Soleil,  $63500 \text{ kW.m}^{-2}$
2. Rayonnement reçu par la Terre,  $1400 \text{ W.m}^{-2}$
3. Rayonnement réfléchi.
4. Rayonnement absorbé et diffusé.
5. Rayonnement reçu par la surface.

# L'albédo

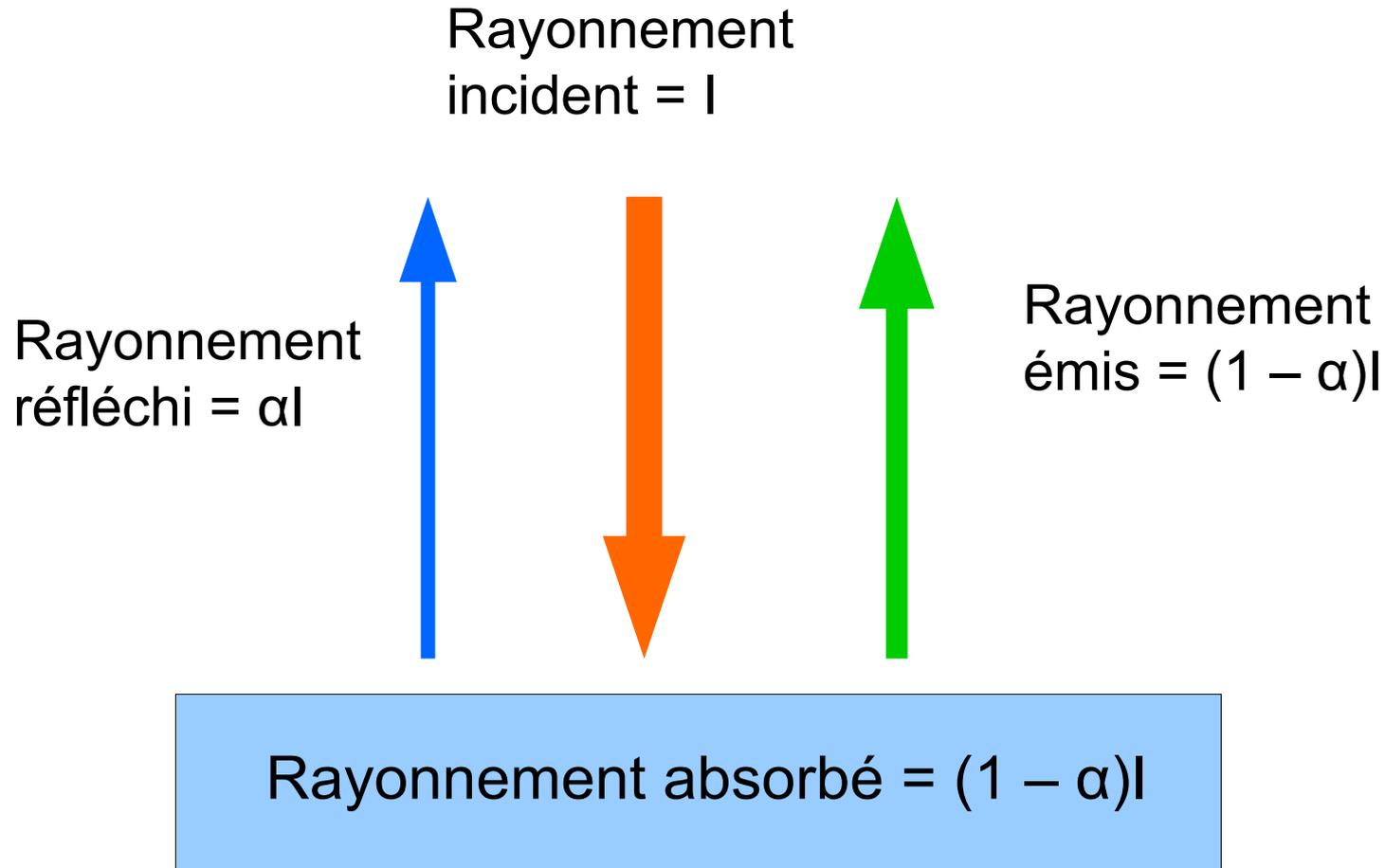
Facteur qui décrit la quantité de rayonnement reflété par une surface :

$$\alpha = \frac{\text{puissance reflétée}}{\text{puissance incidente}}$$

La neige a un albédo élevé (0,85) alors que le charbon a un albédo faible (0,3).



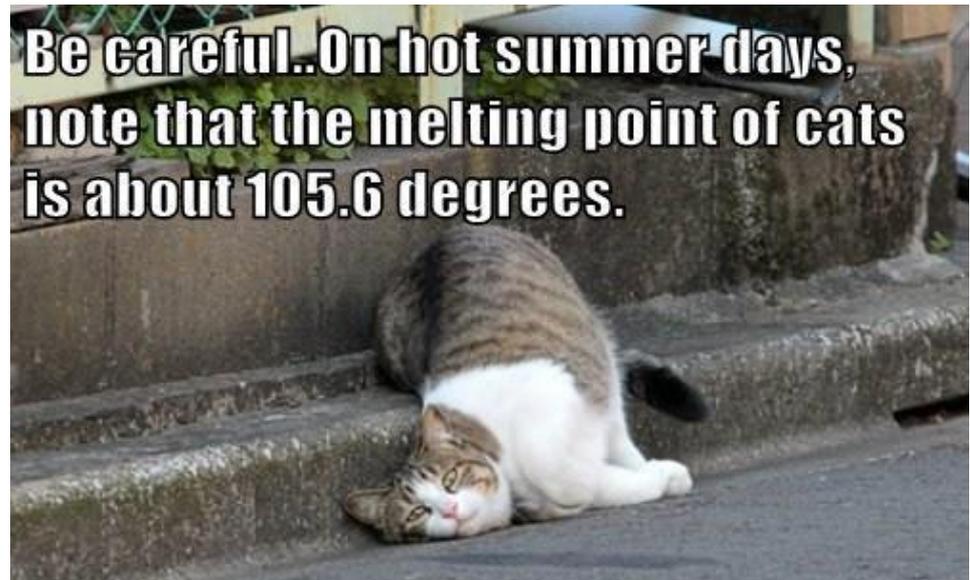
# Équilibre énergétique



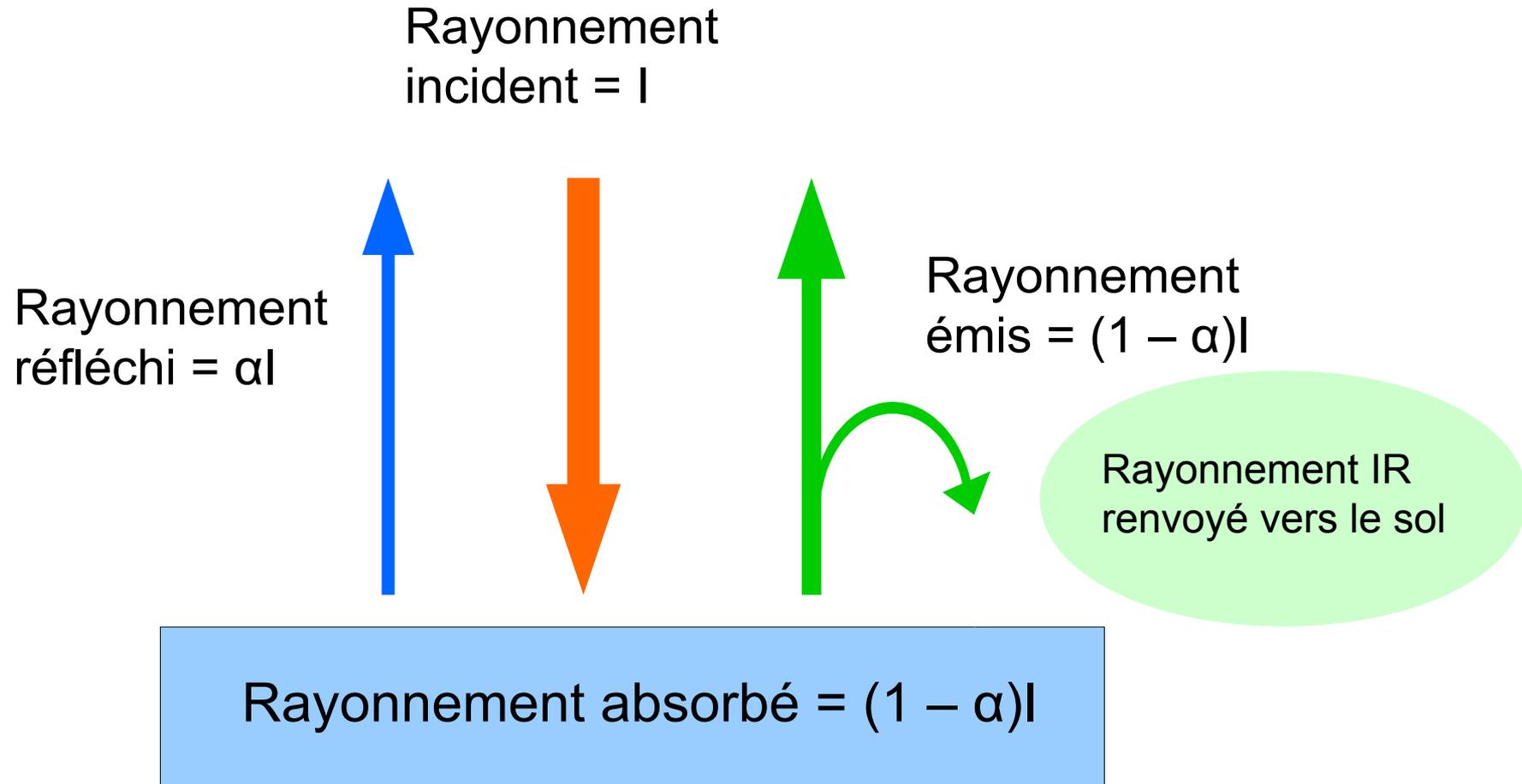
*NB : Pas d'atmosphère / Corps noir*

# Exemple

En supposant que la Terre a une température constante  $T$ , qu'elle se comporte comme un corps noir et que le rayonnement incident est de  $245 \text{ W.m}^{-2}$ , calcule la valeur de la constante  $\sigma$  pour la Terre.



# Effet de serre



# Un phénomène naturel

L'effet de serre est *un phénomène naturel* : le rayonnement infra-rouge émis par le sol est absorbé par les gaz de l'atmosphère et renvoyé vers la Terre, causant ainsi un réchauffement de la planète.

Les gaz à effet de serre sont : la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane et les oxydes d'azote.

Si la concentration de ces gaz augmente, on a **un effet de serre renforcé** qui contribue au réchauffement planétaire.

Contribution à l'effet de serre naturel des différents gaz présents dans l'atmosphère

