



L1 Sciences de la Matière

Énergies Renouvelables (ENR)

Unité d'Enseignement Découverte (S2)

Dr. S.E. BENTRIDI:

Email: s.bentridi@univ-dbkm.dz

2021/2022

Contenu du Programme

- Aperçu sur les ENR
- **L'Énergie et ses formes**
- Les (sources) énergies conventionnelles
- Notions Clés actuelles sur l'énergie
- Les différents types d'énergie renouvelable
- Les énergies du futur



L'Énergie et ses formes

- Comment définir l'énergie ?

Etymologiquement : le mot énergie / energy vient du latin : ενεργια (énergia). Il signifie « force en action »! En opposition à δυναμις (dynamis) qui signifie « force en puissance ».

Physiquement : « C'est la capacité d'un corps ou d'un système à produire un travail mécanique ou son équivalent »

Historiquement :

1807: Thomas YOUNG utilise le terme « energy » pour désigner la quantité $m \cdot v^2$

1829: Gaspard-Gustave CORIOLIS utilise le terme « travail » pour décrire cette quantité

1853: William RANKINE formule la conservation de l'énergie mécanique

L'Énergie et ses formes

- Comment définir l'énergie ?

Définition revisitée : « **l'énergie** est une grandeur qui mesure **la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, un rayonnement électromagnétique ou de la chaleur** »

Dans le Système international d'unités (SI), l'énergie s'exprime en joules:

$$\text{Joule} = J \equiv [M] \cdot [L]^2 \cdot [T]^{-2} \equiv \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

L'Énergie et ses formes

- Analyse dimensionnelle de l'énergie

C'est quoi 1 *joule* d'énergie ? $J \equiv kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$

C'est l'équivalent de la chute d'un poids-mesure de 100g d'une hauteur d'environ 1m sous l'accélération gravitationnelle $g = 9,81m \cdot s^{-2}$.

$$E_p = mgh = E_c = \frac{1}{2}mv^2$$



L'Énergie et ses formes

- Analyse dimensionnelle de l'énergie

On peut également redéfinir l'énergie en fonction des autres grandeurs physiques (dynamiques)

$$J \equiv kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \equiv kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m \equiv [F] \times [L] \equiv N \cdot m \equiv \textit{Travail de force}$$

$$J \equiv \frac{[F]}{[S]} \times [S] \times [L] \equiv [P] \times [V] \equiv Pa \cdot m^3$$

Une autre unité également utilisé pour désigner l'énergie (thermique)

$$1 \textit{ calorie} = 1 \textit{ cal} = 4.184 \textit{ Joules}$$

$$1 \textit{ kcal} = 1 \textit{ Cal} = 4184 \textit{ J} = 4.184 \textit{ kJ}$$

L'Énergie et ses formes

- Analyse dimensionnelle de l'énergie

On peut également redéfinir l'énergie en fonction des autres grandeurs physiques (électriques)

$$J \equiv N.m \equiv [Q] \times [E] \times [L] \equiv C \cdot \frac{V}{m} \cdot m = C.V = [Q] \times [U]$$

$$J \equiv C.V \equiv [I] \times [T] \times [U] \equiv [UI] \cdot [T] \equiv VA.s \equiv [Puiss.] [T] \equiv W.s$$

Unité d'usage pour la mesure de consommation de l'énergie électrique:

$$1Wh = 3600Ws = 3.6kWs = 3.6kJ$$

$$1kWh = 3600kWs = 3.6MWs = 3.6MJ = 3.6 \times 10^6$$

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$



L'Énergie et ses formes

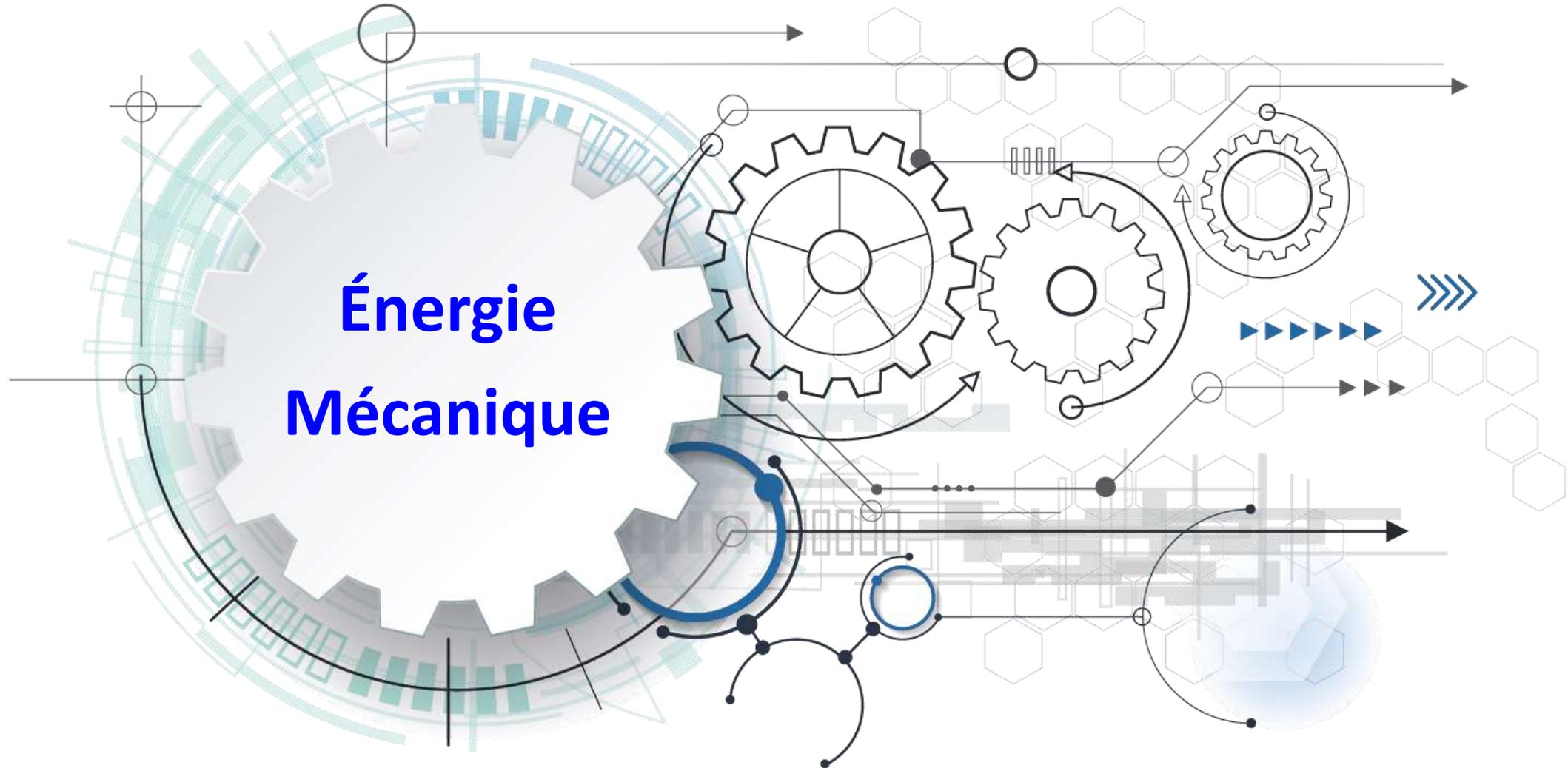
- Analyse dimensionnelle de l'énergie

Facteur	Nom	Symbole	Facteur	Nom	Symbole
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Good to know

L'Énergie et ses formes

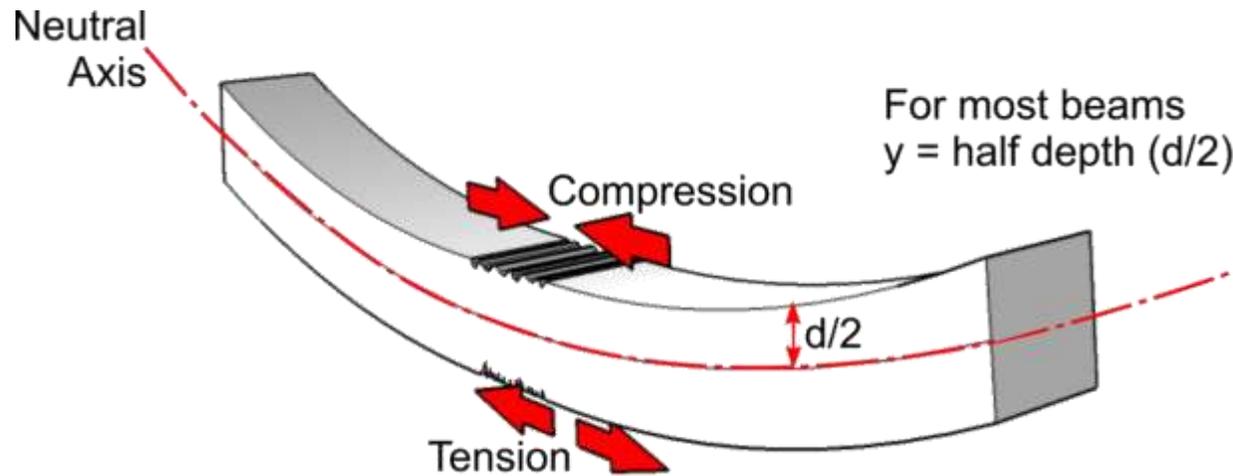
- Les différents formes de l'énergie



L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

Énergie Mécanique: C'est une forme d'énergie qui produit un mouvement (linéaire, circulaire ou curviligne) ou une déformation.



L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

Énergie Mécanique (cinétique) :

Énergie cinétique de translation: $E_c^{trans} = \frac{1}{2}mv^2$

Avec: $m[kg]$ masse du corps en déplacement

$v[m/s]$ vitesse du corps

Énergie cinétique de rotation: $E_c^{rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$

Avec: $I[kg.m^2]$ moment d'inertie du système en rotation,

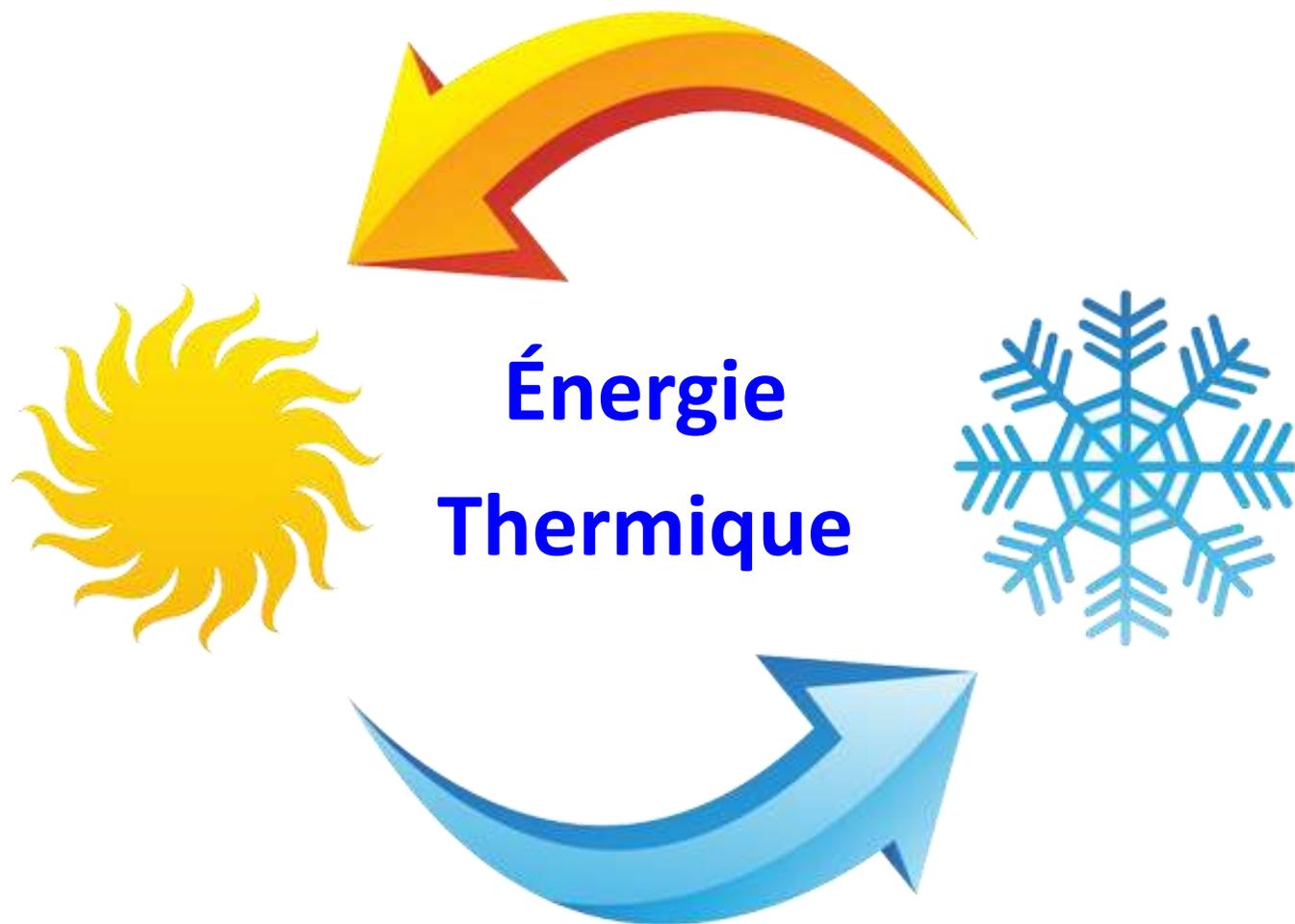
$\omega[rad/s]$ vitesse angulaire

À titre d'exemple: $I_{disk} = \frac{1}{2}mR^2$



L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

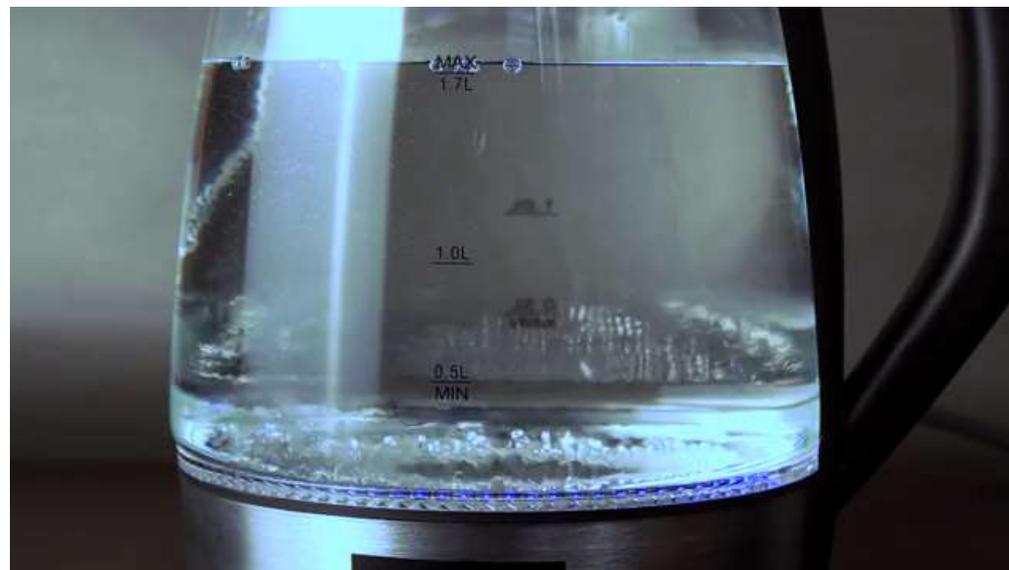
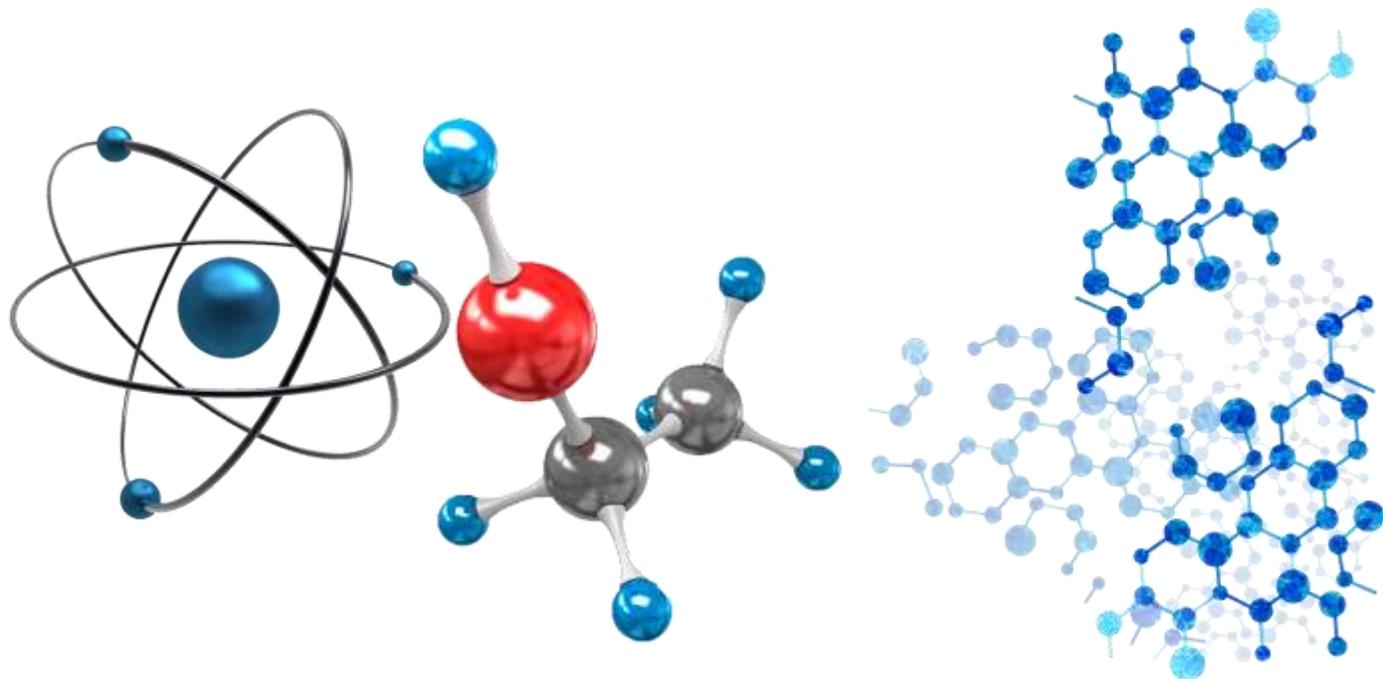


L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

Constante de Boltzmann: $k_B = 1,38 \times 10^{23} \left[\frac{kg.m^2}{s^2.K} \right]$

Énergie Thermique: Elle due à la dynamiques des atomes, molécules à l'échelle microscopique ou tout autre constituant des matériaux (systèmes) macroscopiques. ($e_c = \frac{3}{2} k_B T$)



L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

Énergie

Electromagnétique

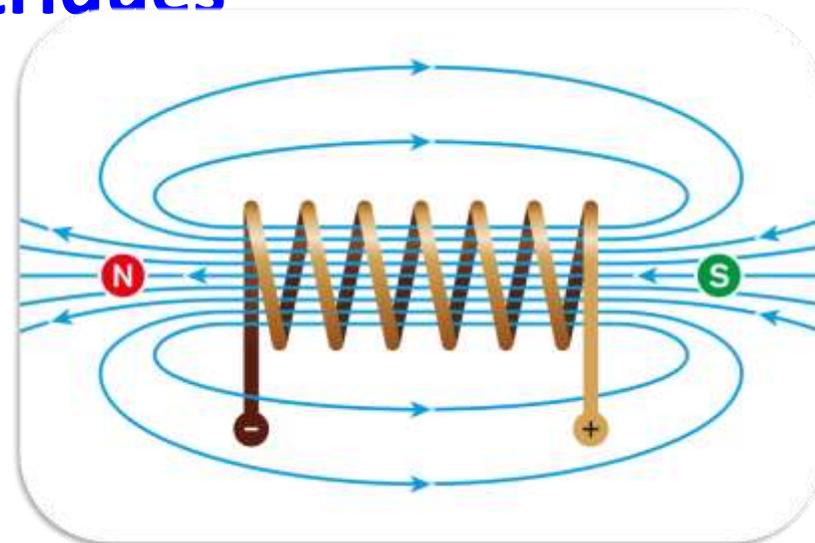
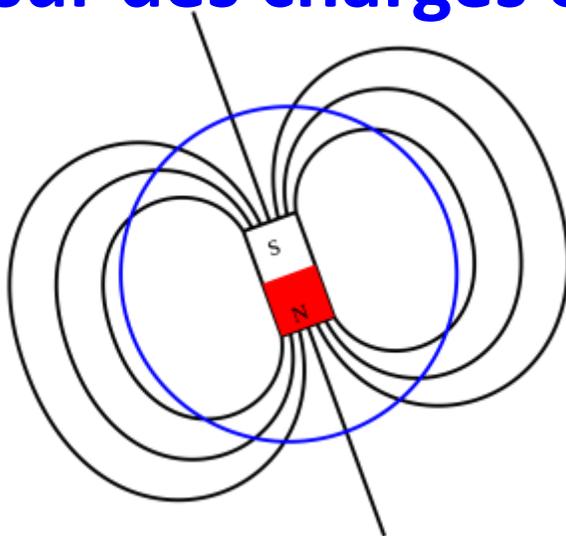
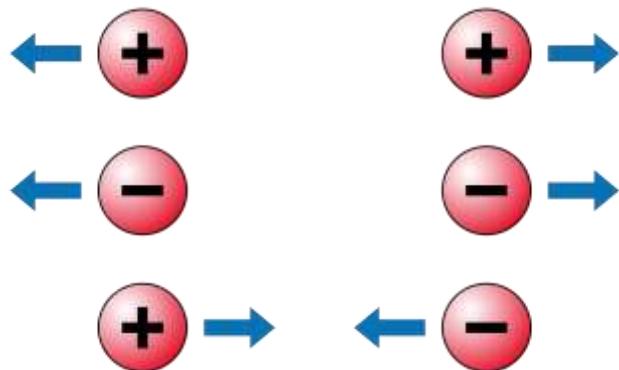


L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

Énergie électromagnétique:

formée de deux champs physiques: électrique \vec{E} et magnétique \vec{B} .
Le champ électrique créé par des charges électriques, qui une fois en mouvement elles peuvent créer un champ magnétique. Ce dernier agit à son tour sur des charges électriques

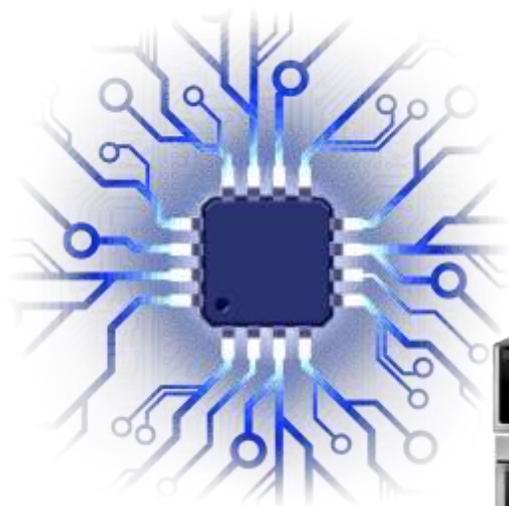


L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

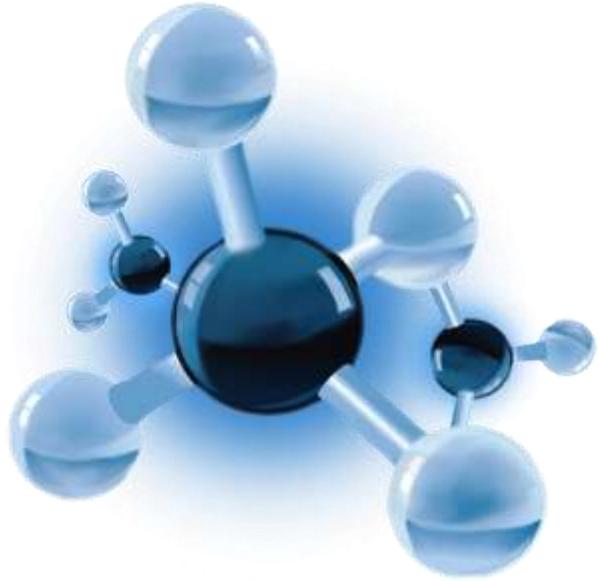
Énergie électromagnétique:

Elle permet de faire fonctionner les moteurs électriques, les instruments électroniques, les émissions radio...



L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie



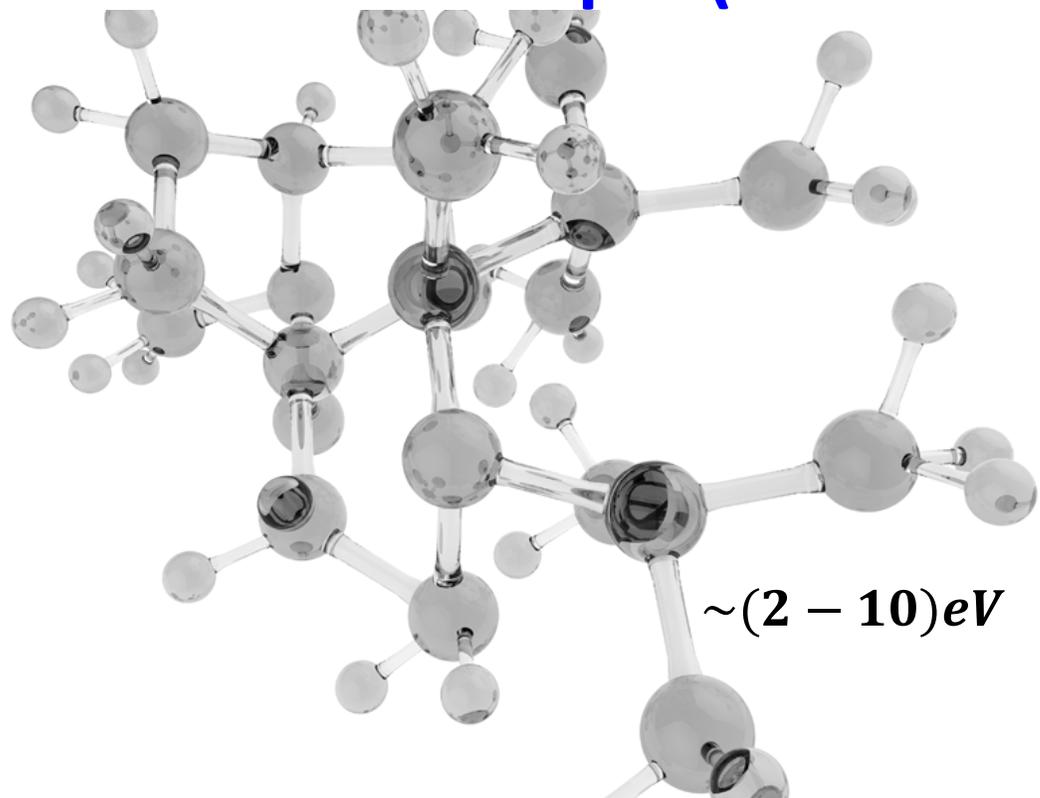
Énergie
Chimique



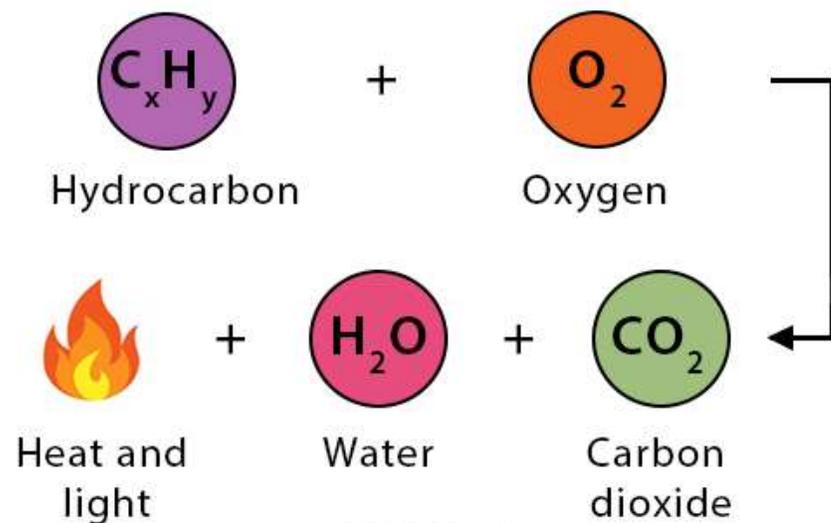
L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

Énergie chimique: c'est l'énergie emmagasinée dans les liaisons chimiques des molécules. Elle peut se libérer sous l'effet d'une induction chimique (réaction oxydo-réduction, combustion...)



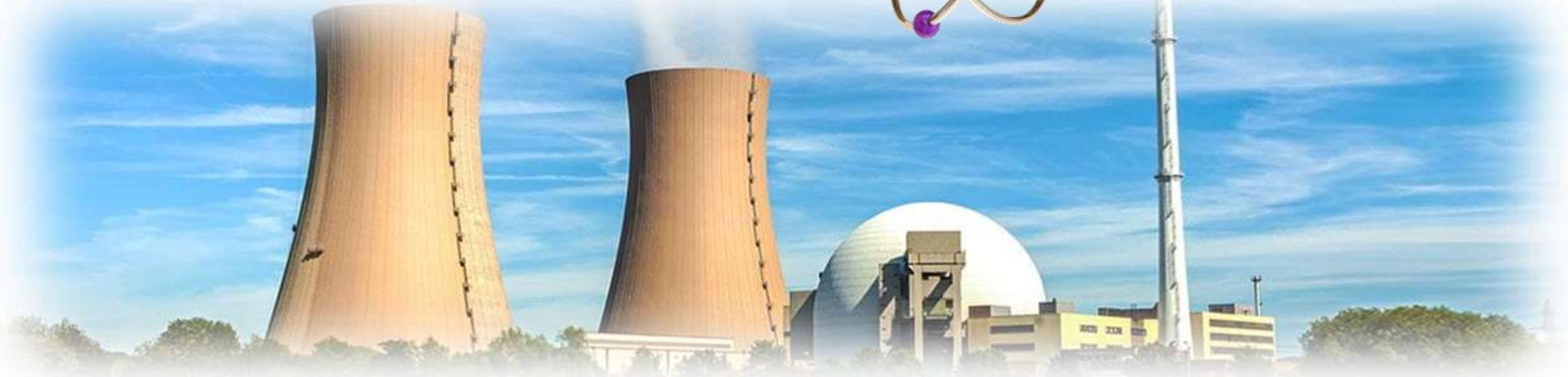
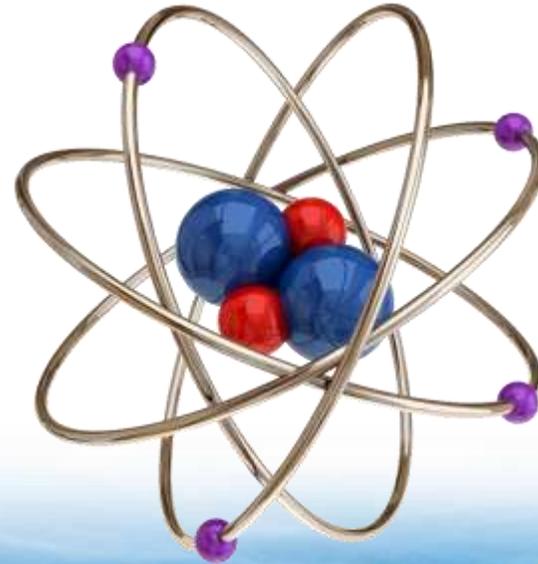
Combustion Reaction



L'Énergie et ses formes

- Les différents formes de l'énergie

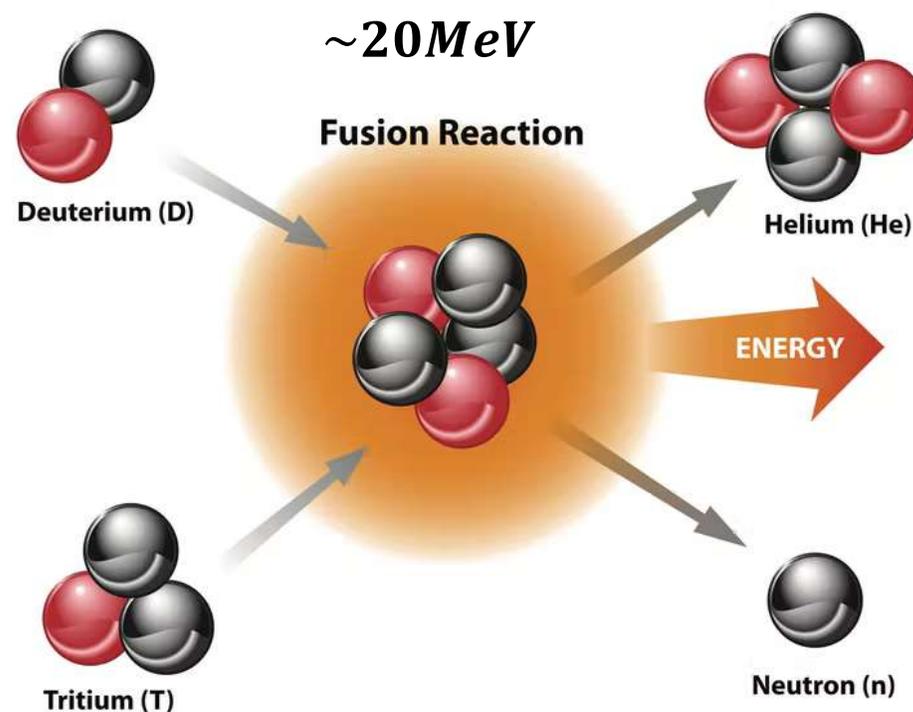
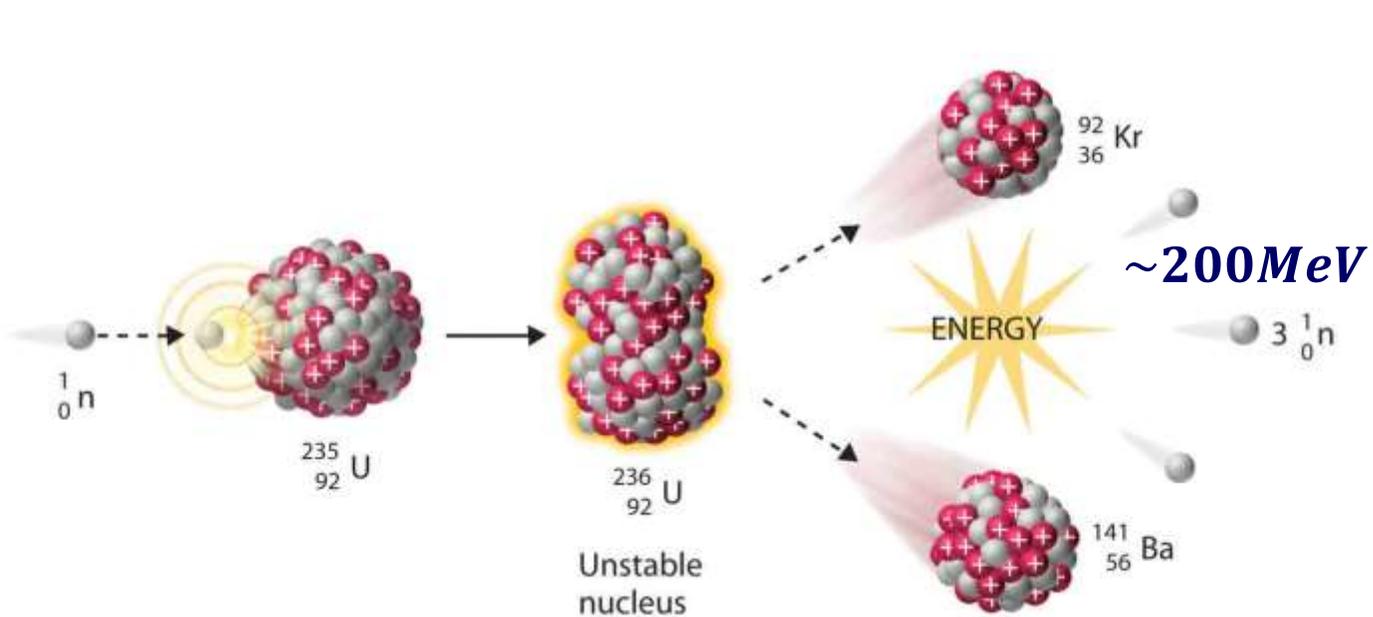
Énergie
Nucléaire



L'Énergie et ses formes

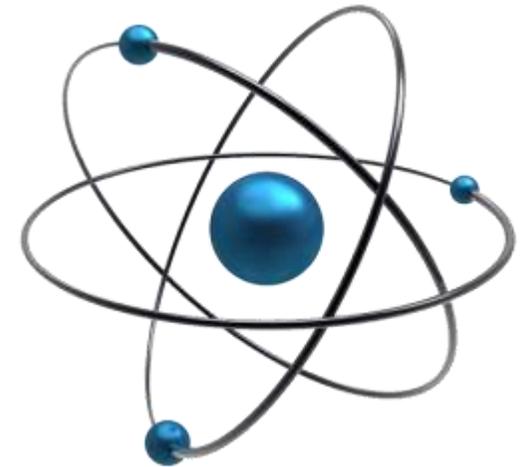
- Les différents formes de l'énergie

Énergie nucléaire: c'est l'énergie qui peut être libérée soit par la fission d'un noyau lourd ou par la fusion des noyaux légers.



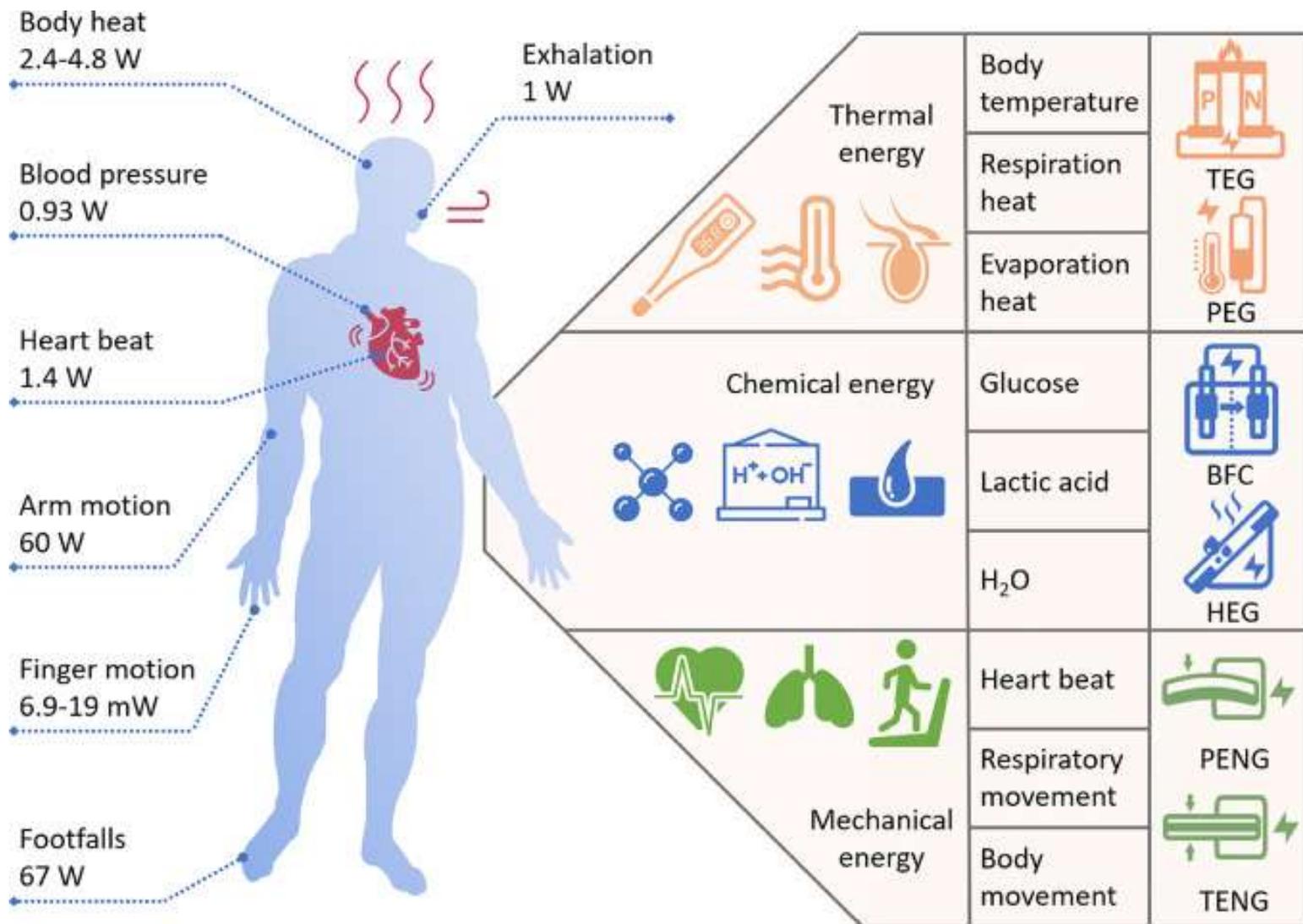
L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



L'Énergie et ses formes

• Les échelles énergétiques



~133W
 → 133Wh ≡ 480kJ

~12MJ/day

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



→ ***200kWh/yr ≡ 2MJ/day***

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



1l ess. \equiv 9,63kWh
1l dies. = 10,74kWh

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



$$\rightarrow 80 - 400 \left[\frac{Wh}{passeng. km} \right]$$

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



$$\rightarrow 60 - 100 \left[\frac{Wh}{passeng. km} \right]$$

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



$$\rightarrow 360 - 450 \left[\frac{Wh}{passeng. km} \right]$$

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



$$\sim 300 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot yr} \right]$$

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques

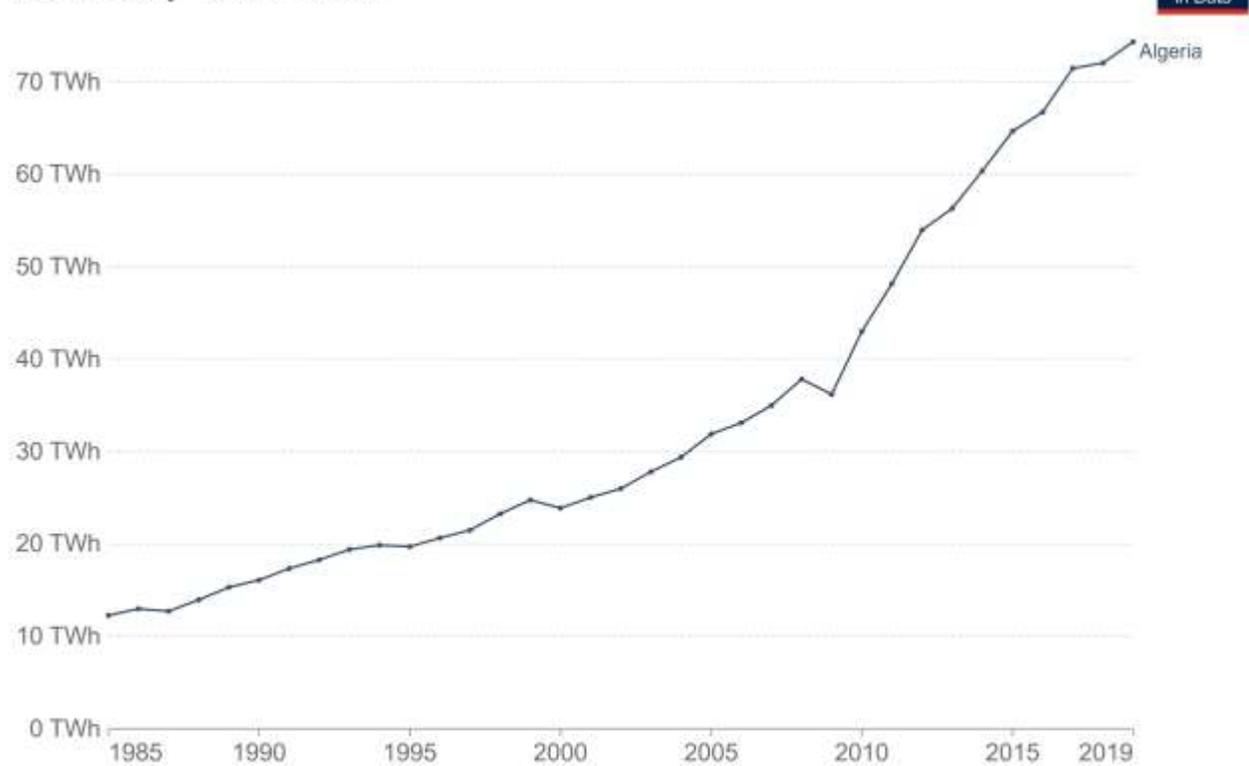


$\sim (3 - 133)TWh$

L'Énergie et ses formes

• Les échelles énergétiques

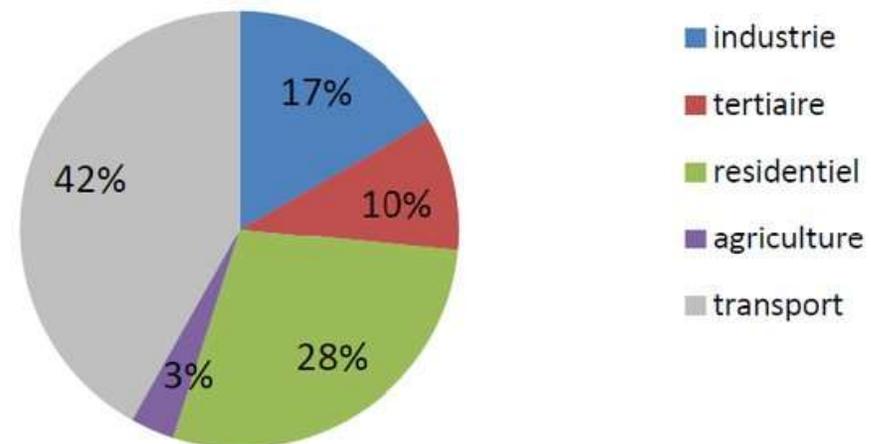
Electricity Generation



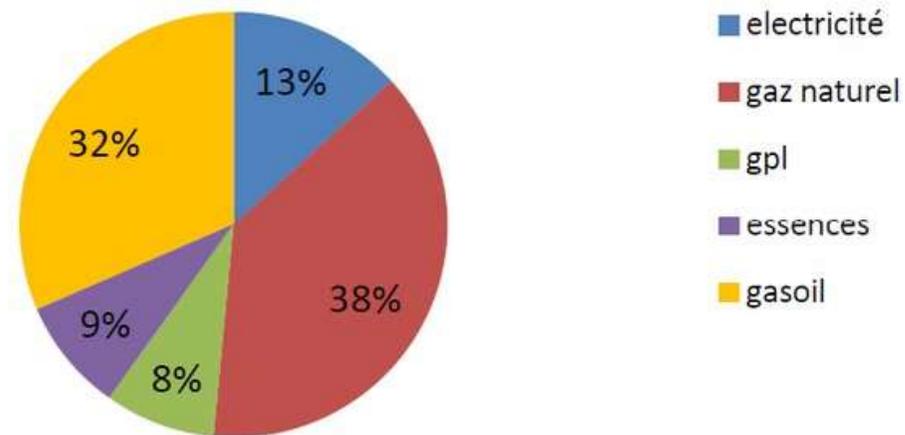
Source: Our World in Data based on BP & Shift Data Portal

OurWorldInData.org/energy • CC BY

a



b

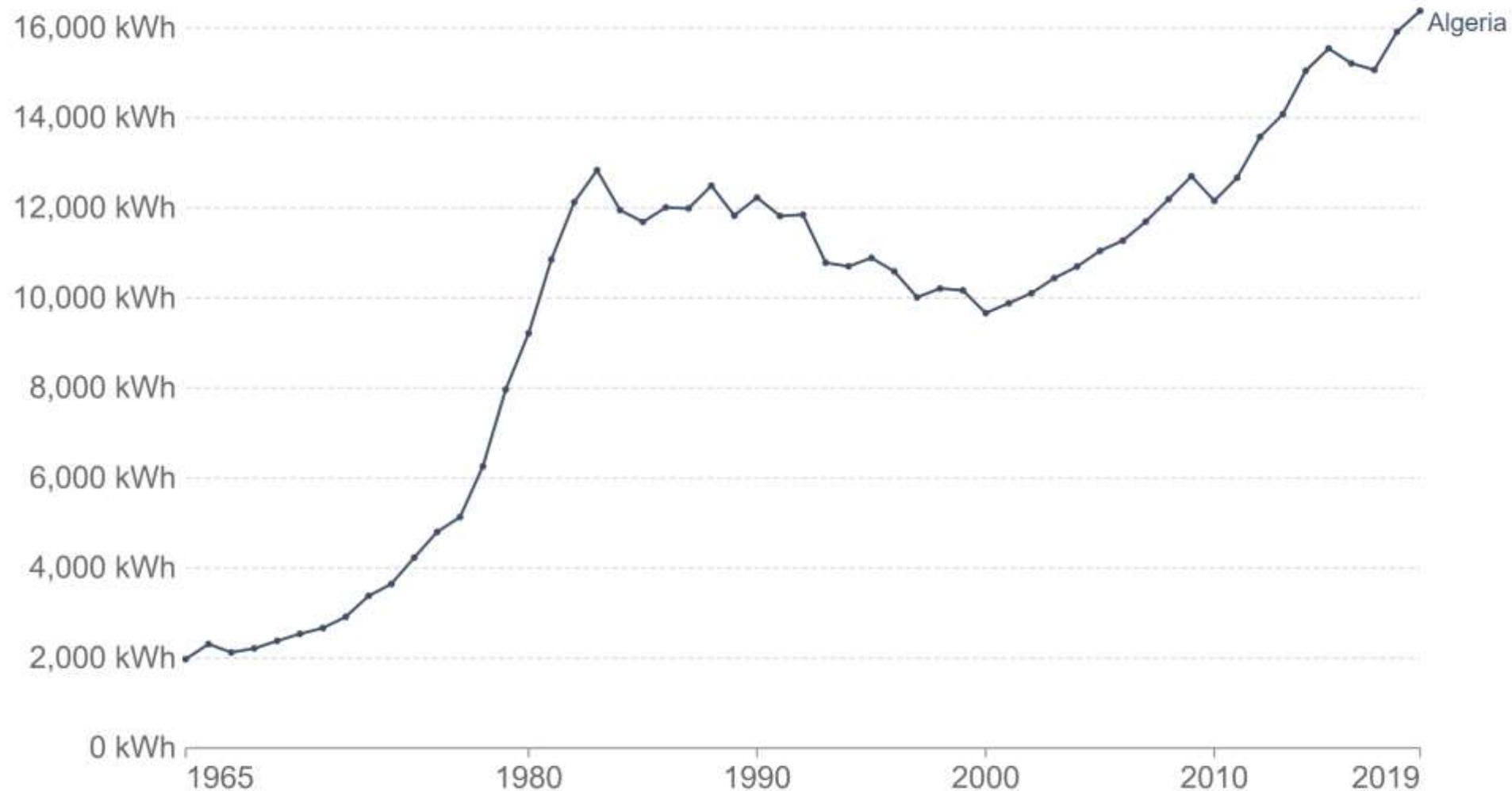


L'En

- Les e

Energy use per person

Energy use not only includes electricity, but also other areas of consumption including transport, heating and cooking.



Source: Our World in Data based on BP & Shift Data Portal

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Note: Energy refers to primary energy – the energy input before the transformation to forms of energy for end-use (such as electricity or petrol for transport).

L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



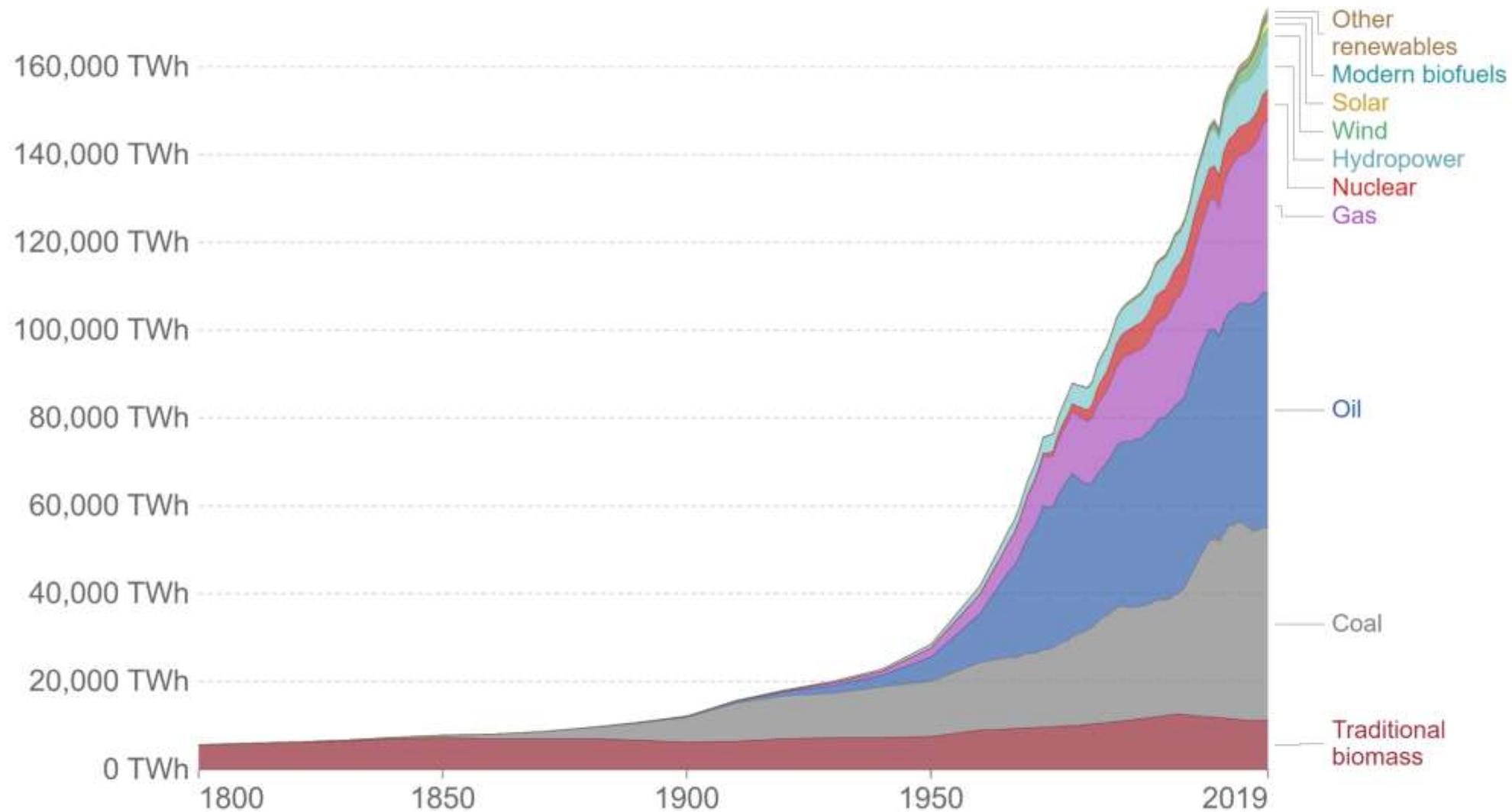
~ 200,000TWh

L'En

• Les é

Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.

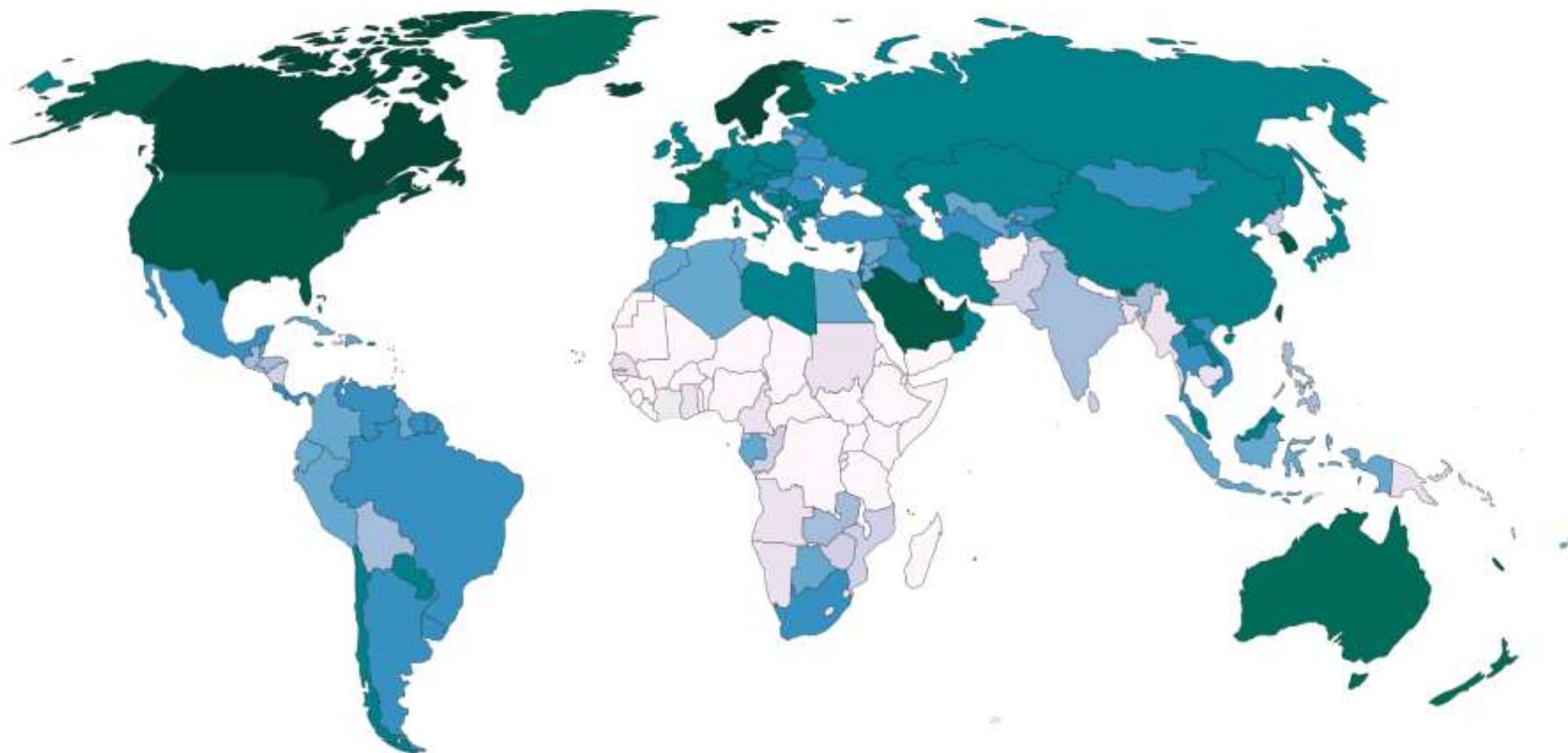


L'En

• Les c

Per capita electricity generation, 2021

This is annual average electricity generation per person, measured in kilowatt-hours.

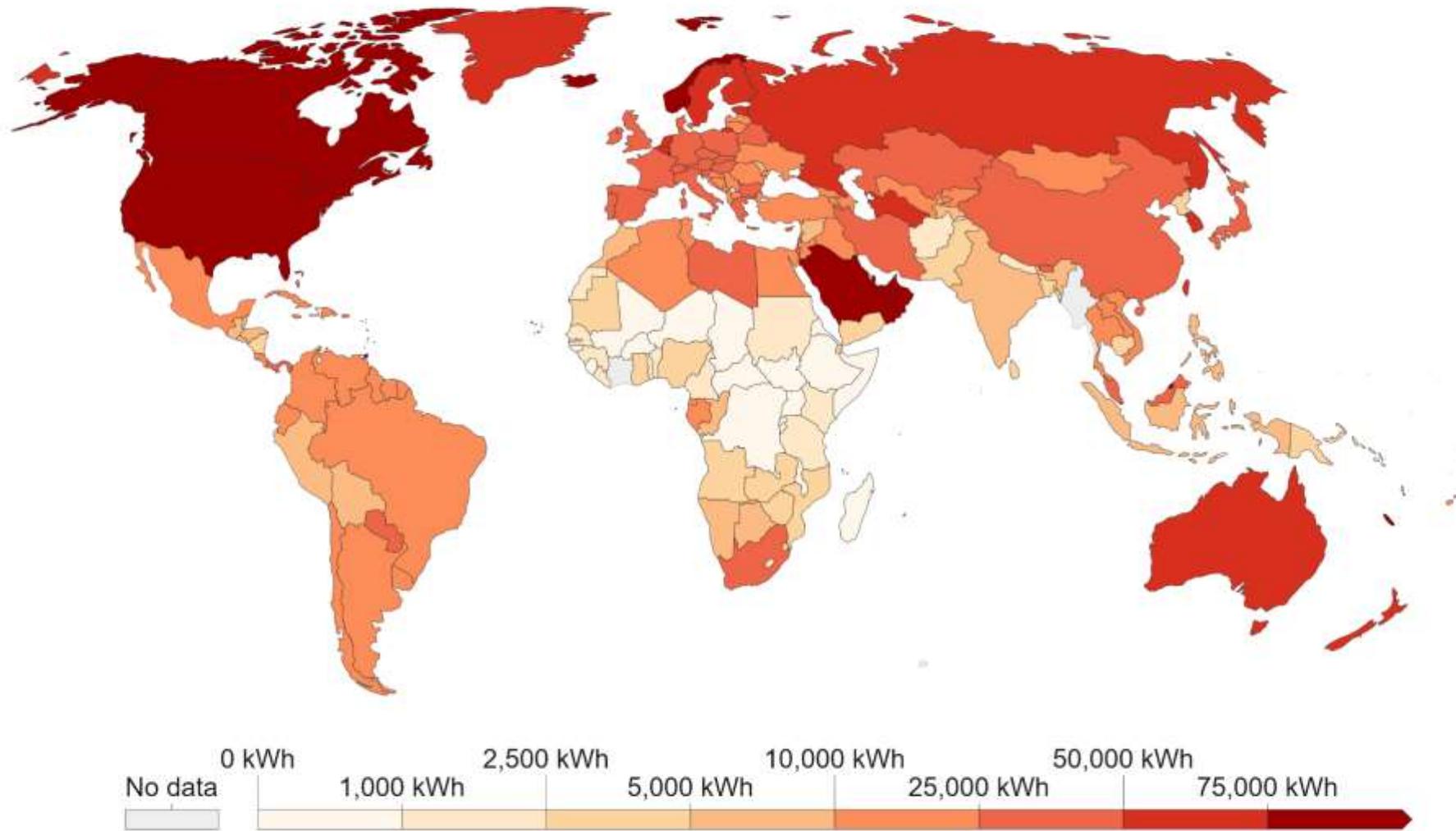


L'En

Energy use per person, 2019

Energy use not only includes electricity, but also other areas of consumption including transport, heating and cooking.

- Les e



Source: Our World in Data based on BP & Shift Data Portal

OurWorldInData.org/energy • CC BY

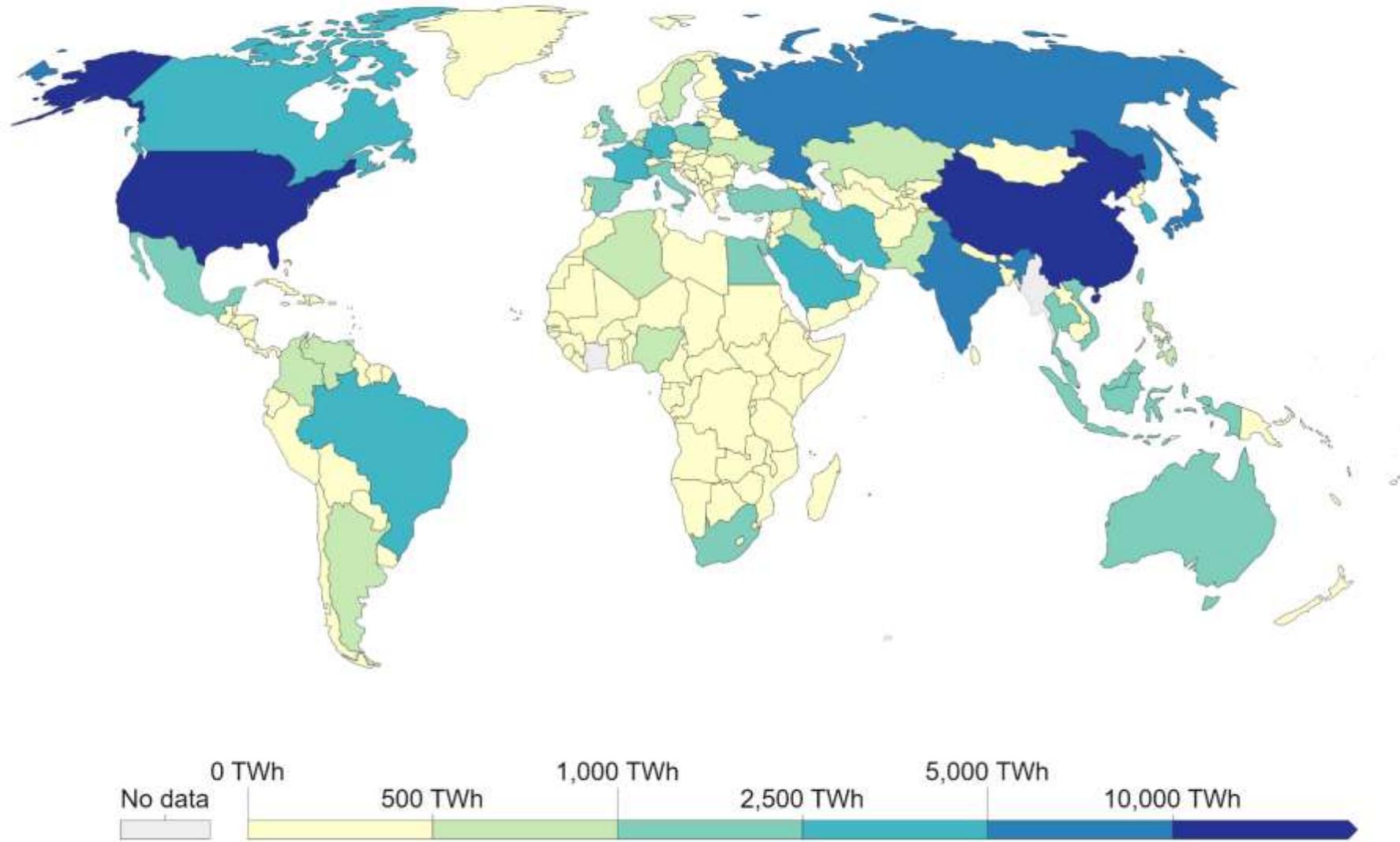
Note: Energy refers to primary energy – the energy input before the transformation to forms of energy for end-use (such as electricity or petrol for transport).

L'En

Primary energy consumption, 2019

Primary energy consumption is measured in terawatt-hours (TWh).

- Les c



Source: BP Statistical Review of Global Energy

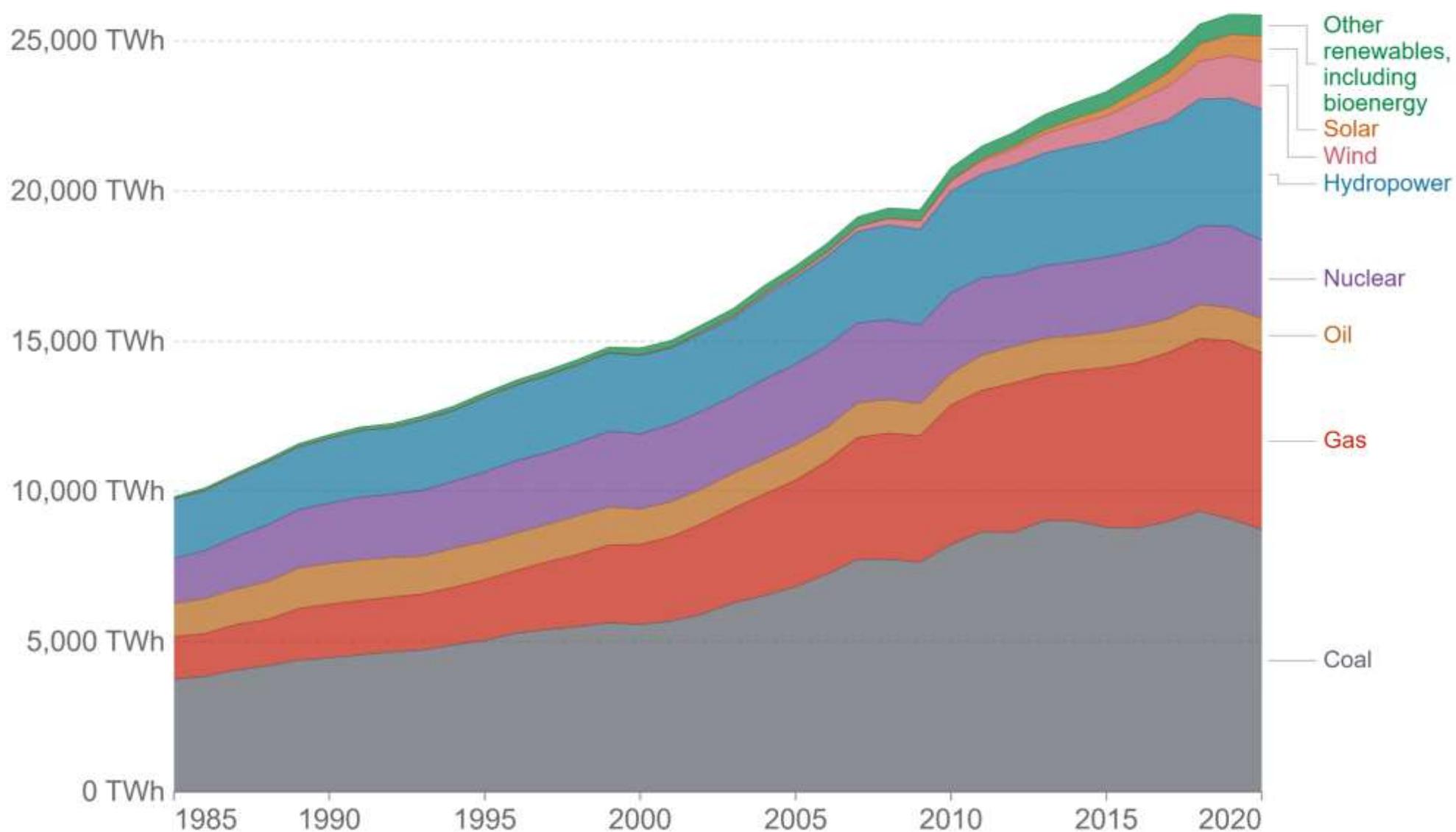
Note: Data includes only commercially-traded fuels (coal, oil, gas), nuclear and modern renewables. It does not include traditional biomass.

OurWorldInData.org/energy • CC BY

L'En

• Les e

Electricity production by source, World



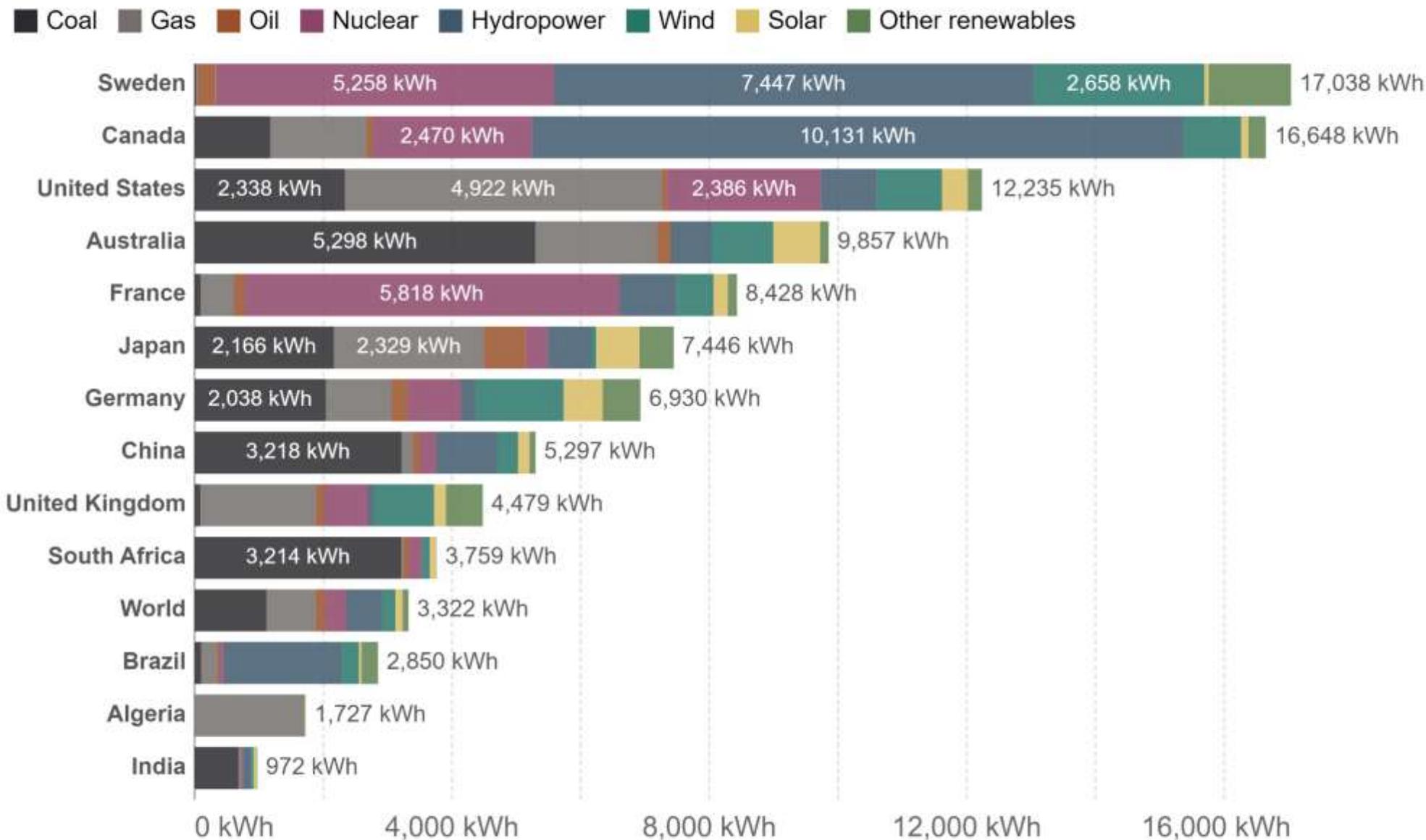
Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2022)
Note: 'Other renewables' includes biomass and waste, geothermal, wave and tidal.

OurWorldInData.org/energy • CC BY

L'En

• Les e

Per capita electricity consumption by source, 2021



L'Énergie et ses formes

- Les échelles énergétiques



rate ~ 173000TW

conso. ~ 600EJ/yr \equiv 19TW



Shores ~ 3TW