



II. Qu'est-ce que l'énergie

Objectifs :

- Comprendre ce qu'est l'énergie et en identifier les différentes sources utilisées par les Hommes
- Avoir quelques ordres de grandeurs sur nos consommations d'énergie
- Identifier les principaux émetteurs de GES
- Comprendre ce qu'est un bilan carbone

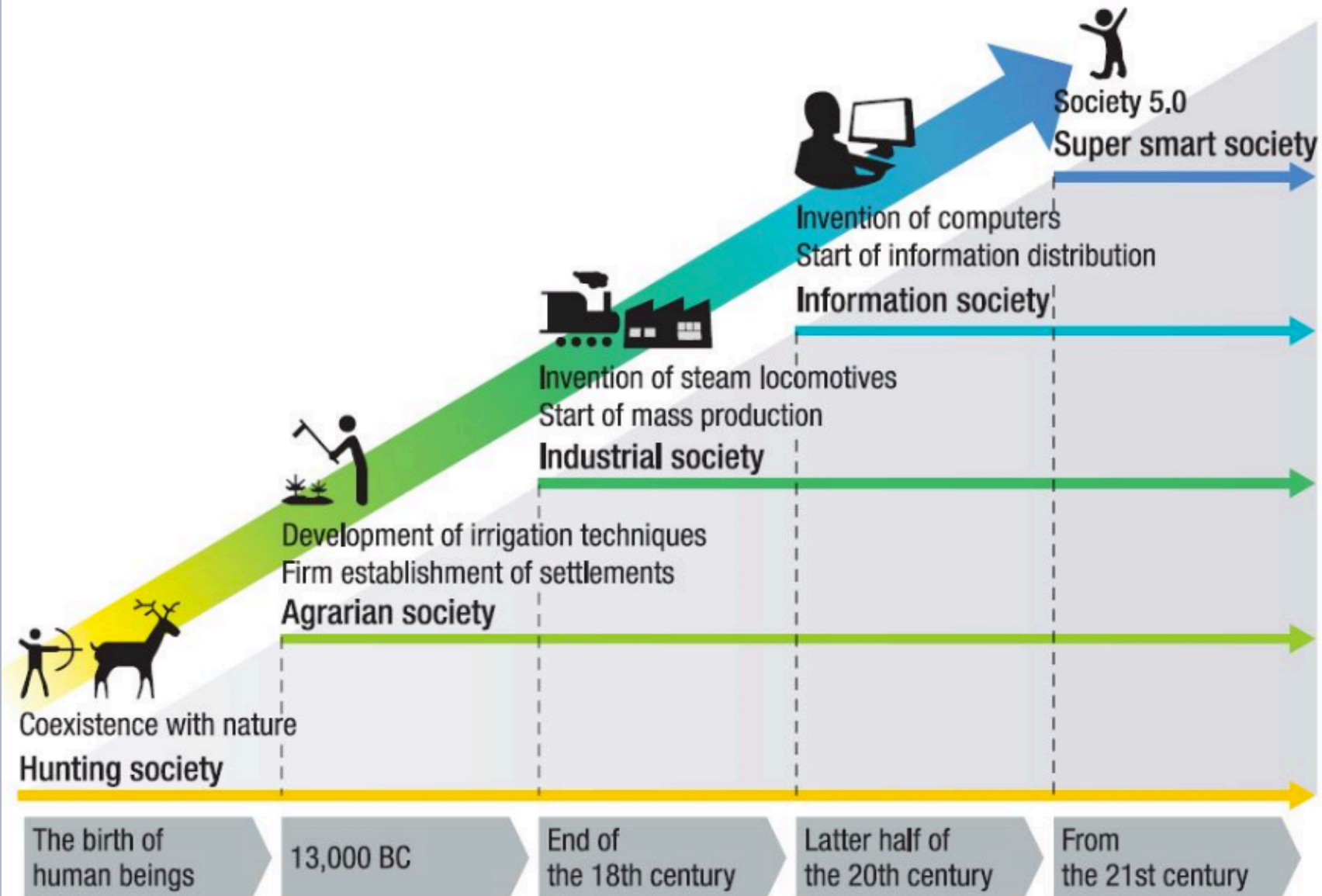
Énergie capsule 2

*La révolution industrielle,
début de l'ère des machines*

II. Qu'est-ce que l'énergie

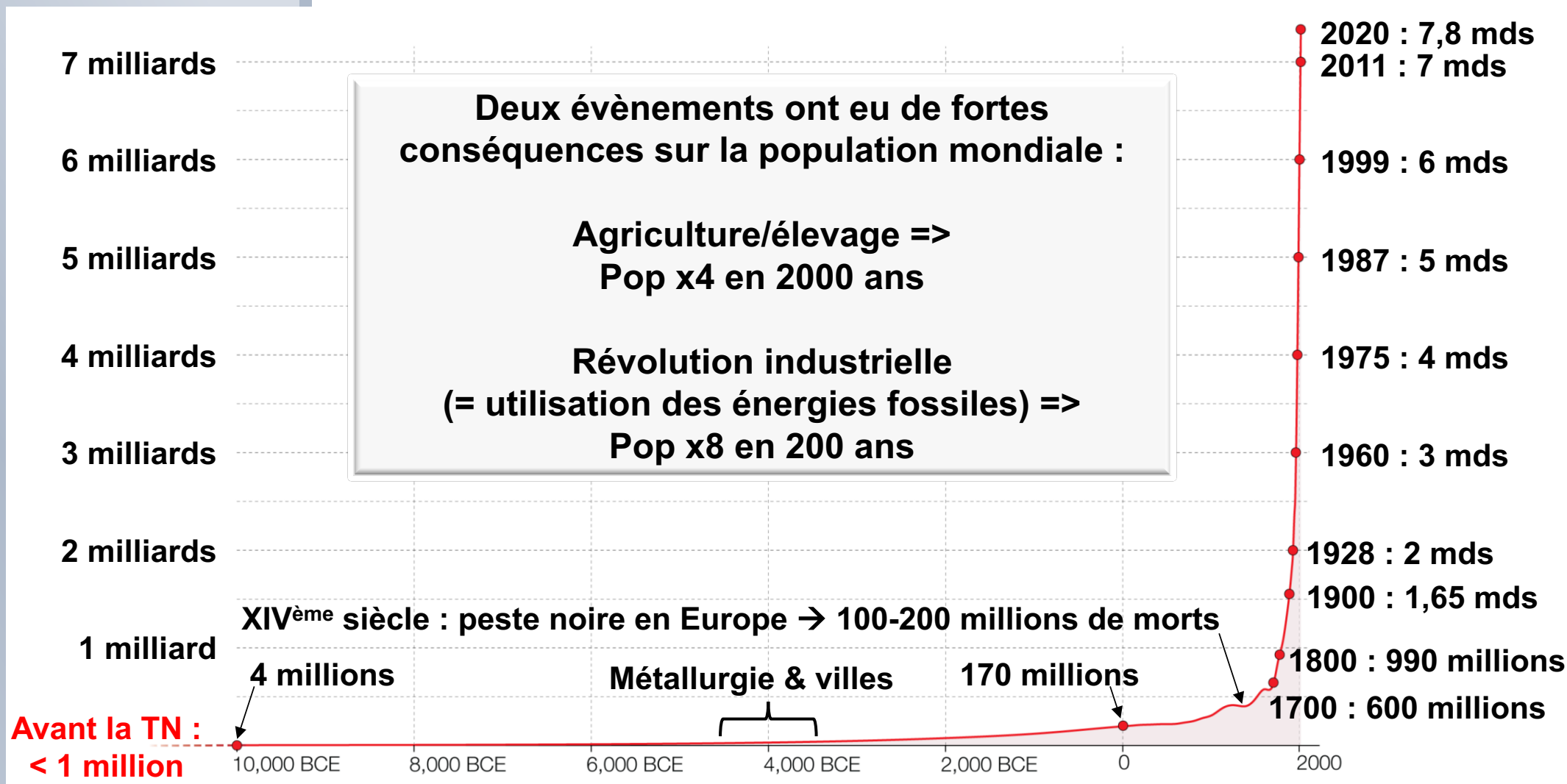
A quel moment tout cela à commencé ?

Pour comprendre ça, revenons un peu en arrière !



II. Qu'est-ce que l'énergie

Évolution de la population mondiale depuis 10 000 ans



En vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=PUwmA3Q0_OE

II. Qu'est-ce que l'énergie

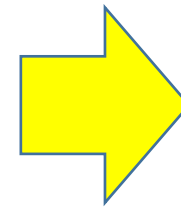
Qu'est-ce que la révolution industrielle ?

La révolution industrielle est le processus historique du XIXe siècle qui fait basculer, une société à dominante agricole et artisanale vers une société commerciale et industrielle.

Elle est accompagnée d'une rupture énergétique majeure basée sur l'utilisation d'énergie provenant de la combustion de ressources fossiles.



1920



1860



1800

**Mais en fait,
c'est quoi
l'énergie ?**

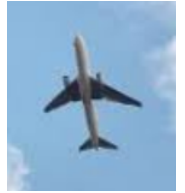
II. Qu'est-ce que l'énergie

L'énergie est la grandeur physique qui permet de caractériser un changement d'état dans un système :

- Modification de température



- Modification de la vitesse



- Modification de forme



- Modification de la composition chimique



- Changement de composition atomique ou du nombre de photons



- ...

L'énergie c'est donc la grandeur quantifiant la transformation du monde qui nous entoure

II. Qu'est-ce que l'énergie

Unités de mesure de l'énergie :

Il existe de nombreuses unités pour mesurer l'énergie: le Joule, la Calorie, l'Électronvolt...

Pour simplifier les choses et pouvoir comparer les différentes sources entre elles, nous avons choisi le **Wattheure (Wh)**
= Puissance x Temps (1 Wh = 3 600 Joules)

1 kWh (1000 Wh) c'est :

~ 1 ampoule de 100 W allumée pendant 10 h

~ l'énergie thermique dégagée par la combustion de 100 ml de pétrole

~ l'énergie emmagasinée en buvant 2 l de coca (860 kcal)

~ l'énergie développée par les jambes pour grimper 4000 m de dénivelé à pied avec un sac de 30 kg

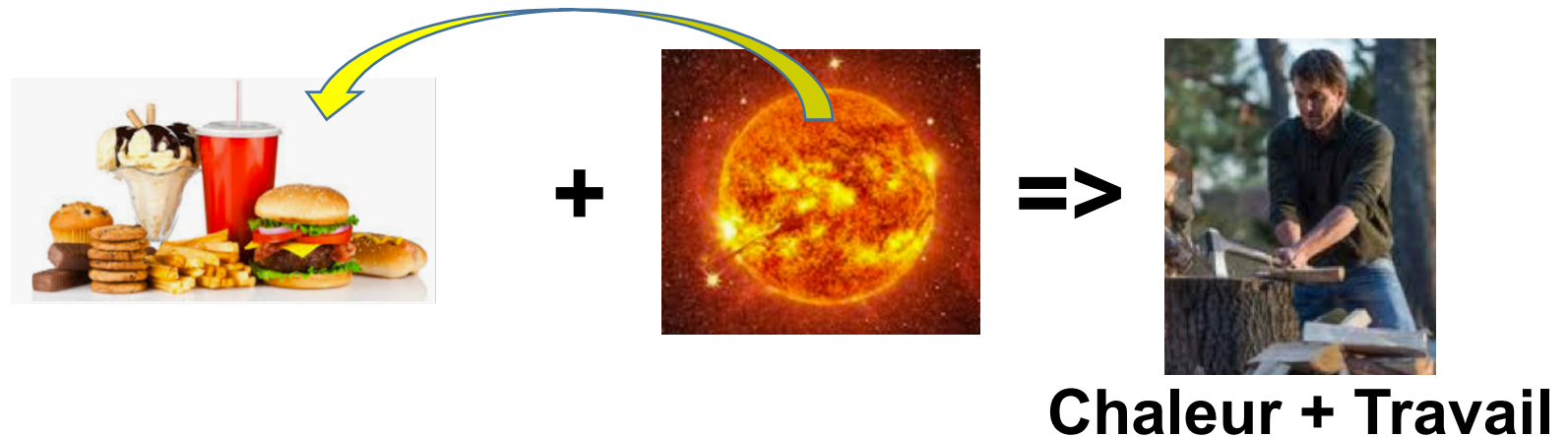
On utilisera souvent le MWh (10^6 Wh), le GWh (10^9 Wh) ou le le TWh (10^{12} Wh)

II. Qu'est-ce que l'énergie

Quelle énergie pour qui ?

A cause de la loi de conservation de l'énergie (1^{er} principe de la thermodynamique), « **utiliser de l'énergie** », c'est en pratique **extraire de l'énergie de l'environnement (où elle se trouve déjà) et la transformer avec un convertisseur.**

La seule énergie que les hommes peuvent convertir en direct, c'est la biomasse et ses dérivés comestibles + soleil



II. Qu'est-ce que l'énergie

Quelle énergie pour qui ?

Pour utiliser « plus puissant que soi » il faut un autre convertisseur, et l'énergie qui l'alimente !



+



=> Travail



+



=> Travail



+

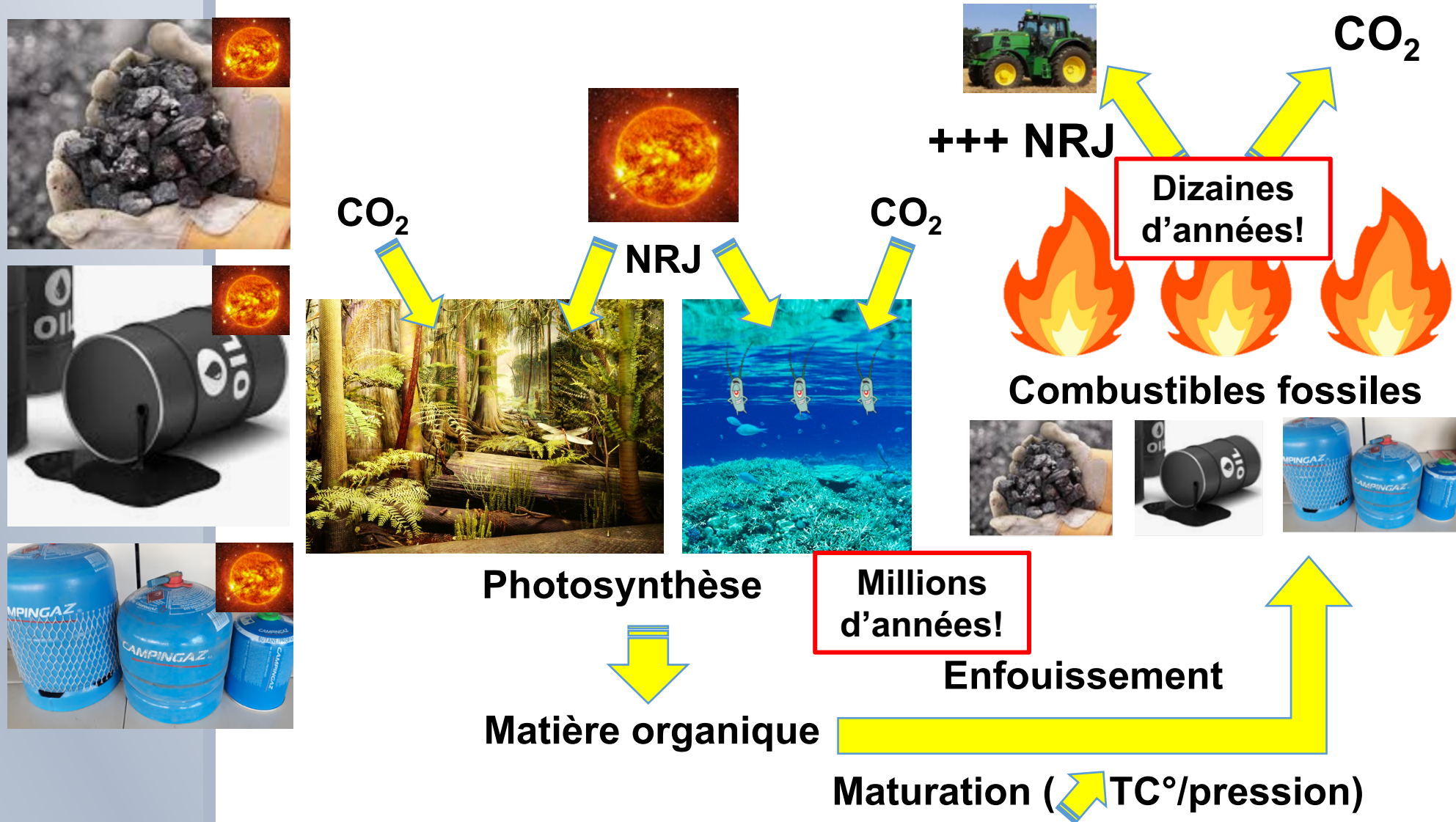


=> Travail

II. Qu'est-ce que l'énergie

Quelle énergie pour qui ?

Depuis deux siècles de nouvelles sources d'énergies :



II. Qu'est-ce que l'énergie

Quelle énergie pour qui ?

De nouvelles sources d'énergies pour alimenter de nouveaux convertisseurs : les machines.

« Utiliser de plus en plus d'énergie », c'est aujourd'hui en pratique « commander de plus en plus de machines »



+

=> +++ Travail

Oubliez l'énergie,
pensez Machines !

II. Qu'est-ce que l'énergie

L'énergie et les machines sont partout autour de nous !



Un T-shirt ?
=> de l'énergie et
des machines !

Transport



Bâtiments



Electricité





II. Qu'est-ce que l'énergie

Énergie capsule 3
Machines, énergie et CO₂

II. Qu'est-ce que l'énergie

Humain VS Pétrole



2000 m de dénivelé
en une journée
100 W x 5h
≈ **0,5 kWh**



6 m³ de terre
en une journée
10 W x 5h
≈ **0,05 kWh**

x10

x100



1l => 10 kWh
(thermique)
≈ **Max 5 kWh**
(mécanique)

II. Qu'est-ce que l'énergie

Humain VS Pétrole



2000 m de dénivelé par
jour ($\approx 0,5$ kWh)
x 200 jours/an
 ≈ 100 kWh/an

Au SMIC 200 €/kWh



6 m³ de terre par
jour ($\approx 0,05$ kWh)
x 200 jours/an
 ≈ 10 kWh/an

Au SMIC 2000 €/kWh



1l \Rightarrow 10 kWh
(thermique)
 \approx Max 5 kWh
(mécanique)

$\div 500$

$\div 5000$

1,5 €/L : $\approx 0,3$ €/kWh

II. Qu'est-ce que l'énergie

Machines : qq ordres de grandeur



= 100 W pour les jambes, 10 W pour les bras

= 400 W \approx 4 paires de jambes



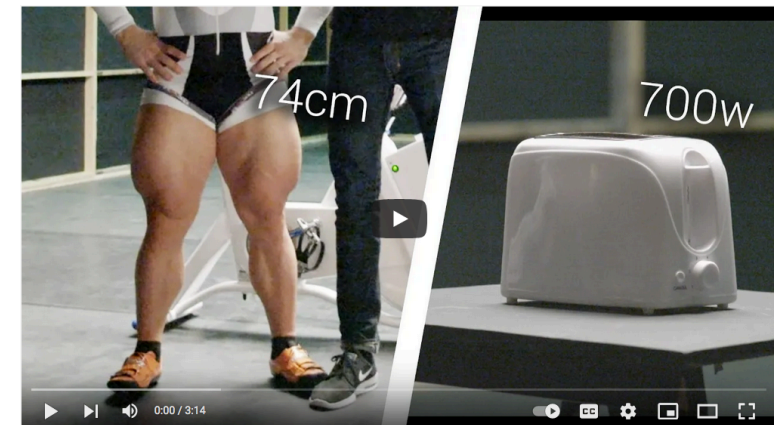
= 60 kW \approx 600 paires de jambes

= 400 kW \approx 4.000 paires de jambes

= 100 MW \approx 1.000.000 paires de jambes...

= 100 MW \approx 10.000.000 paires de bras !

En vidéo cycliste olympique VS grille pain :
<https://www.youtube.com/watch?v=S4O5voOCqAQ>



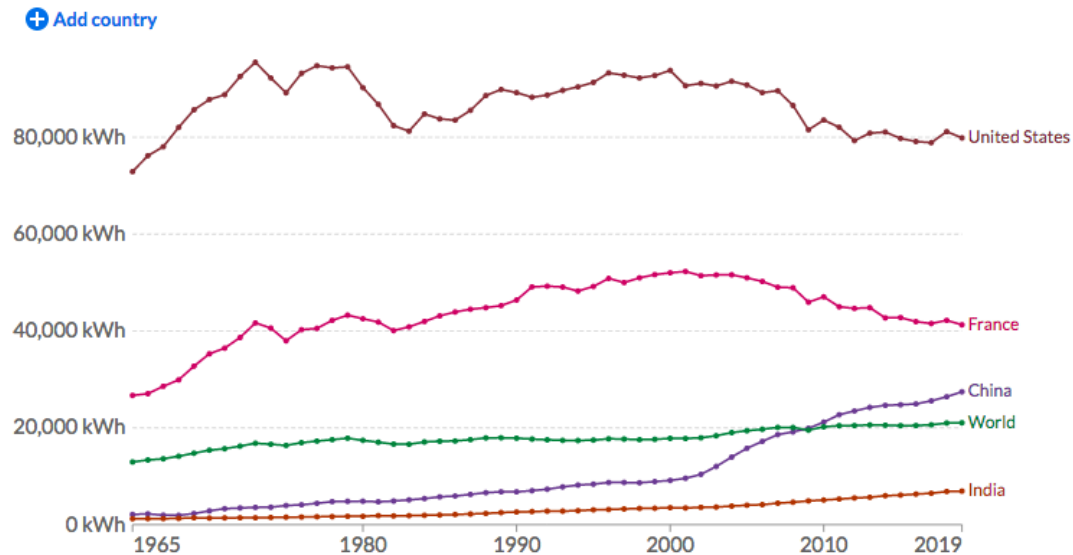
Olympic Cyclist Vs. Toaster: Can He Power It?

II. Qu'est-ce que l'énergie

Machines = esclaves énergétiques !

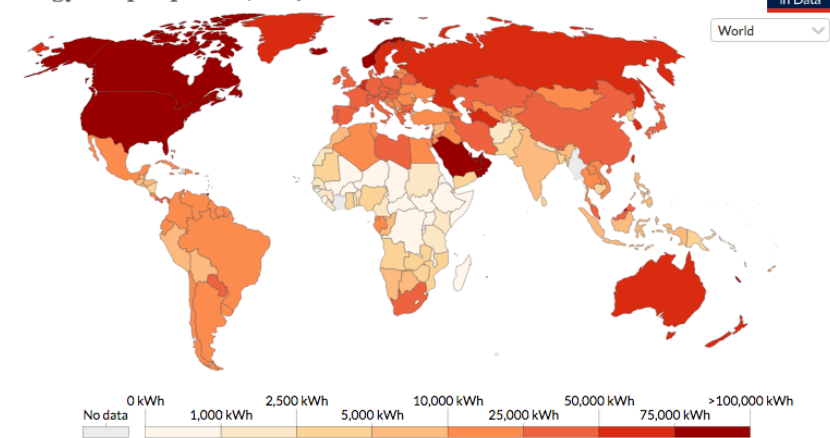
**Un français moyen utilise environ 40 000 kWh/an
(20 000 en \approx dans le monde)**

Energy use per person



Source: Our World in Data based on BP & Shift Data Portal
Note: Energy refers to primary energy - the energy input before the transformation to forms of energy for end-use (such as transport).

Energy use per person, 2019



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

**Si un humain moyen peut
produire \approx 100 kWh/an)**

**=> un français utilise 400
« esclaves énergétiques »
(400x100 kWh/an)**

II. Qu'est-ce que l'énergie

Energie/machines = confort !

Sans cette énergie abondante et peu chère, vous ne seriez pas devant votre ordinateur aujourd'hui mais là :

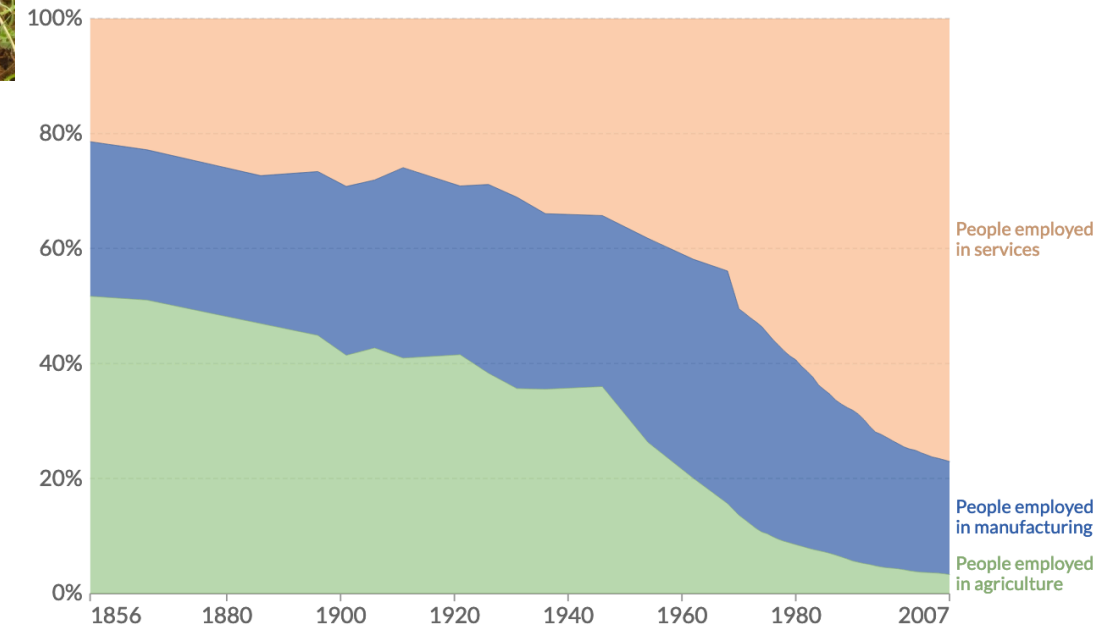


Il y a 150 ans, plus de 50% de la population française travaillait dans l'agriculture!

Employment by economic sector, France, 1856 to 2007

Number of people employed by economic sector.

↔ Change country Relative



7,1 % en 1982

·
·
·

1,5 % en 2019

Merci les machines!

Our World
in Data

II. Qu'est-ce que l'énergie

Energie/machines = confort !

Sans cette énergie abondante et peu chère, vous ne seriez pas devant votre ordinateur aujourd'hui mais là :



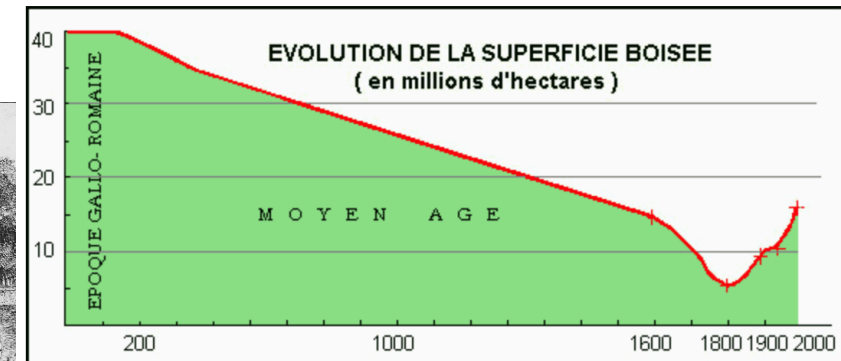
II. Qu'est-ce que l'énergie

Un monde 100 % EnRs (énergies renouvelables) c'est possible !

Avant 1770



Une seule ressource en danger si elle est surexploitée au delà du seuil de renouvellement des stocks : la forêt



100 % EnRs

II. Qu'est-ce que l'énergie

Des transitions énergétiques ?

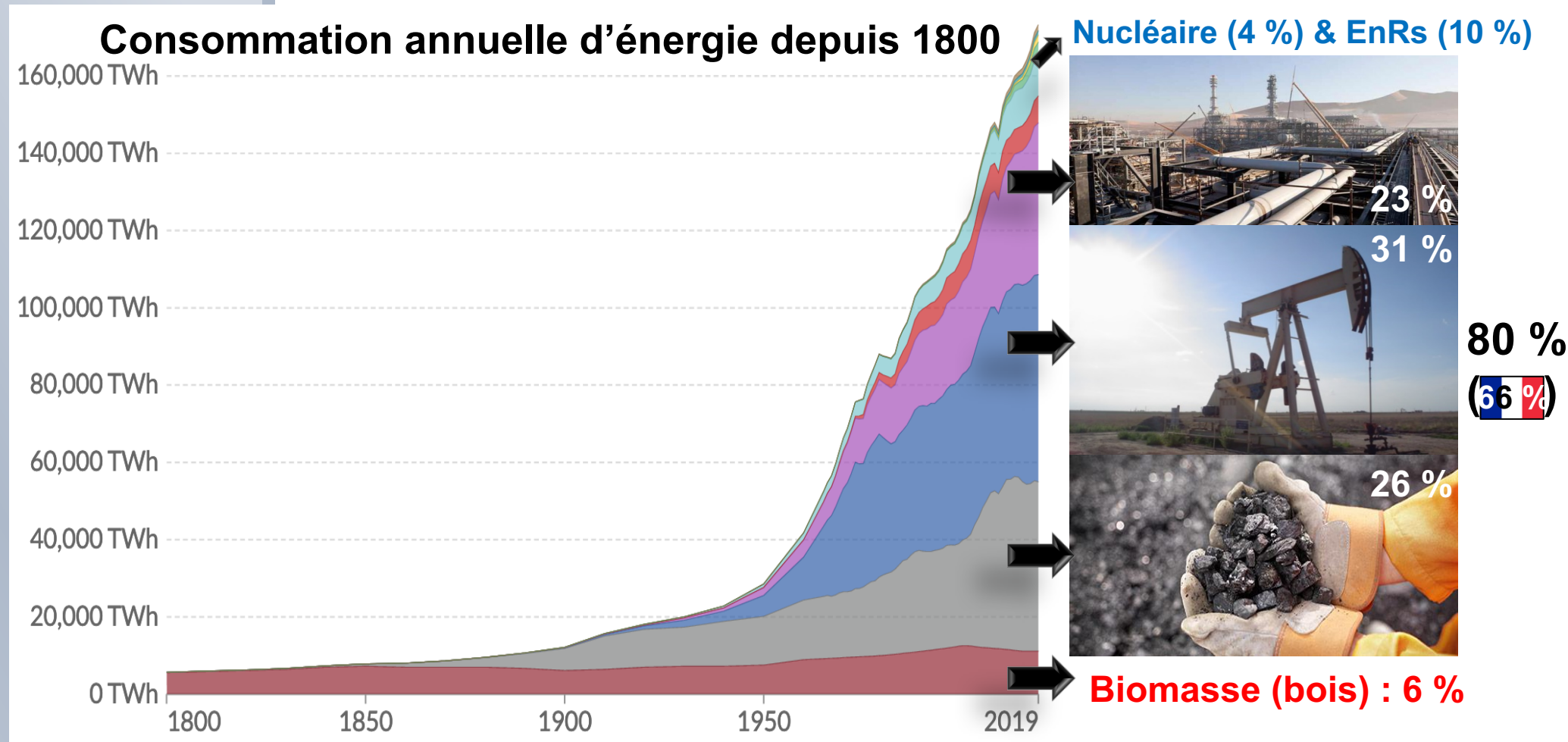
Avant 1770



100 % EnRs

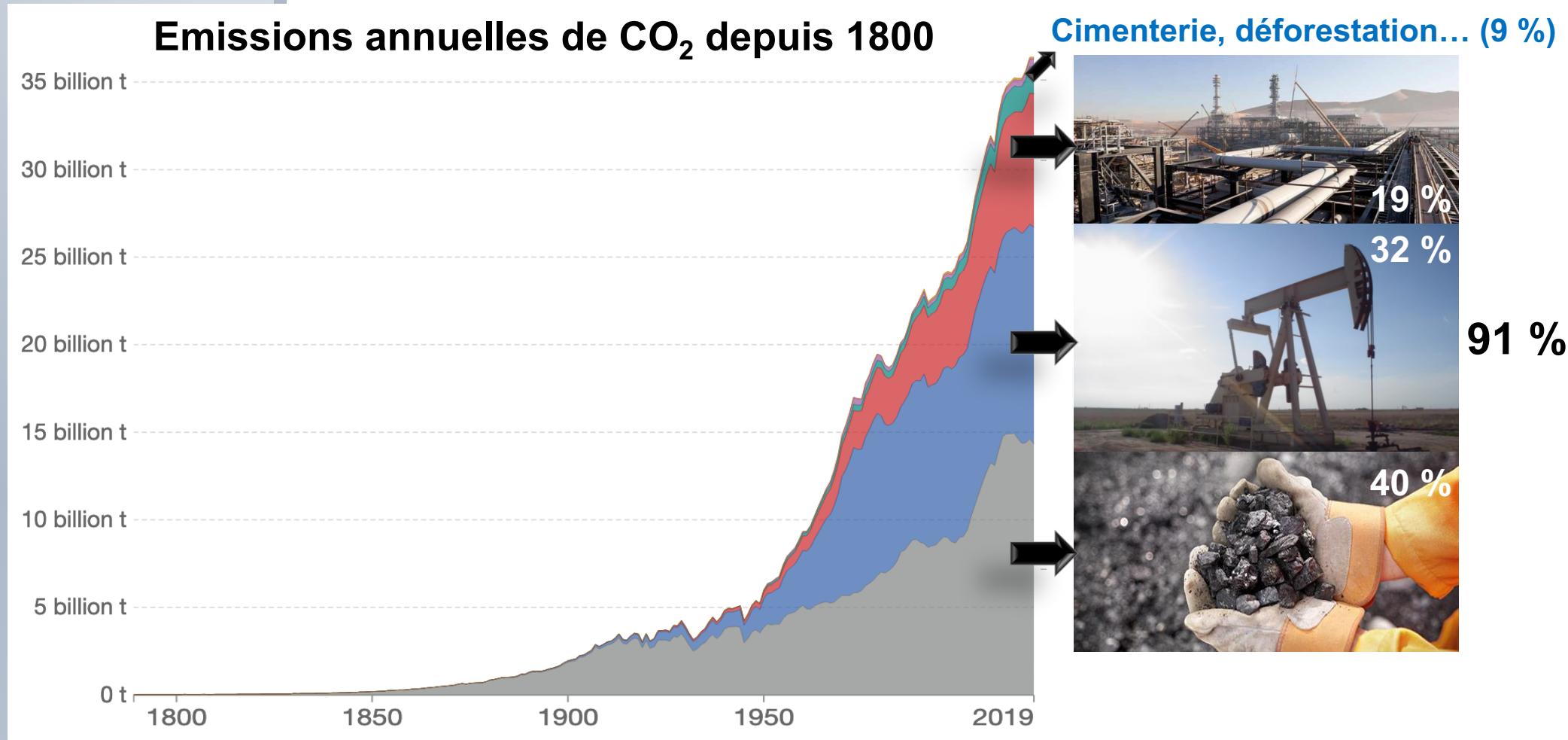
II. Qu'est-ce que l'énergie

NON : Des empilements énergétiques successifs...



II. Qu'est-ce que l'énergie

Et des empilements d'émissions de CO₂...





II. Qu'est-ce que l'énergie

Énergie capsule 4
Émissions de CO₂, du global à l'individuel

II. Qu'est-ce que l'énergie

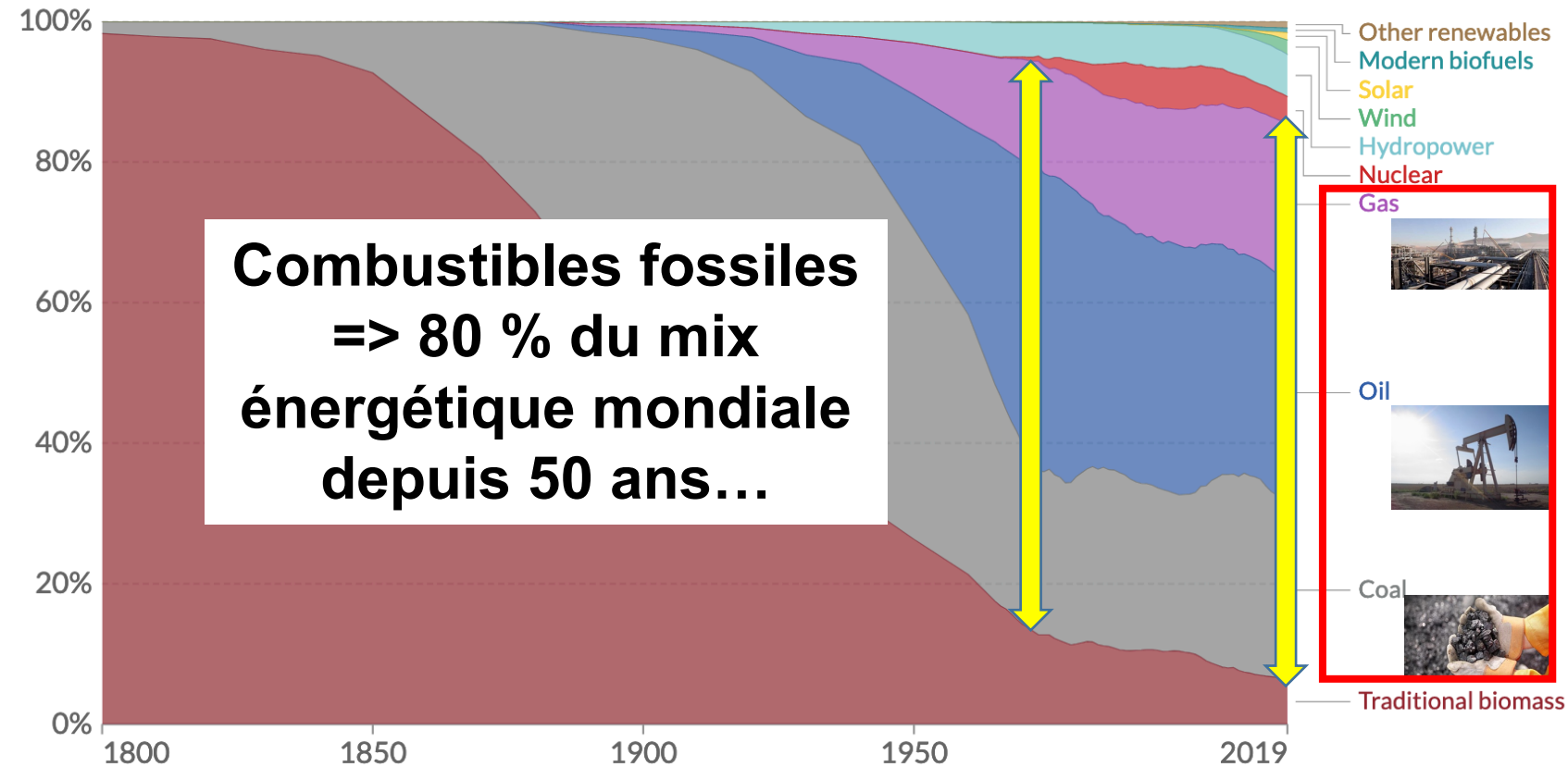
Évolution du mix énergétique mondiale

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.

Our World
in Data

Relative



Source: Vaclav Smil (2017) & BP Statistical Review of World Energy

OurWorldInData.org/energy • CC BY

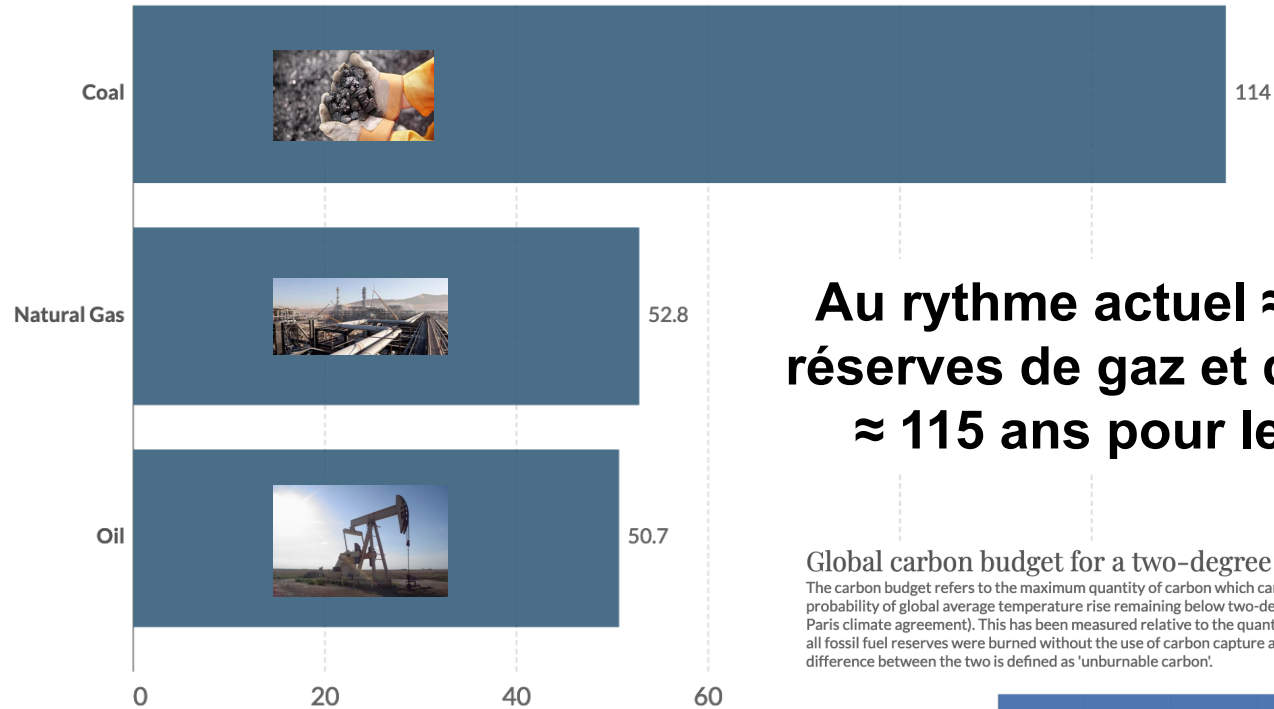
II. Qu'est-ce que l'énergie

Les réserves en combustibles fossiles

Years of fossil fuel reserves left

Years of global coal, oil and natural gas left, reported as the reserves-to-product (R/P) ratio which measures the number of years of production left based on known reserves and annual production levels in 2015. Note that these values can change with time based on the discovery of new reserves, and changes in annual production

Our World
in Data



Au rythme actuel \approx 50 ans de réserves de gaz et de pétrole et \approx 115 ans pour le charbon

Global carbon budget for a two-degree world

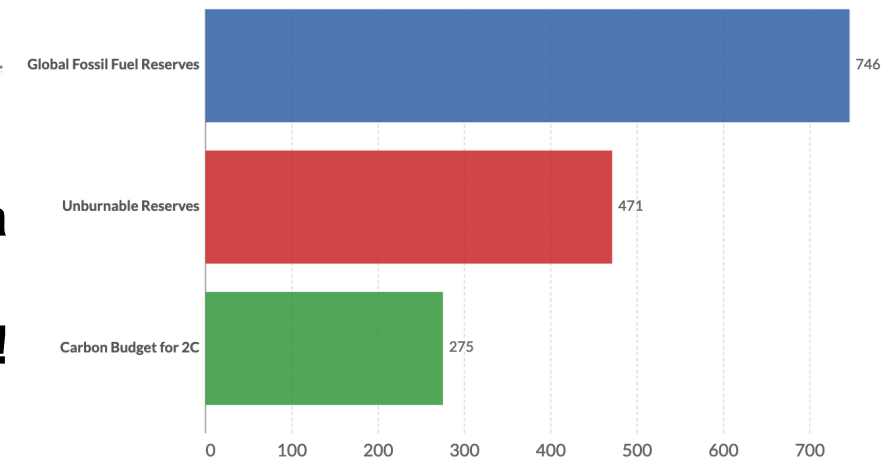
The carbon budget refers to the maximum quantity of carbon which can be released to maintain a 50 percent probability of global average temperature rise remaining below two-degrees celcius (the target set within the UN Paris climate agreement). This has been measured relative to the quantity of carbon which would be released if all fossil fuel reserves were burned without the use of carbon capture and storage (CCS) technology. The difference between the two is defined as 'unburnable carbon'.

Our World
in Data

Source: BP Statistical Review of World Energy 2016

OurWorldInData.

Mais une partie (60-70 %) devra rester sous terre si l'on veut limiter le réchauffement à +2°C!



Source: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2013) OurWorldInData.org/how-long-before-we-run-out-of-fossil-fuels/ a CCS

II. Qu'est-ce que l'énergie

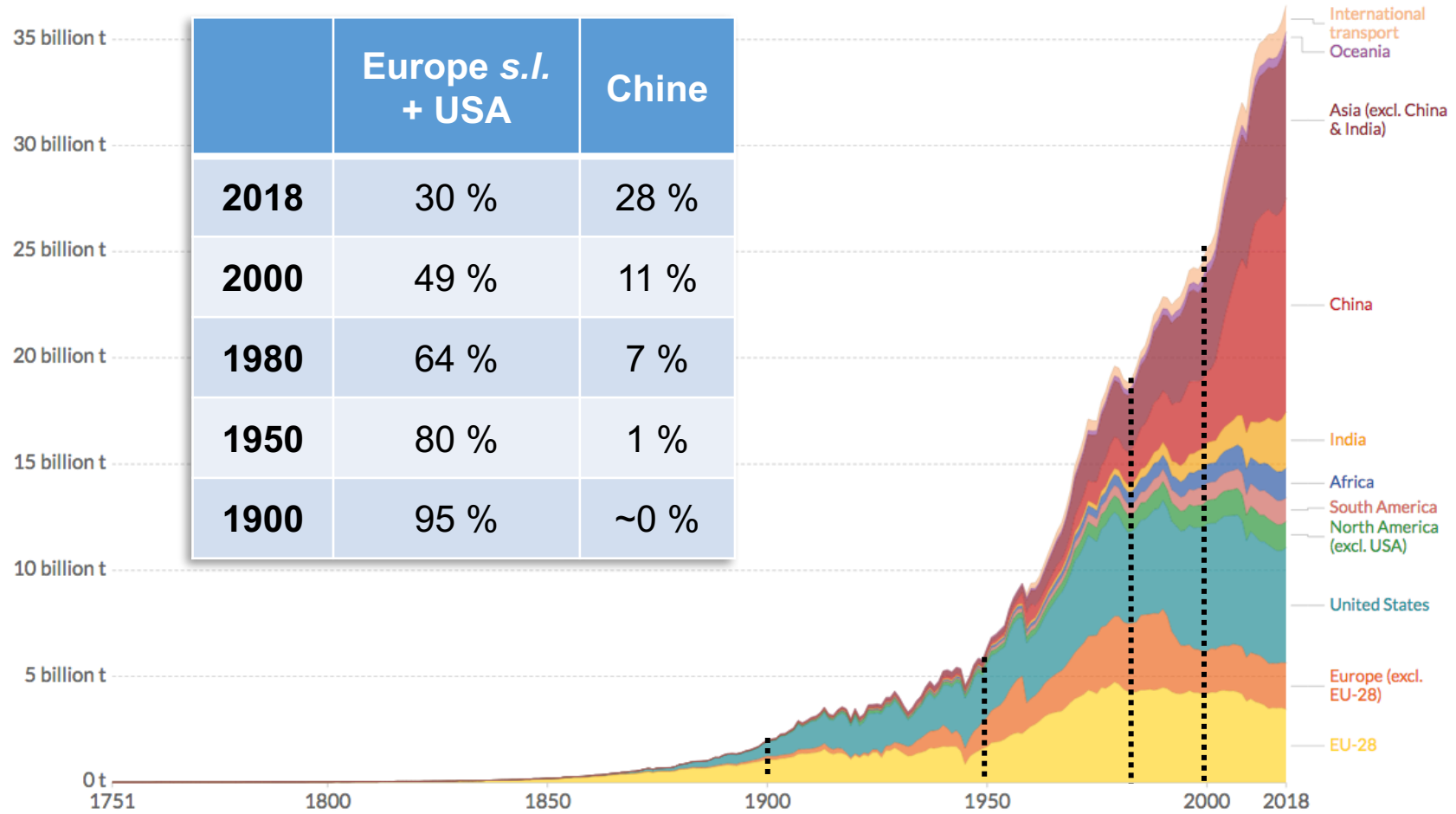
Émissions de annuelles de CO₂ par régions

Annual total CO₂ emissions, by world region

This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included.

Our World
in Data

Relative



Source: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); Global Carbon Project (GCP)
Note: 'Statistical differences' included in the GCP dataset is not included here.

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Nous n'avons pas encore atteint le pic !



II. Qu'est-ce que l'énergie

Émissions de annuelles de CO₂ par régions

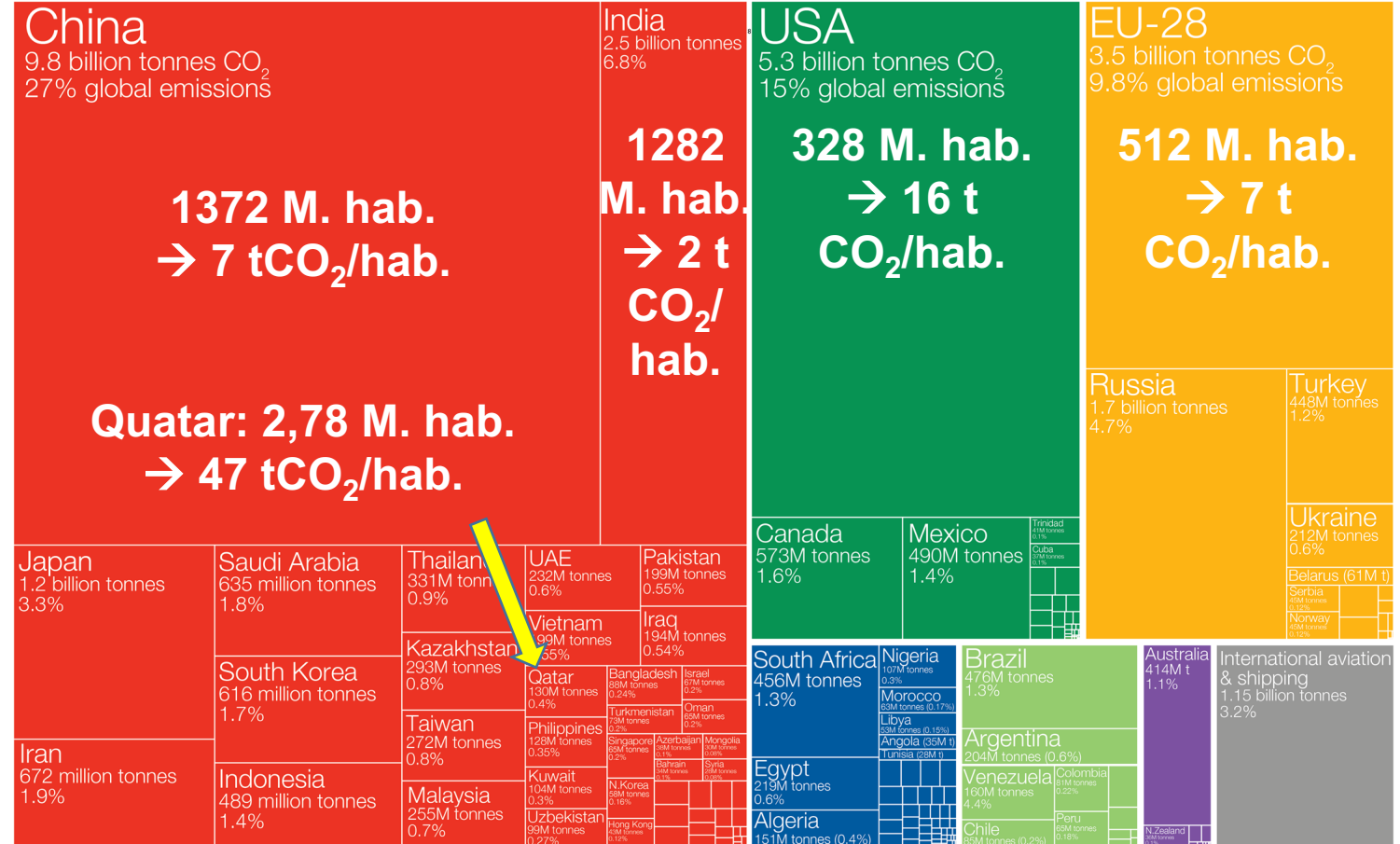
Données 2017 : Total pays = 34,5 Gt CO₂
(+1,15 Gt CO₂ pour le transport international)

Our World
in Data

Asia
 19 billion tonnes CO₂
 53% global emissions

North America
 6.5 billion tonnes CO₂
 18% global emissions

Europe
 6.1 billion tonnes CO₂
 17% global emissions



1250 M. hab. → 1 t CO₂/hab. →

Africa
 1.3 billion tonnes CO₂
 3.7% global emissions

South America
 1.1 billion tonnes CO₂
 3.2% global emissions

Oceania
 0.5 billion tonnes CO₂
 1.3% global emissions

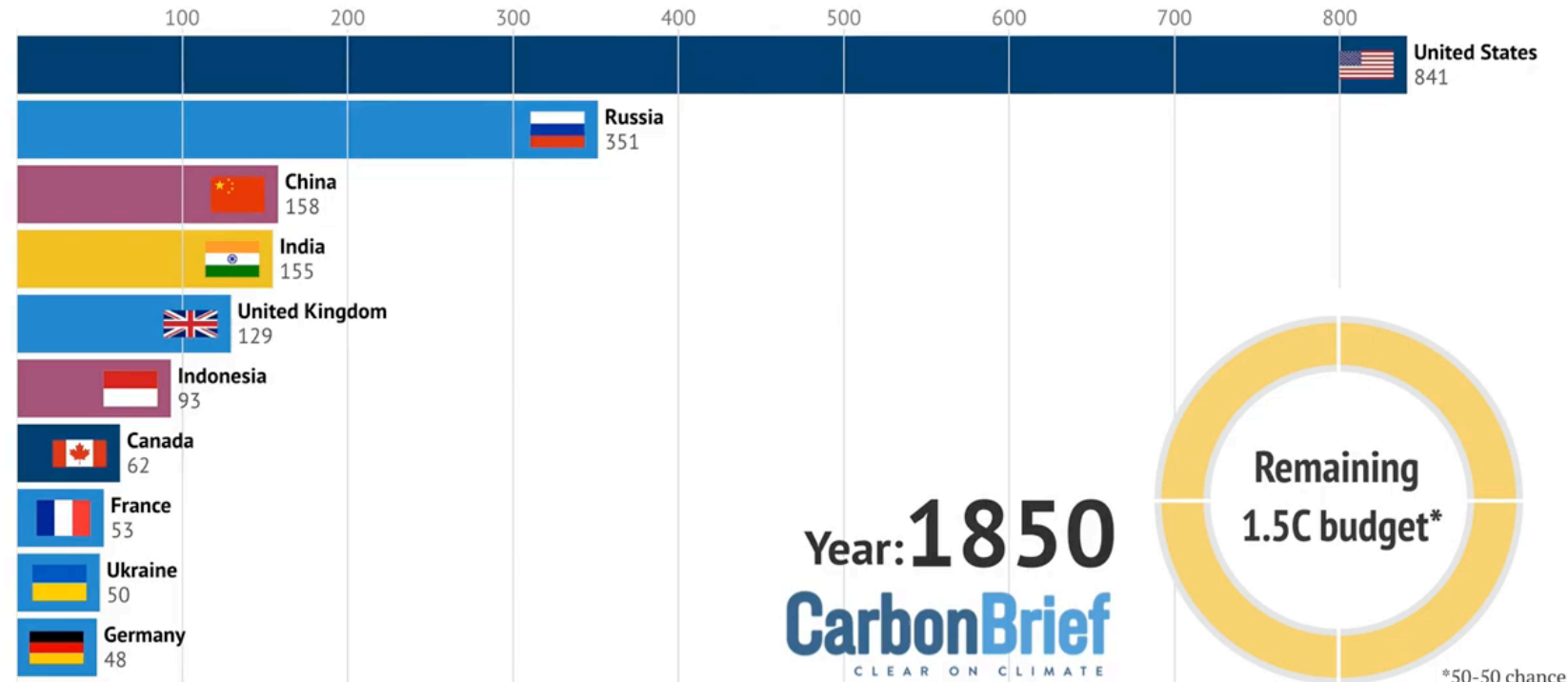
II. Qu'est-ce que l'énergie

Émissions de cumulées de CO₂ par régions

Which countries are historically responsible for climate change?

Cumulative CO₂ emissions from fossil fuels, land use and forestry 1850-2021 (million tonnes)

Bar colours represent regions



<https://www.youtube.com/watch?v=6zP0L69ielU>

<https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change>



II. Qu'est-ce que l'énergie

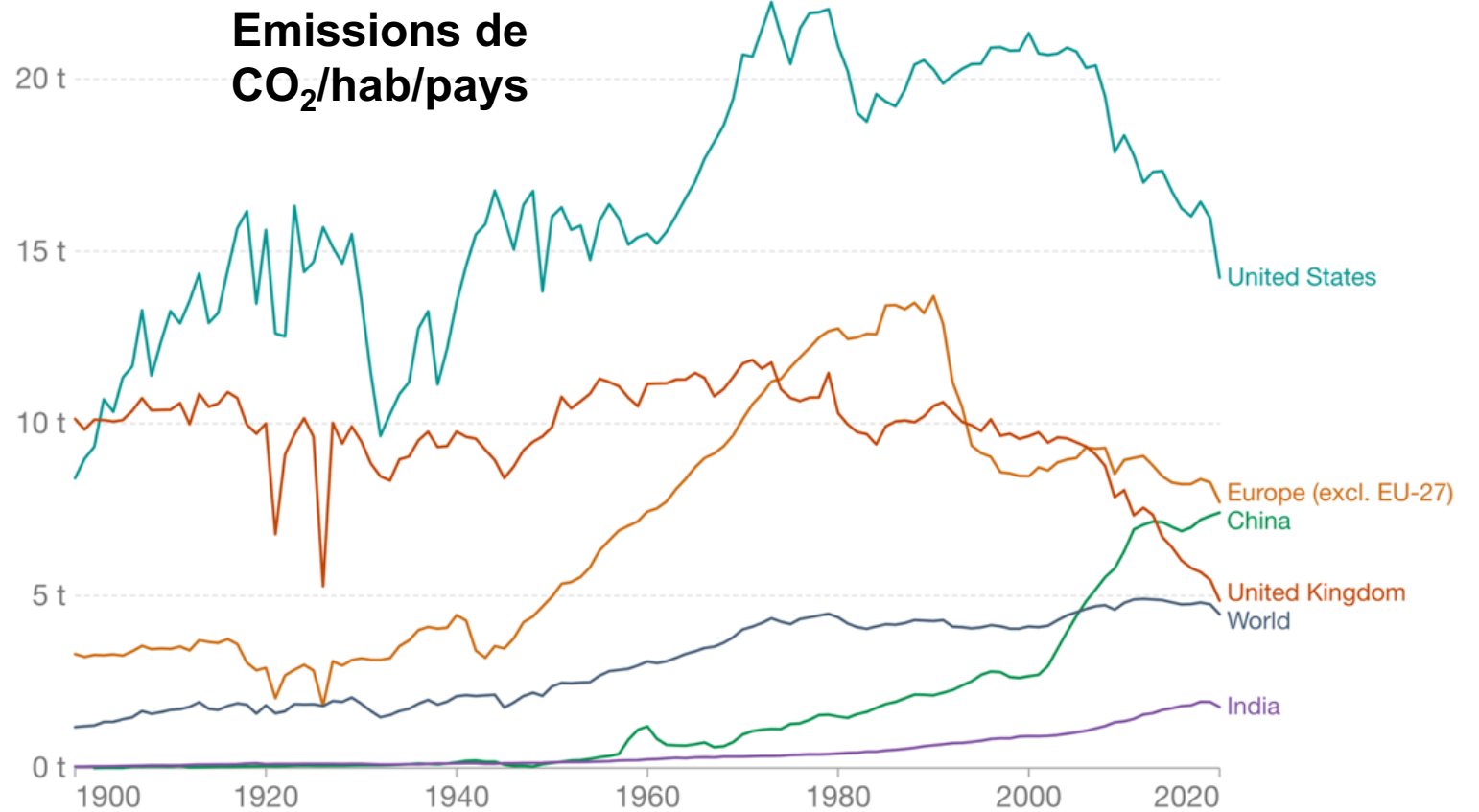
Émissions de annuelles de CO₂ par régions

Les acteurs changent mais les émissions continuent d'augmenter !

Per capita CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from the burning of fossil fuels for energy and cement production. Land use change is not included.

Our World
in Data



Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Note: CO₂ emissions are measured on a production basis, meaning they do not adjust for emissions embedded in traded goods.

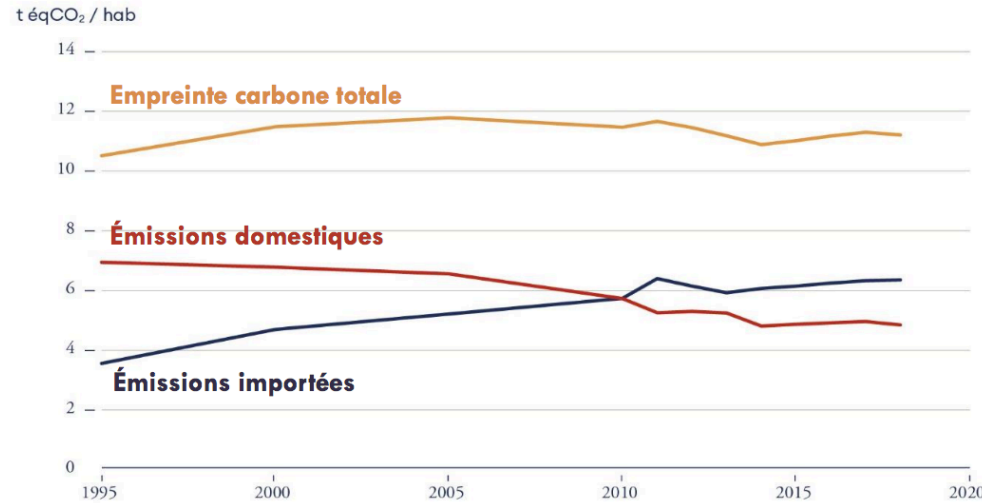
Quelle est la raison de la diminution des émissions en Europe et aux USA?



II. Qu'est-ce que l'énergie

Émissions de GES domestiques VS importées

L'empreinte carbone peine à diminuer à cause de l'augmentation des émissions importées



↘ Empreinte carbone par habitant depuis 2005

↗ Émissions importées depuis 1995 (+78%)

↘ Émissions domestiques depuis 1995

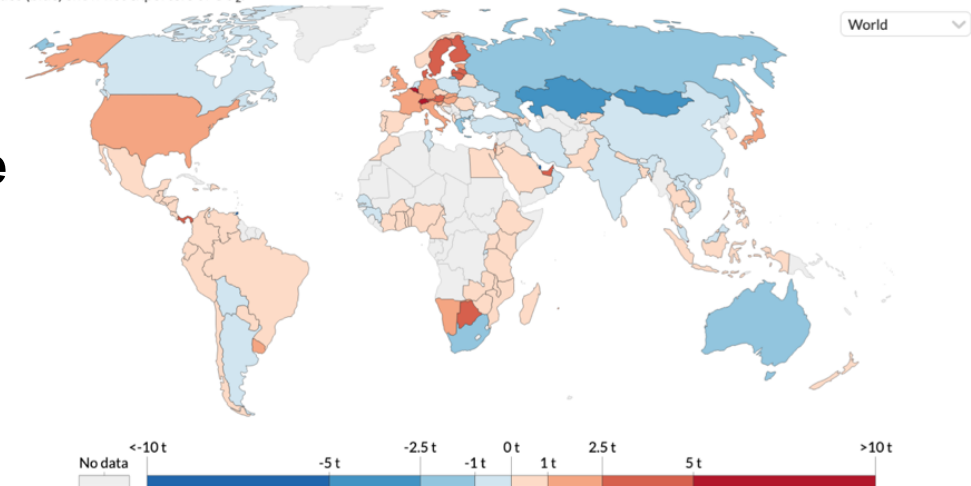
En France

Évolution des émissions qui composent l'empreinte carbone, 1995 - 2018

Imported or exported CO₂ emissions per capita, 2019

CO₂ emissions embedded in trade, measured as the net import-export balance in tonnes of CO₂ per capita. Positive values (red) show net importers of CO₂ (i.e. '1 tonne' means a country net imported 1 tonne of CO₂ per capita). Negative values (blue) show net exporters of CO₂.

Our World in Data



Les émissions importées représentent ~ la moitié de l'empreinte carbone (équivalent carbone ou « empreinte GES ») d'un européen

II. Qu'est-ce que l'énergie

Faire son bilan carbone (GES) personnel

Bilan carbone moyen des français en 2021



nos **Gestes** climat

Connaissez-vous votre empreinte sur le climat ?

FAIRE LE TEST

FAIRE LE TEST À PLUSIEURS

✨ Découvrez les nouveautés de la version [taconnaz](#) ✨

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA
TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

ABC
ASSOCIATION BILAN CARBONE

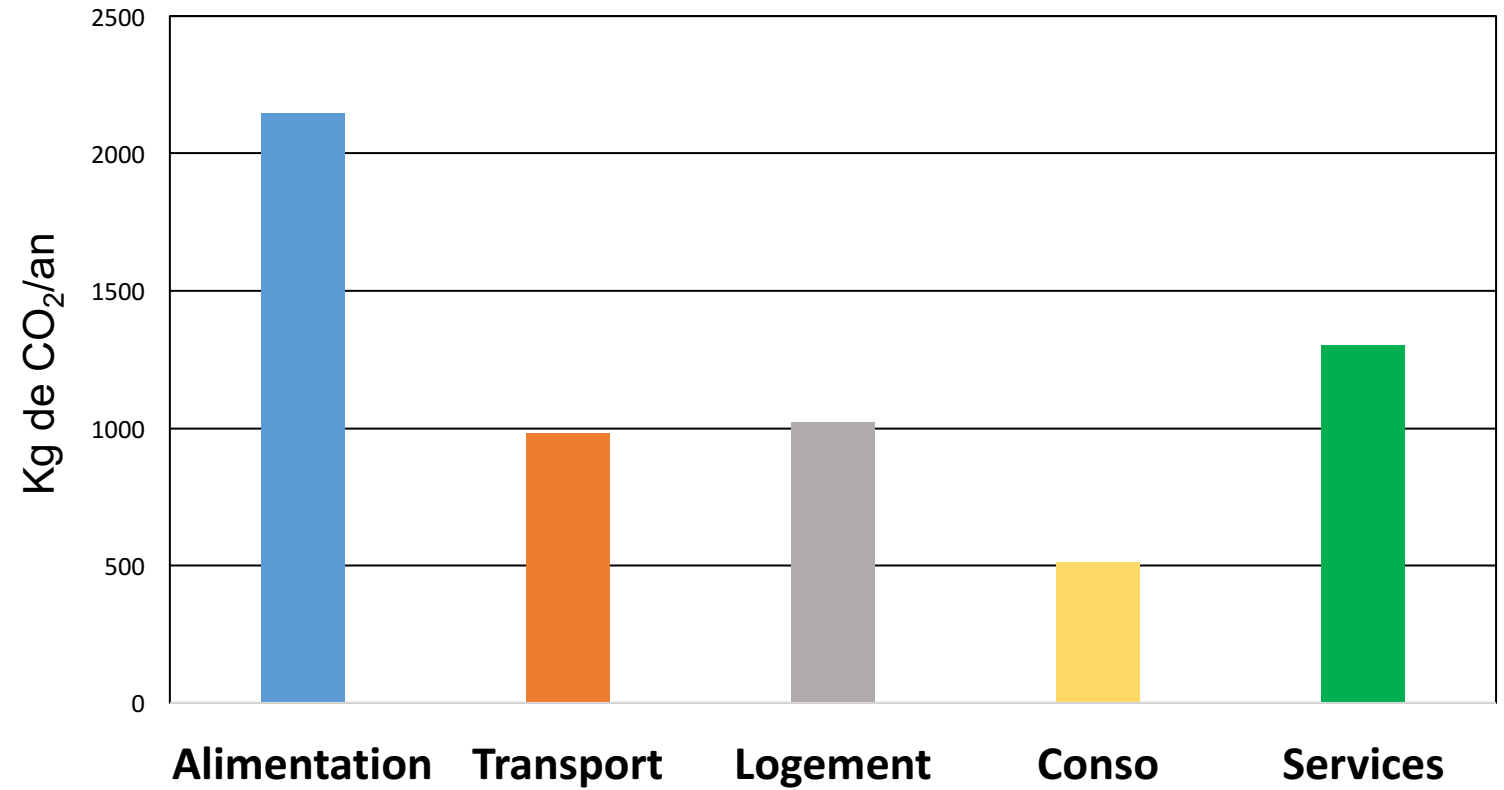
<https://nosgestesclimat.fr/>

En vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=OxLZ-LVJ02Y>

II. Qu'est-ce que l'énergie

Faire son bilan Carbone personnel

Moyenne Bilan Carbone 84 étudiants TR CC 2020

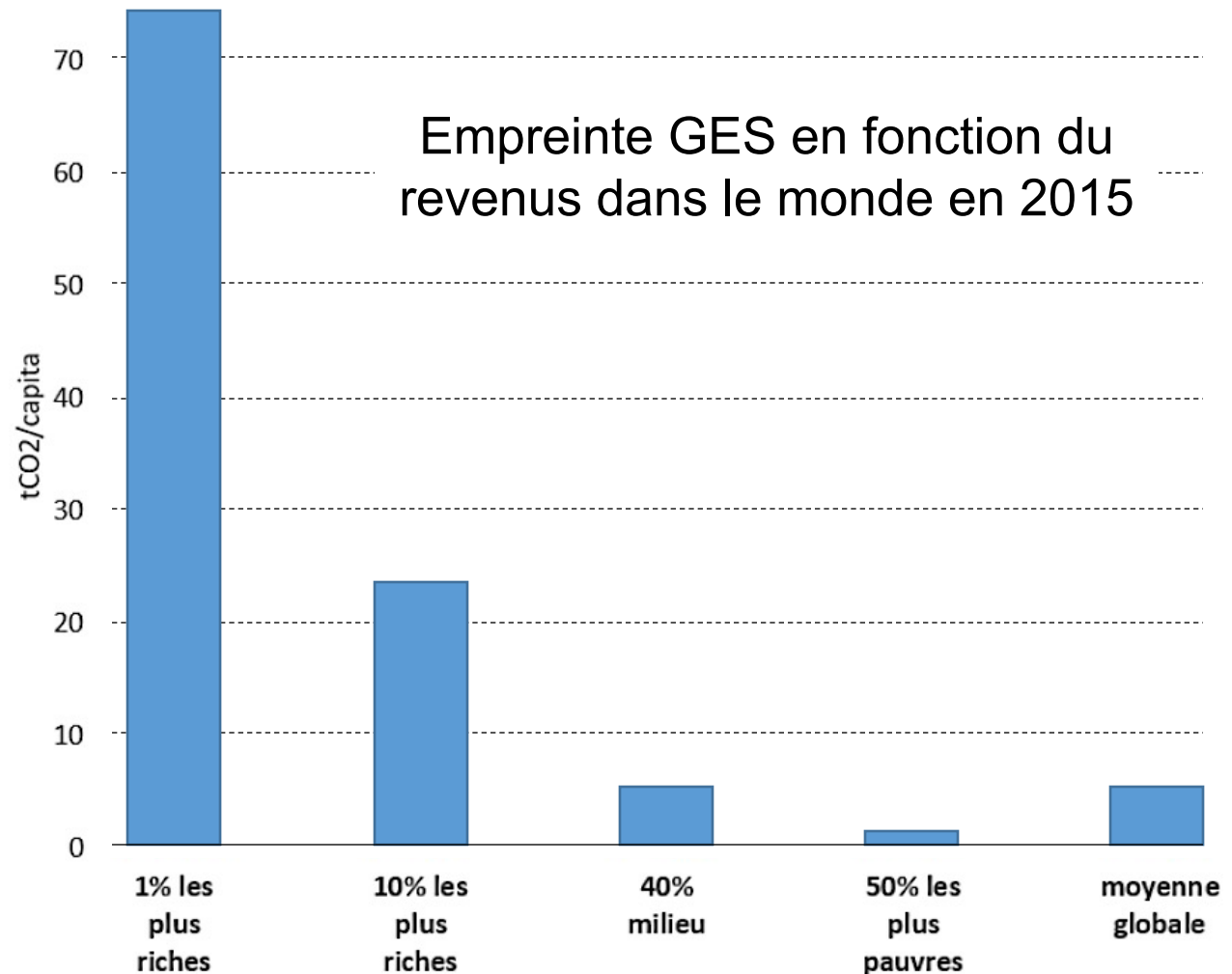


Moy/secteurs	2147	982	1020	510	1300
BC moy	5949				

Pourquoi un bilan (eq) Carbone si bas/moyenne des français ?

II. Qu'est-ce que l'énergie

Empreinte (eq) carbone en fonction du revenus dans le monde



+ on est riche => + on consomme => + on émet de CO₂

Avion uniquement en 2017: Bill Gates = 1630 tCO₂, Paris Hilton = 1260 tCO₂

II. Qu'est-ce que l'énergie

En résumé :

- **On retient que depuis la révolution industrielle « énergie = machines » !**
- **Quelques ordres de grandeurs :**
 - **L'énergie dépensée par un alpiniste pour monter au sommet du Mont Blanc correspond à celle produite par la combustion de 0,1 litre d'essence.**
 - **Il faut 4 paires de jambes pour mixer une soupe.**
- **Les différentes énergies utilisées au cours du temps : le bois, le charbon de bois, le charbon etc. Ce ne sont pas des transitions énergétiques mais des empilement de sources d'énergie. Le pétrole n'a pas remplacé le charbon, il s'est ajouté...**
- **Les acteurs changent mais les émissions continuent d'augmenter : l'ensemble des humains émet environ 35 Gt de CO₂ par an et l'empreinte GES d'un français moyen est d'environ 10 teqCO₂ par an !**

- **Avez-vous une idée de l'ordre de grandeur du nombre de tonne de CO₂ déversées par an dans l'atmosphère ?
1, 10, 30, 100 giga tonnes ?**
- **On a vu la répartition par continent et par pays. Combien de CO₂ émet un français moyen (avec ou sans les émissions importées)?**
- **L'émission moyenne par habitant de la France diminue depuis les années 80, savez-vous pourquoi ? Cela veut-il dire que la consommation moyenne d'un français a diminué ?**
- **Qu'est-ce que l'empreinte carbone (GES) d'un individu ?**