

www.philippecharlez.com

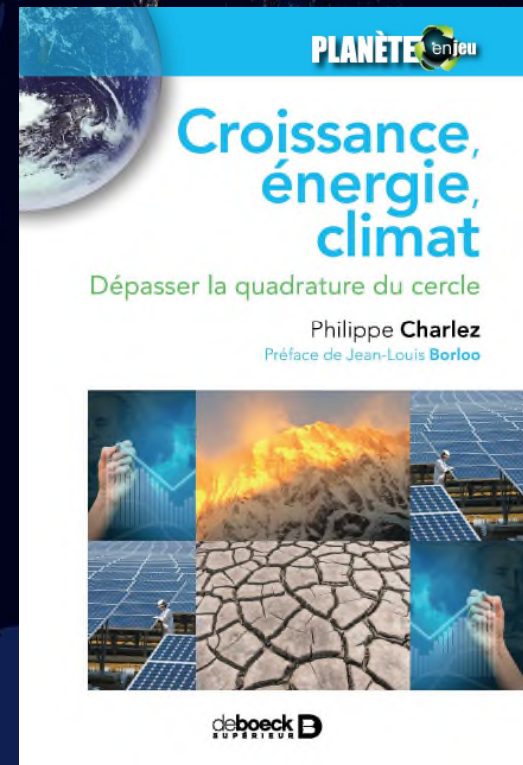
philippecharlez@gmail.com

$$L = \sqrt{\pi}$$

π

3,14159...

$$R = 1$$

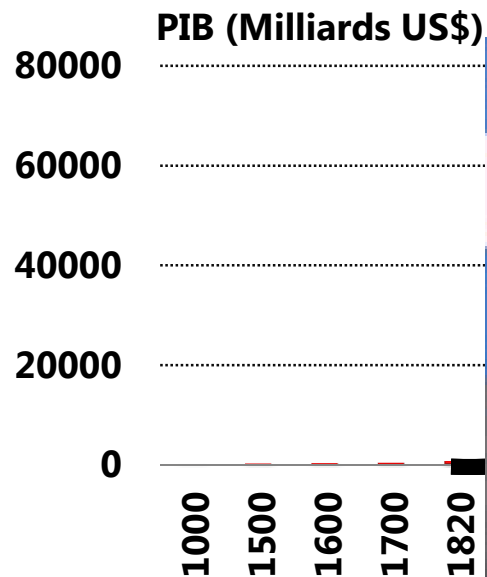




500000 BC



Cuivre : 4500 BC
Bronze : 3000 BC
Fer : 1000 BC



3500 BC

Ramses II 1300 BC



Ben Hur an zero



Diligence début XIXe



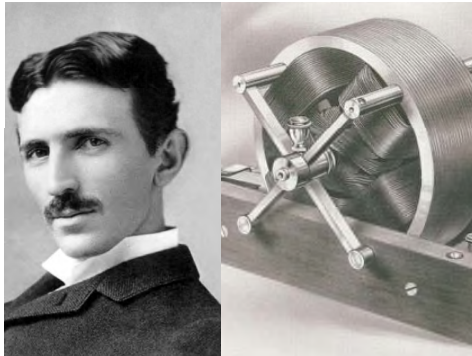
500000 BC



Energie mécanique

Chaleur

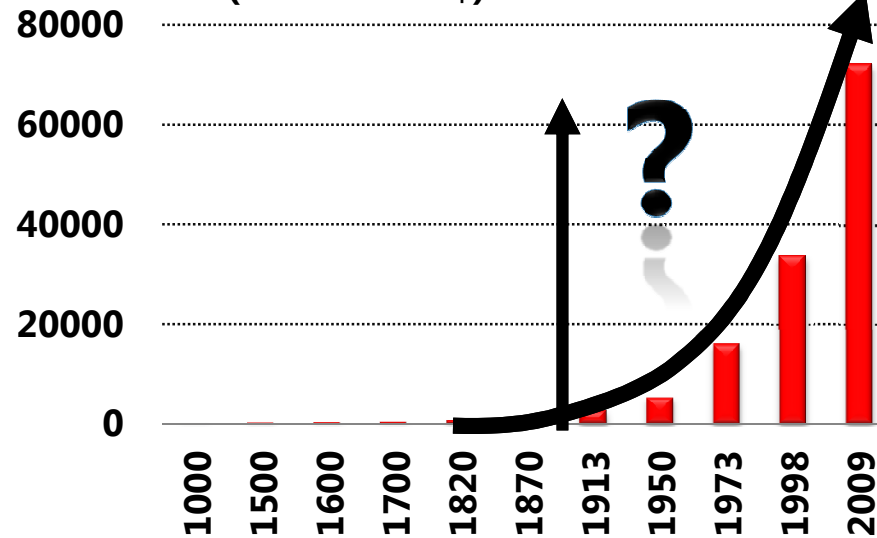
Nicolas Tesla



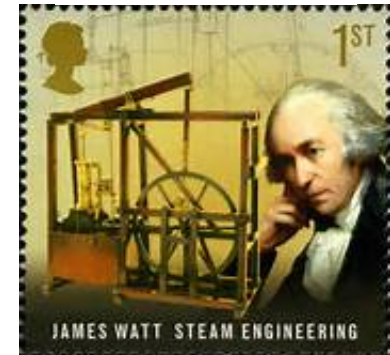
Moteur électrique

Electricité

PIB (Milliards US\$)



James Watt



Machine à vapeur

Energie mécanique

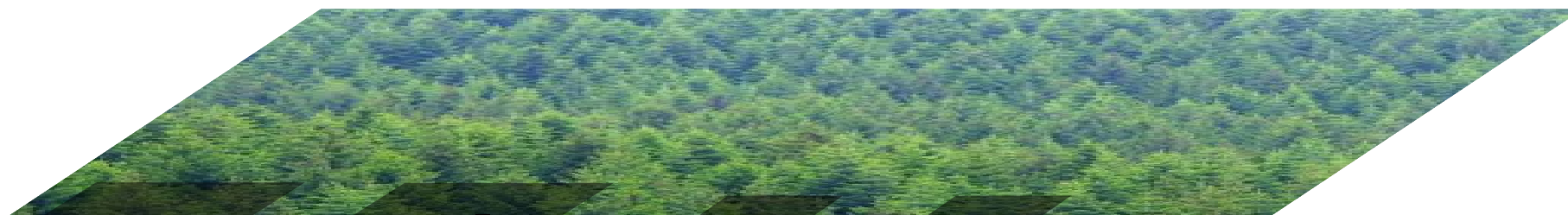
Michel Faraday



Générateur électrique

Rendement surfacique du bois

Par hectare sur 20 ans		
Bois	600 MWh	10000
Pétrole	6 TWh	



Nucléaire



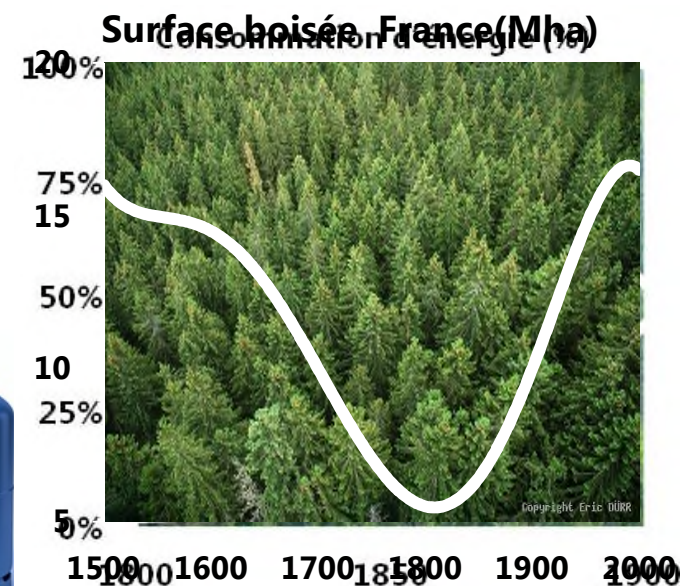
Charbon



Pétrole



Gaz





Nucléaire



Charbon



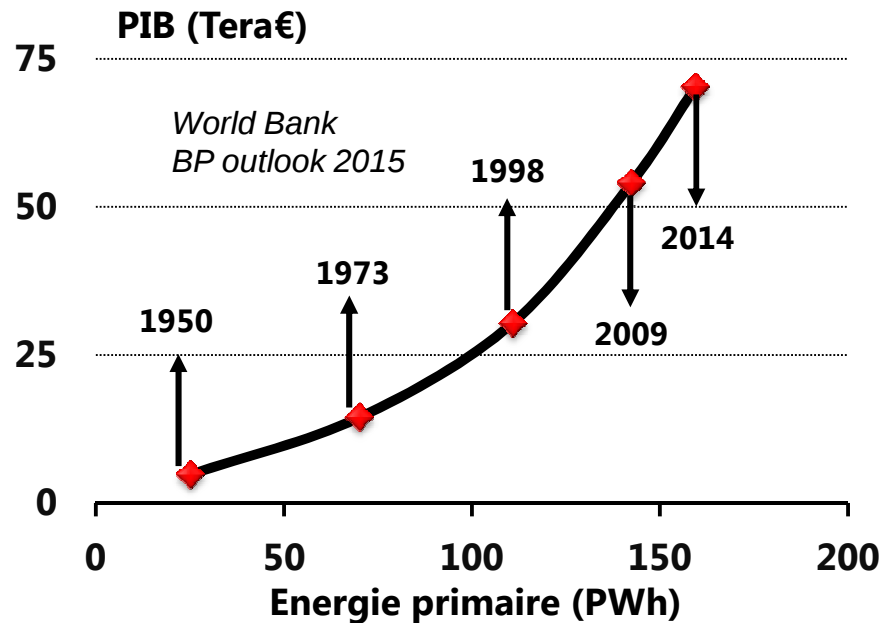
Pétrole



Gaz

Type	Rapport de surface
Solaire	180
Vent	670
Bois	10000

La relation croissance / énergie



$$\text{Intensité énergétique} = \frac{\text{Energie}}{\text{PIB}}$$

kWh/€

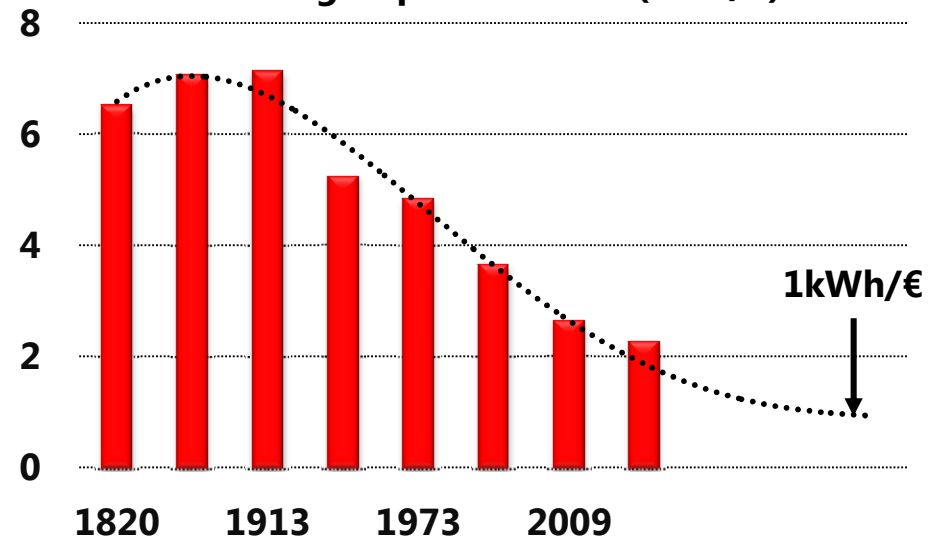
Russie	4,7
Inde	4,0
Chine	3,7
Monde	2,3
Etats Unis	1,7
France	1,1
Allemagne	1,0
Royaume Uni	0,8

kWh/€

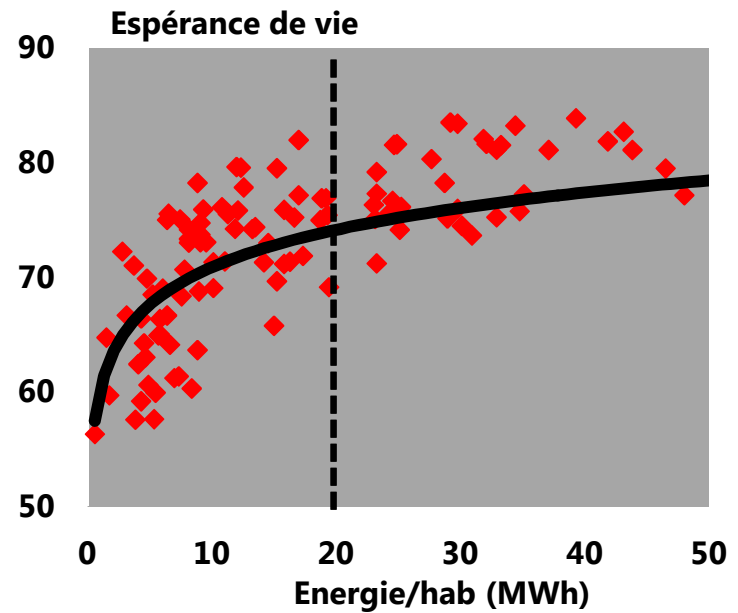
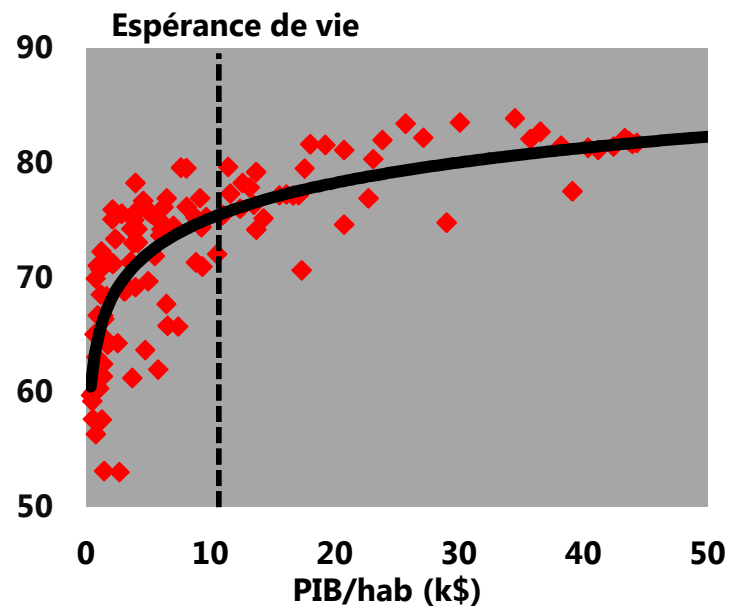
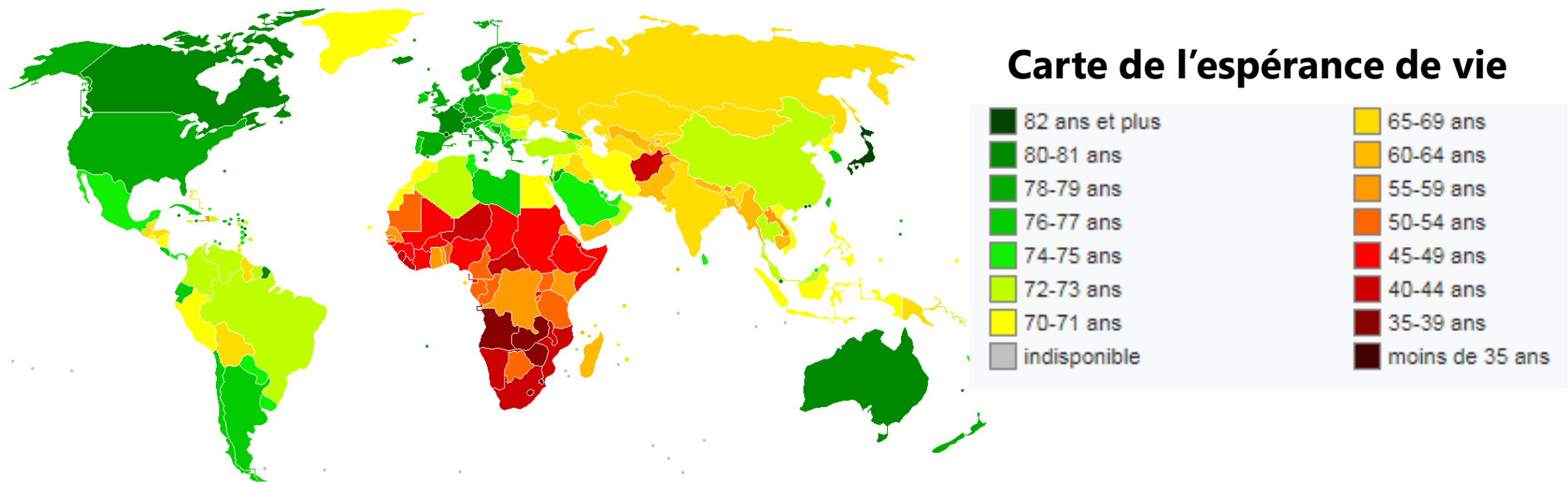


Syndrome du pauvre

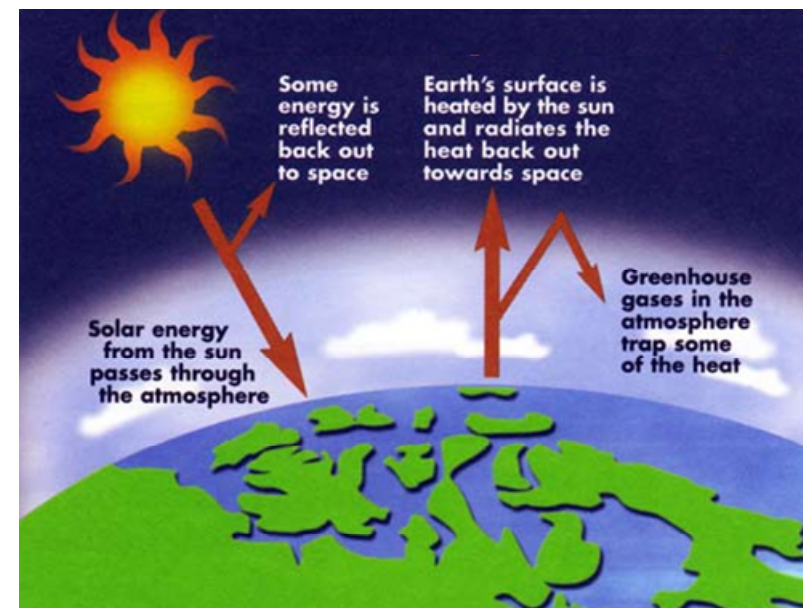
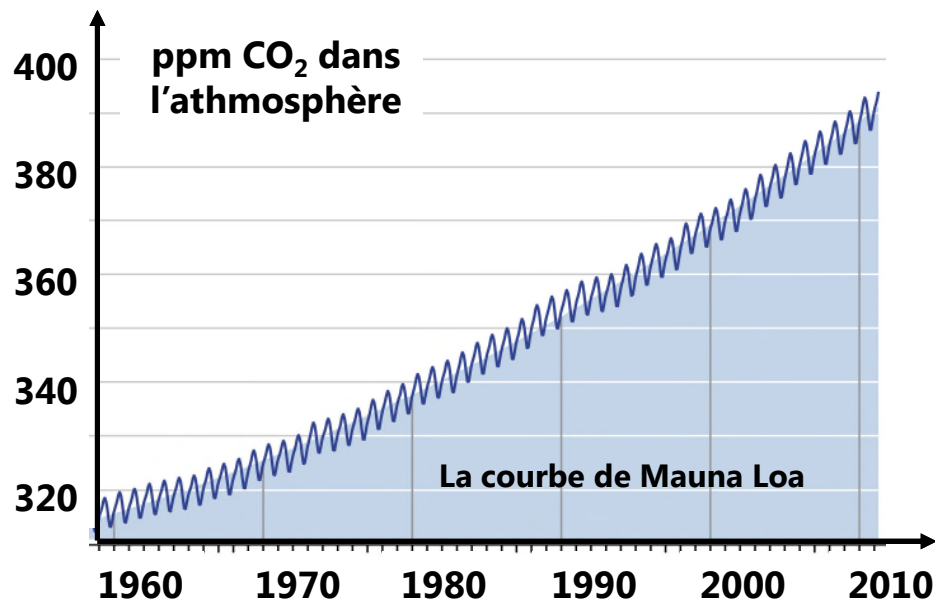
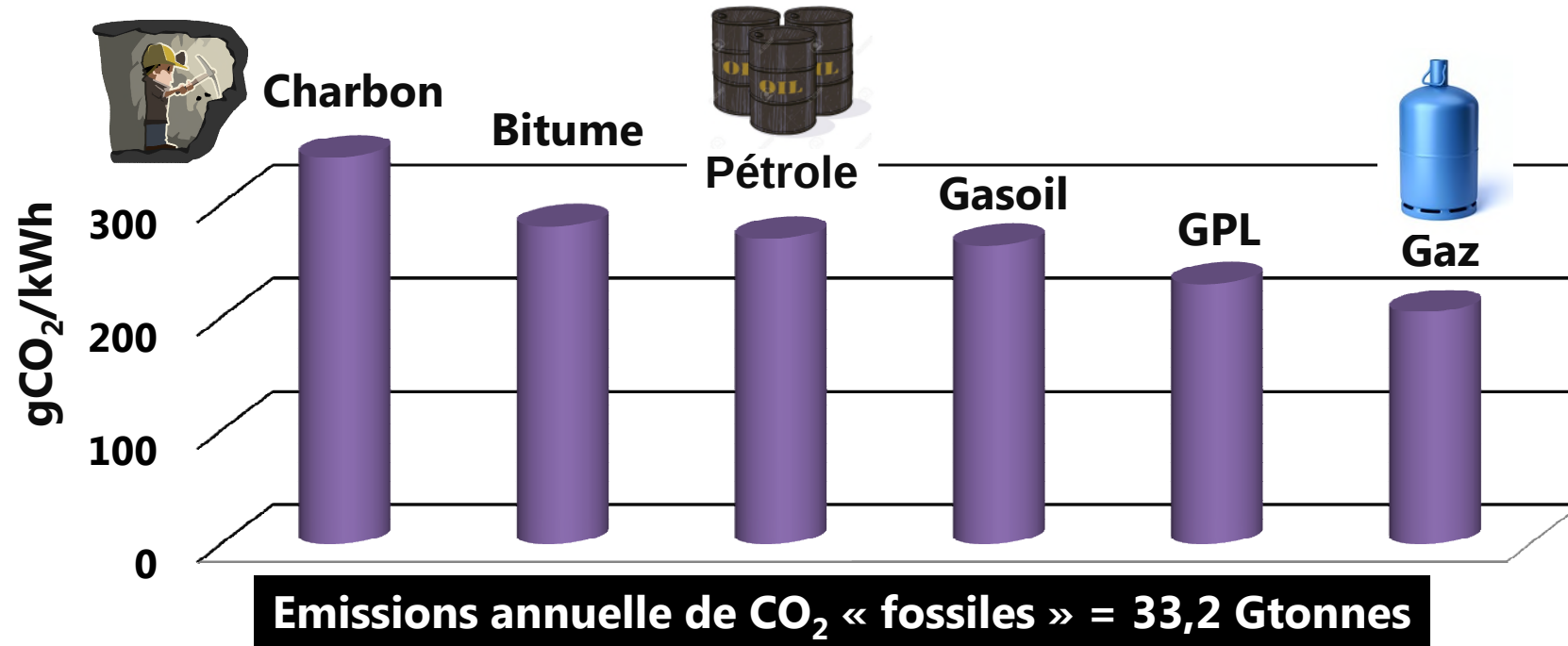
Intensité énergétique mondiale (kWh/€)



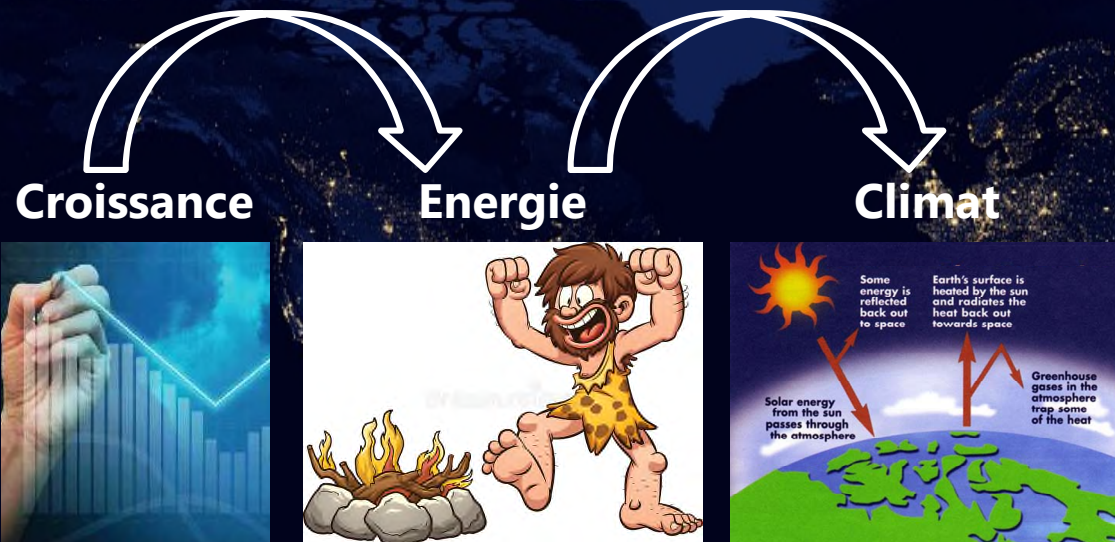
Croissance, énergie et développement



Combustion des énergies fossiles et émission des GES



La quadrature du cercle



**82%
fossiles**

Dépasser la quadrature du cercle?

$$CO_2 = \left(\frac{CO_2}{MWh} \right) \times \left(\frac{MWh}{k\text{€}} \right) \times \frac{k\text{€}}{\text{hab}} \times \text{hab}$$

Deux leviers pour réduire les émissions

- Déplacer les fossiles vers les énergies décarbonnées
- Réduire l'intensité énergétique

Equation de Kaya

1. Croissance démographique
2. Croissance économique
3. Intensité énergétique
4. Pouvoir d'émission

L'énergie : cinq usages principaux



Transports



Habitat



Electricité

Usage	Charbon	Pétrole	Gaz	Non fossiles	% mix
Transports	0%	92%	2%	7%	19%
Habitat	7%	16%	32%	46%	15%
Industrie	43%	19%	31%	6%	22%
Petrochimie	9%	74%	17%	0%	7%
Electricité	47%	5%	22%	25%	38%

Remplacement du pétrole dans les transports

Les transports

- 93% de pétrole

- 26% des émissions de CO₂

Train	5%
Camions	17%
Voitures	30%
Bateaux	31%
Avions	17%

78% des émissions
« transports »

Gaz comprimé



Gaz liquéfié



Francisco (gaz liquéfié)



Camions

&

Bâteaux

Voitures



Inconvénients

- ✓ Autonomie (150 km)
- ✓ Charge : 6 to 10 heures
- ✓ Disponibilité du lithium
- ✓ Disponibilité du cobalt

Puissance (kW)	Temps (heures)
3	6 à 10
22	1
4500	2 min

4500 kW = 3000 lave linges

Déplacement du mix électrique vers les renouvelables

L'électricité c'est

- 41% de charbon
- 22% de gaz
- 40% émissions de CO₂

Charbon	41%	78%
Pétrole	4%	
Gaz	22%	
Nucléaire	11%	
Hydro	16%	
Renouvelables	6%	

	Eolien	Solaire
Etats-Unis	4%	0,4%
Chine	3%	0,5%
Allemagne	9%	5,7%
Espagne	19%	4,9%
France	3%	1,1%

France : réduire de 25% le nucléaire en 7 ans

77% nucléaire
60 réacteurs 1 GW
60 GW



	France	Allemagne
Type	Rapport (TWh/GW)	Rapport (TWh/GW)
Nucléaire	7,0	7,2
Eolien	1,9	2,0
Solaire PV	1,1	1,0



**5000 éoliennes
en 2017**

**-20 GW nucléaire
+ 70 GW éolien
+ 35000 éoliennes
de 2 MW**



40000 éoliennes eq en 2025

Améliorer le rendement de la génération électrique

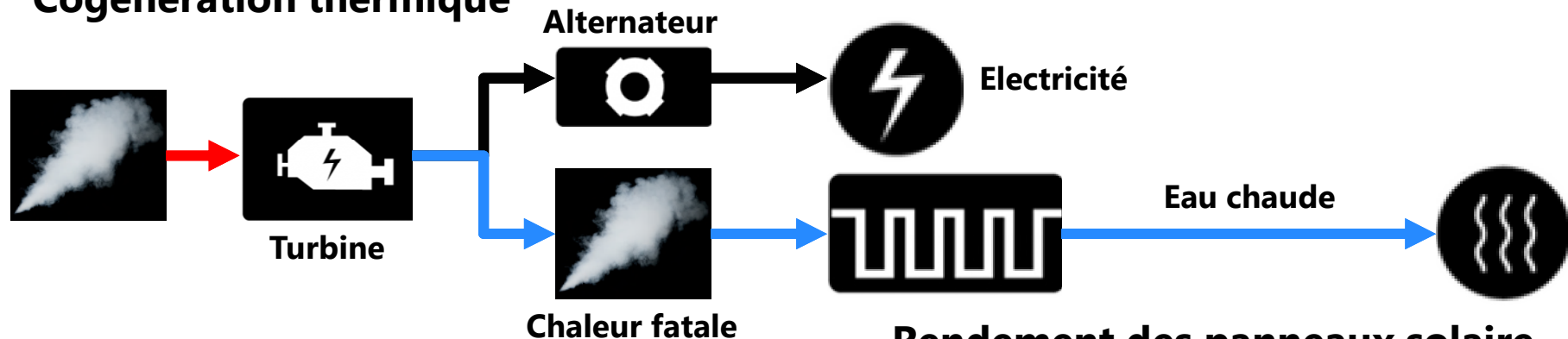
	Rendement
Charbon	35%
Pétrole	32%
Gaz	38%
Non fossiles	53%
Total	40%



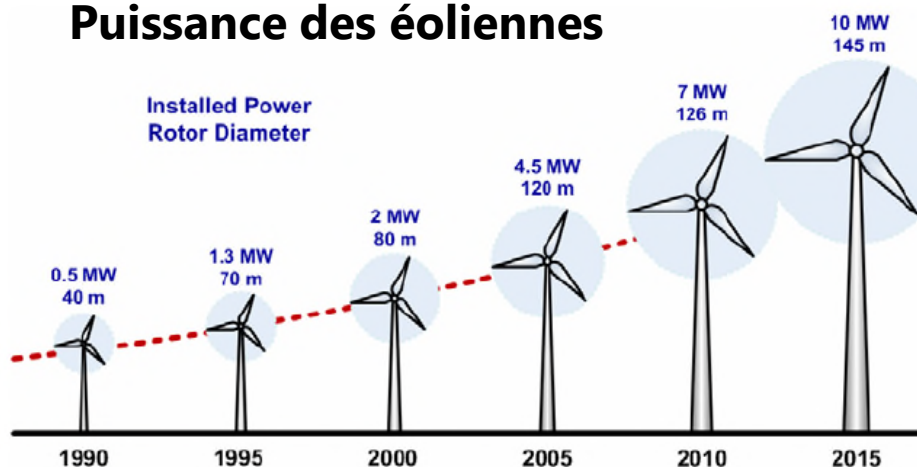
1 kWh d'électricité c'est presque 3 kWh d'énergie primaire



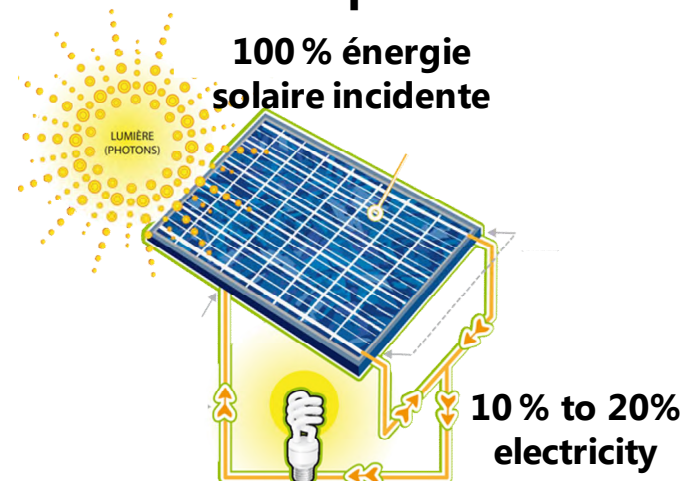
Cogénération thermique



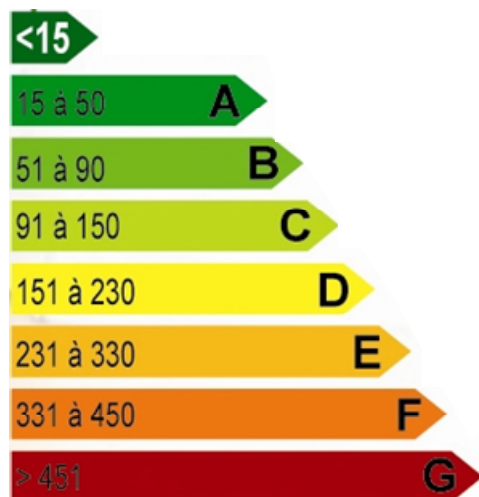
Puissance des éoliennes



Rendement des panneaux solaires



Réduire la consommation des passoires énergétiques



Catégorie	%	Coût (G€)
AB	7%	0,8
C	14%	3,2
D	31%	11,1
E	33%	17,4
F	13%	9,5
G	2%	1,9
	100%	44

G vers D

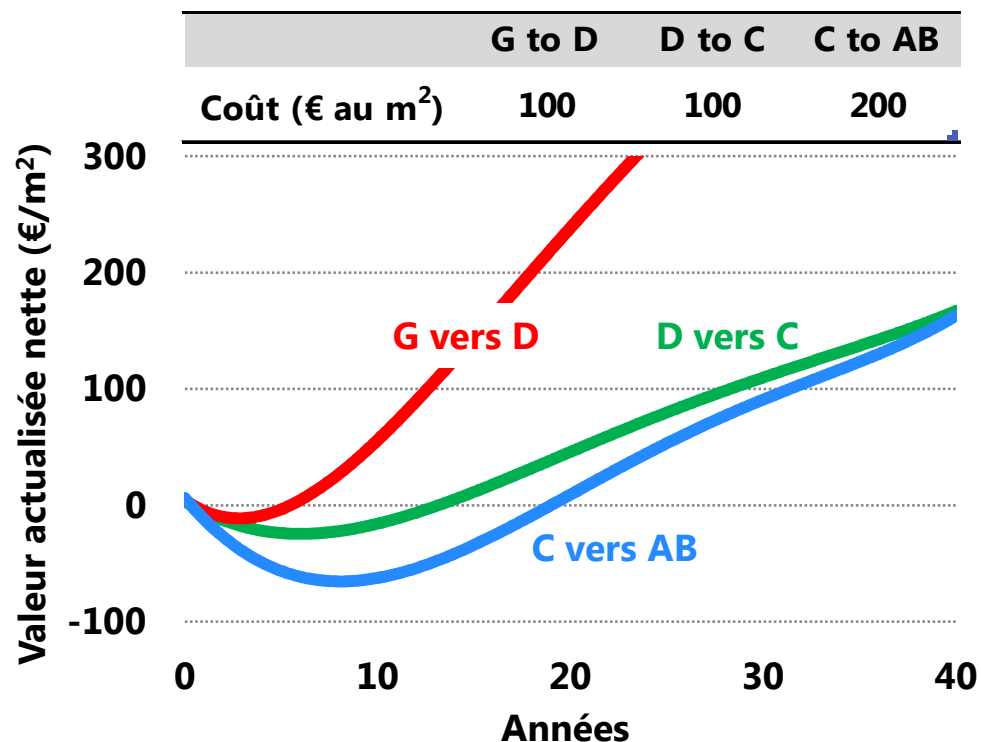
✓ Coût 80 G€

✓ Economie 12 G€/an

✓ Retour sur 7 ans

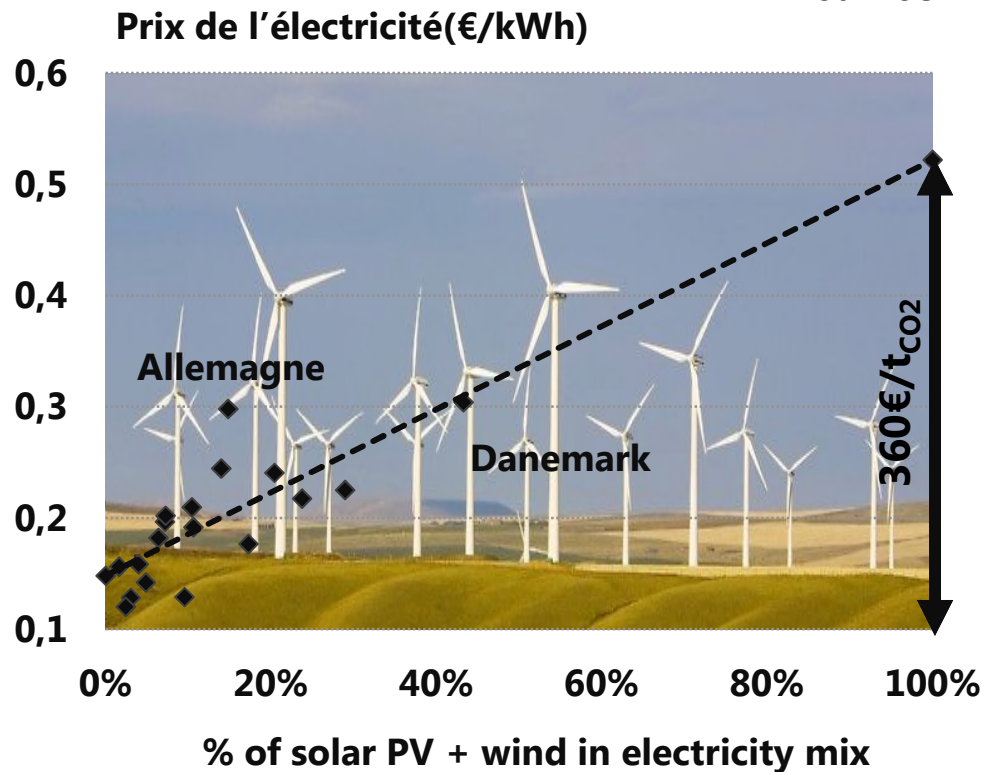
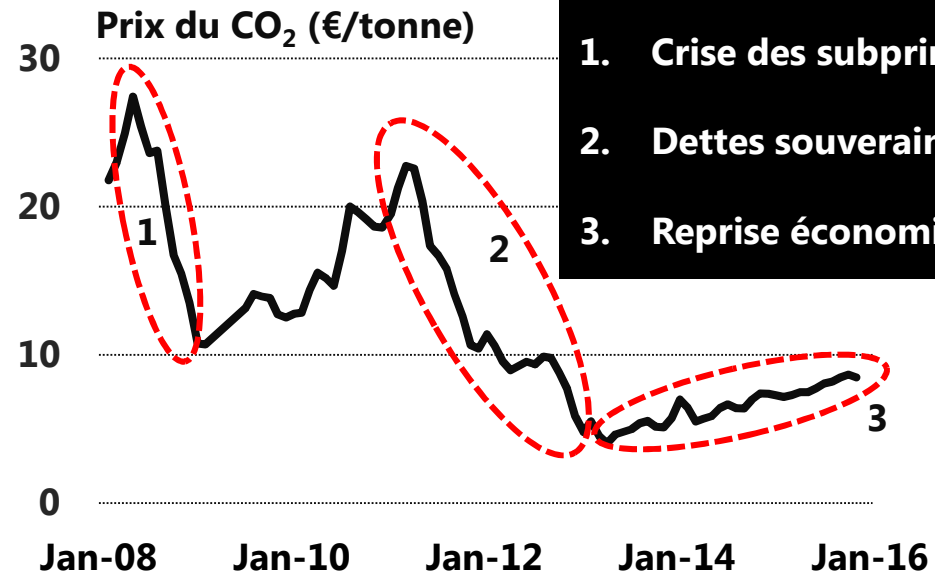


Syndrome du pauvre



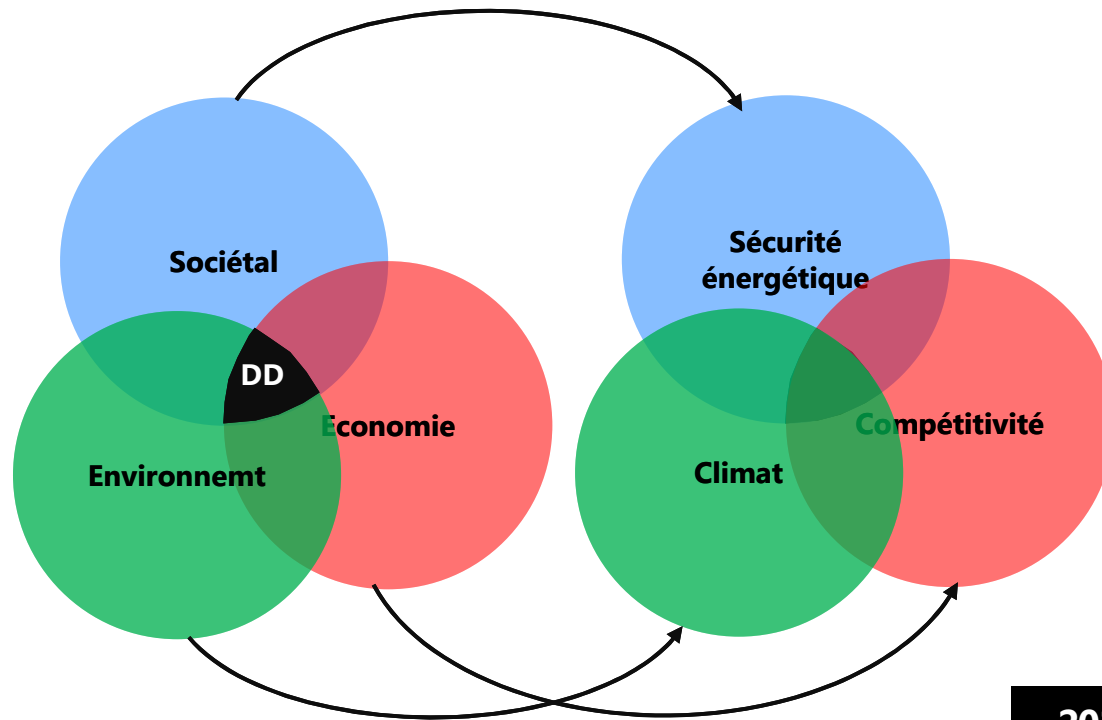
L'inefficacité de l'incitation fiscale

Taxe carbone



25% renouvelable = 90€/t_{CO2}
50% renouvelable = 180€/t_{CO2}
100% renouvelable = 360€/t_{CO2}
Charbon vs gaz : 30€/t_{CO2}

COP 21 & three leverages of the transition

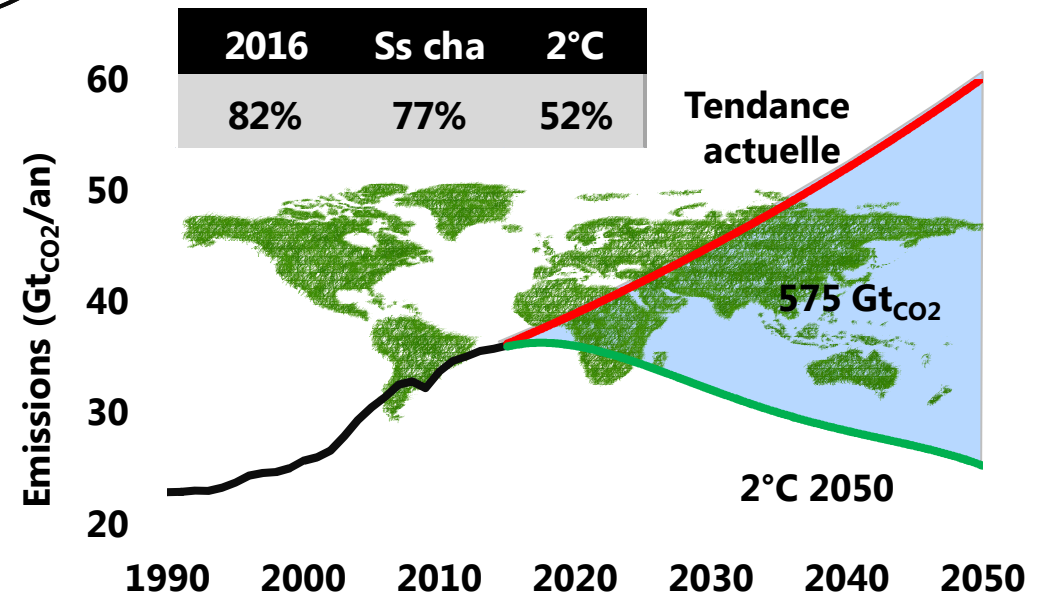


COP15
2008
Copenhagen
2°C 2050



COP21
2015
Paris
1,5°C 2100

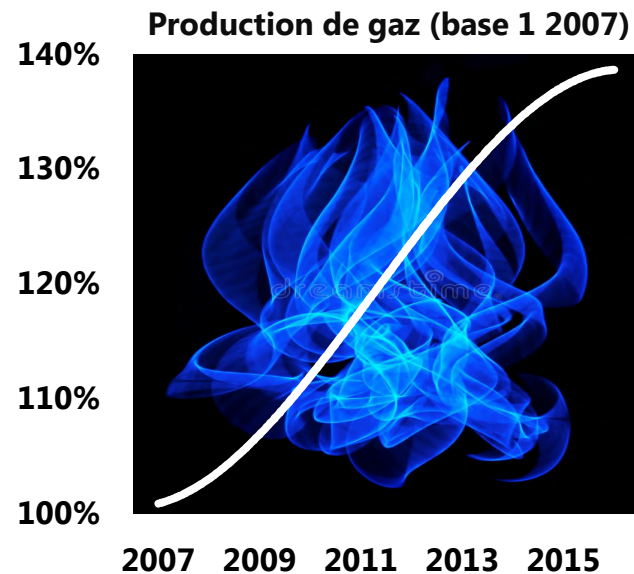
Pays	% effort
Chine	31%
Etats-Unis	13%
Europe	6%
Reste monde	50%



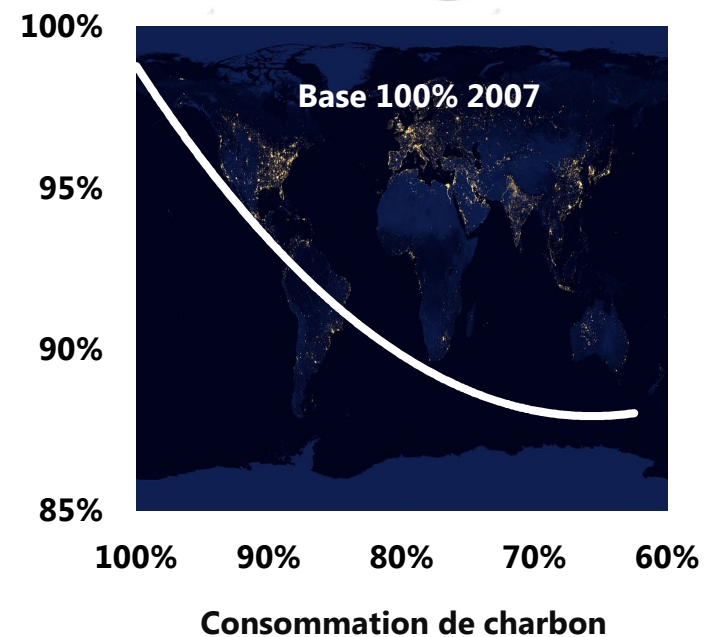
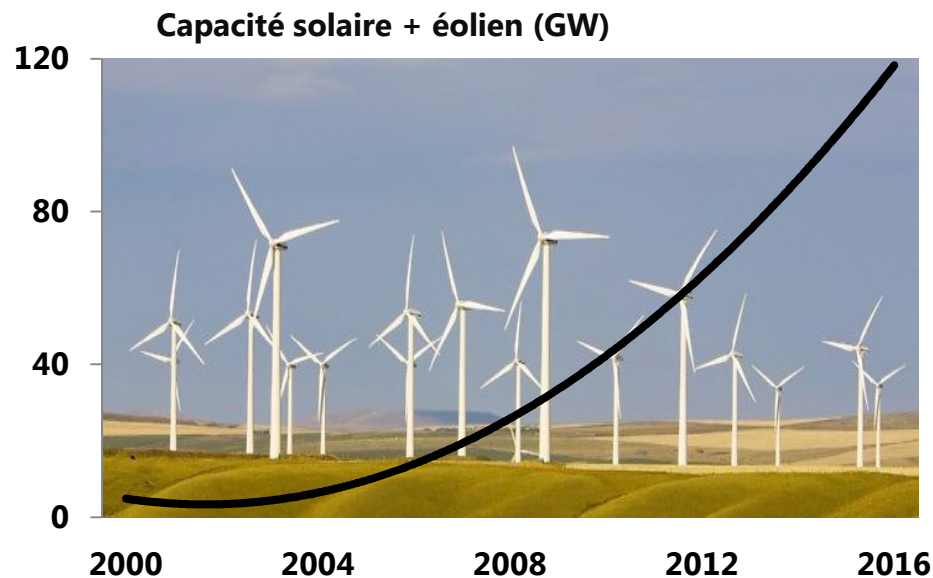
Etats-Unis : sécurité énergétique retrouvée



	2015 : 86%	
	2050	
	Ss cha	2°C
Charbon	21%	9%
Pétrole	26%	17%
Gaz	32%	28%
Fossiles	77%	52%



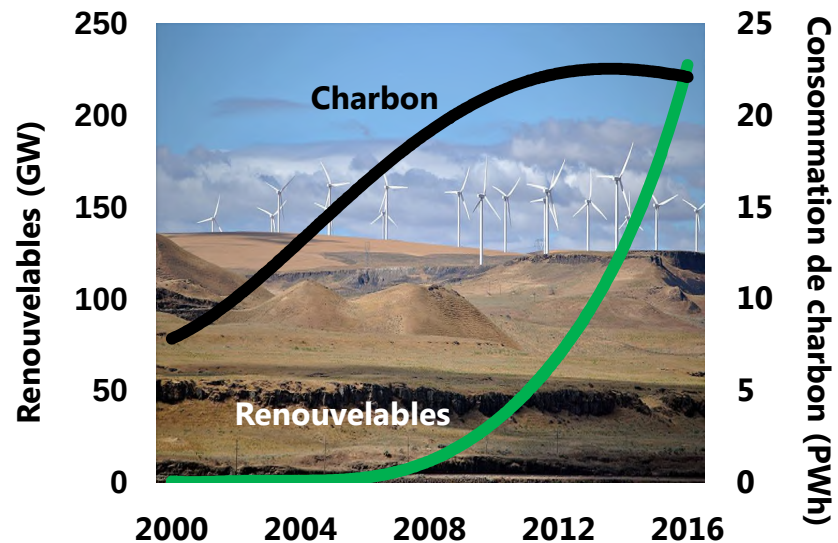
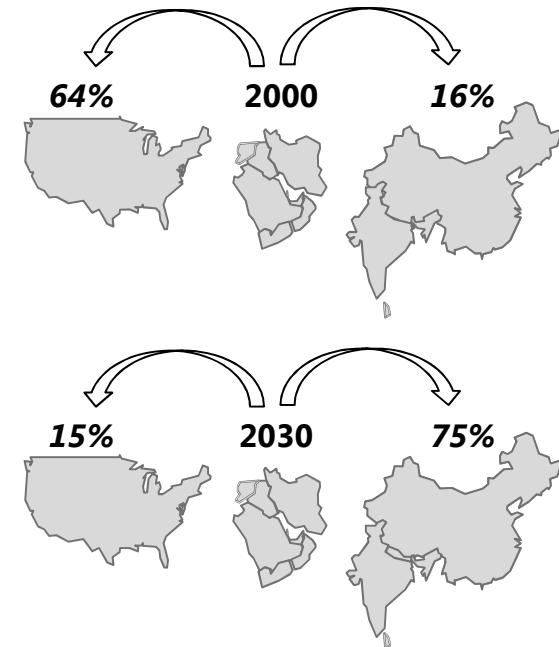
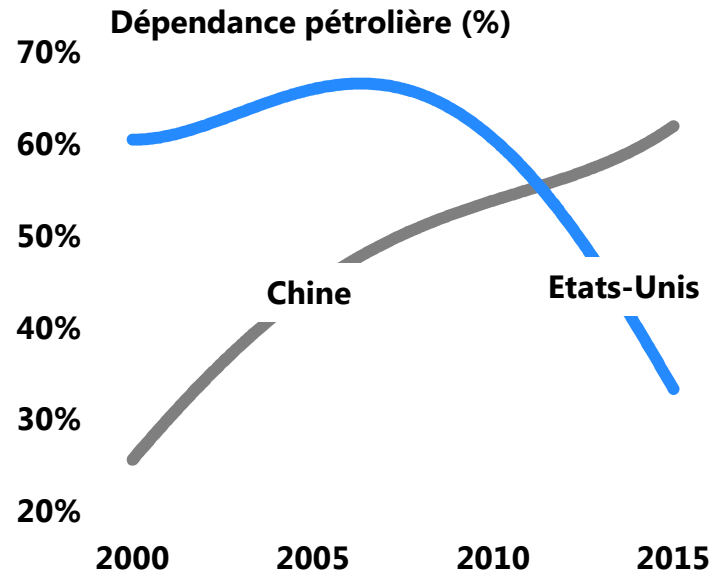
Charbon vers gaz



Chine : sécurité énergétique et GES



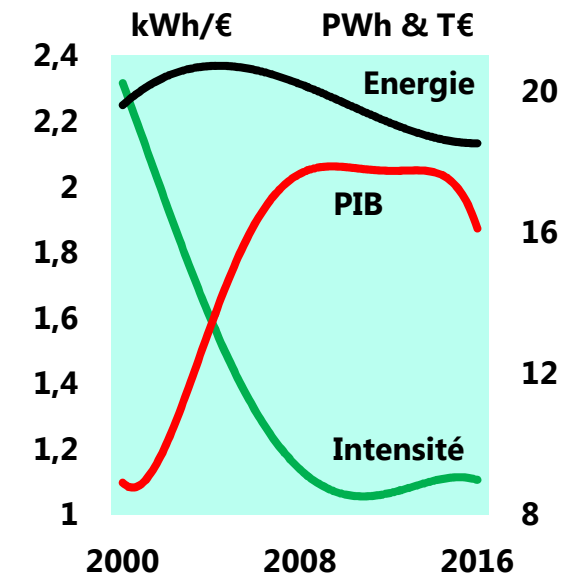
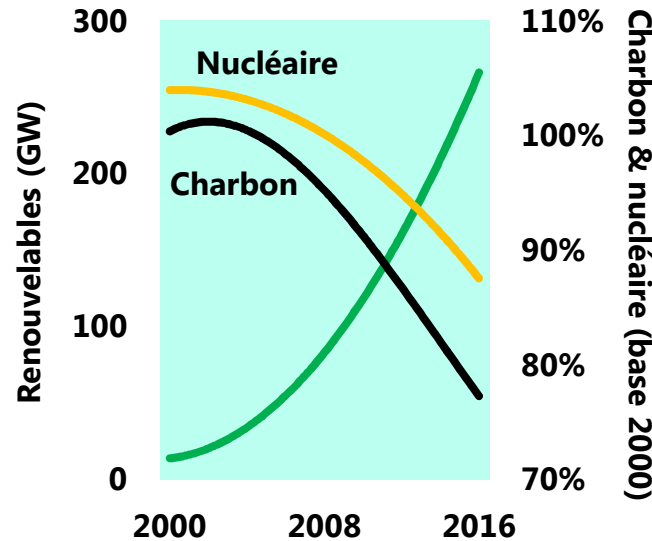
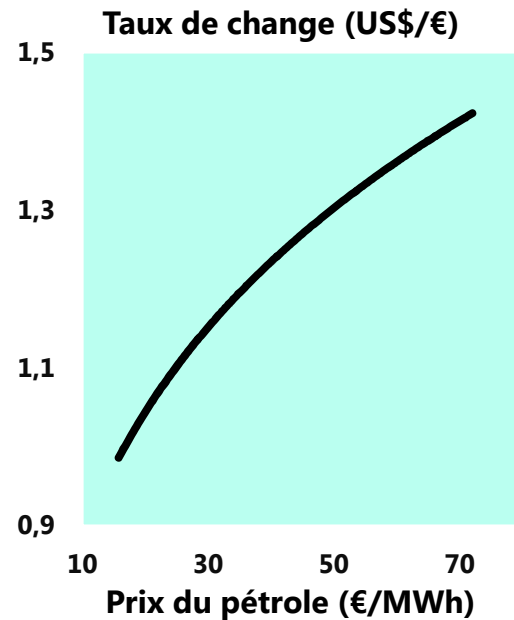
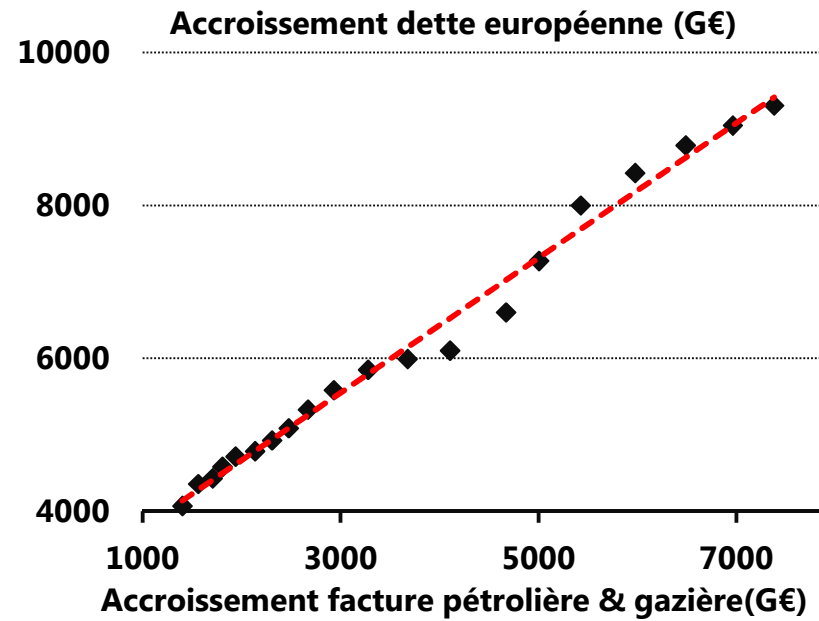
2015 : 89%		
2050		
	Ss cha	2°C
Charbon	55%	31%
Pétrole	19%	9%
Gaz	15%	21%
Fossiles	89%	62%



Europe



2015 : 77%		
2050		
	Ss cha	2°C
Charbon	10%	5%
Pétrole	25%	15%
Gaz	32%	22%
Fossiles	67%	41%

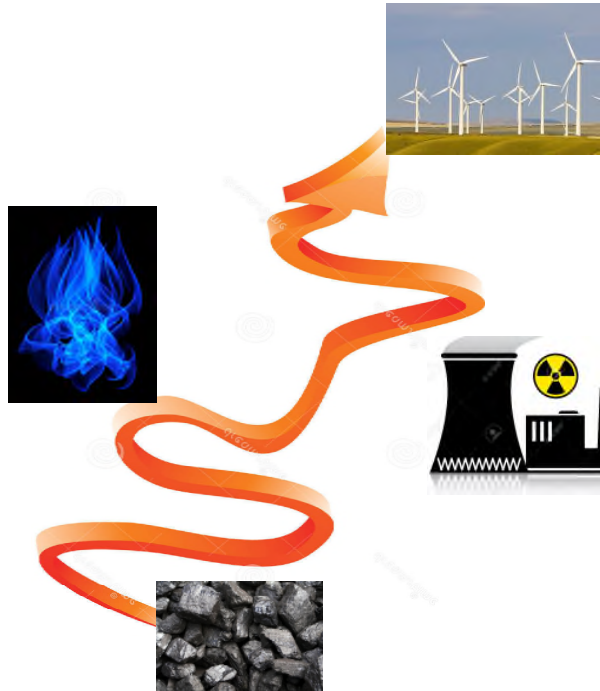


Conclusion : les illusions d'une société de croissance

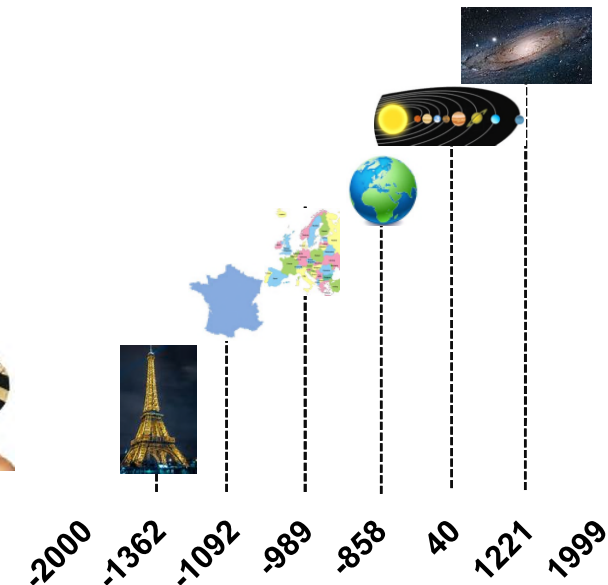
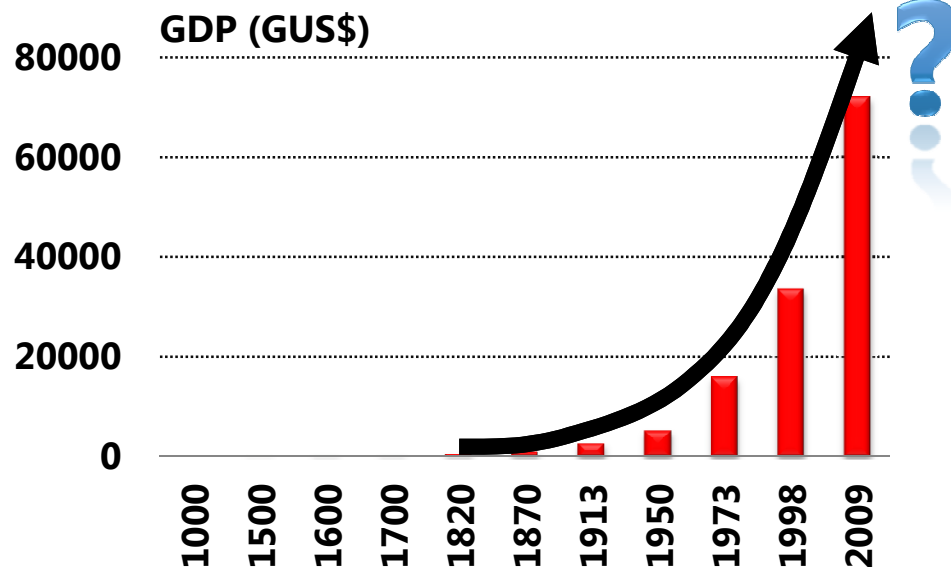
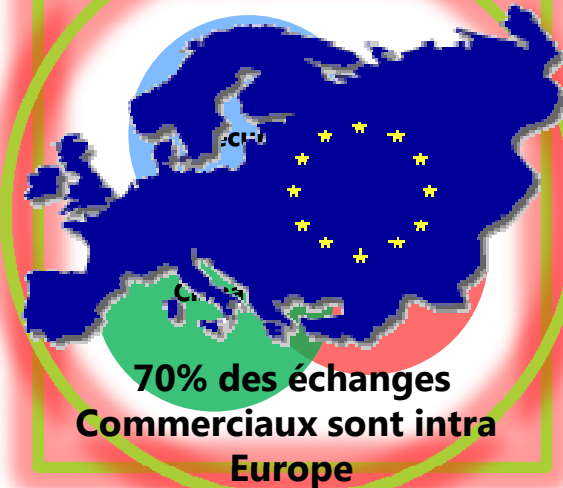


**Syndrome
du pauvre**

**Réduire l'intensité
énergétique est
le levier plus efficace**



Transition sans frontières



www.philippecharlez.com

philippecharlez@gmail.com

