

Et maintenant on fait quoi ??

G. Urvoy-Keller

- 1 Références
- 2 Energie
- 3 Comprendre les leviers d'actions globaux
- 4 Empreinte Carbone

- Cédric Ware (<https://gitlab.telecom-paris.fr/cedric.ware>).
- Carbon4, "Faire sa Part" (<https://www.carbone4.com/wp-content/uploads/2019/06/Publication-Carbone-4-Faire-sa-part-pouvoir-responsabilite-climat.pdf>)

- 1 Références
- 2 Energie**
- 3 Comprendre les leviers d'actions globaux
- 4 Empreinte Carbone

Rappels sur l'Énergie

Énergie

(Wikipédia) En physique, l'énergie est la propriété quantitative qui doit être transférée à un corps ou à un système physique pour effectuer un travail sur le corps ou pour le chauffer.

Propriété importante : L'énergie est une quantité conservée. Il peut être converti sous forme, mais **non créé ou détruit**.

Énergie :

- 1 Énergie mécanique - La somme des énergies cinétique et potentielle
- 2 Énergie chimique - énergie contenue dans les molécules
- 3 Énergie gravitationnelle - énergie des champs gravitationnels
- 4 Énergie électrique - énergie des champs électriques

Définition informelle¹ : propriété quantitative qui mesure le changement (vitesse, température, forme, composition chimique, etc.) d'état d'un système

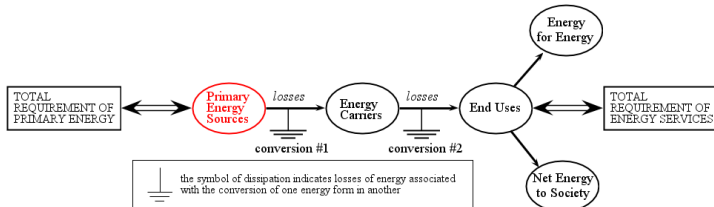
- 1 Plus vous observez de transformation, plus il y a d'énergie
- 2 ... et toute transformation nécessite de l'énergie

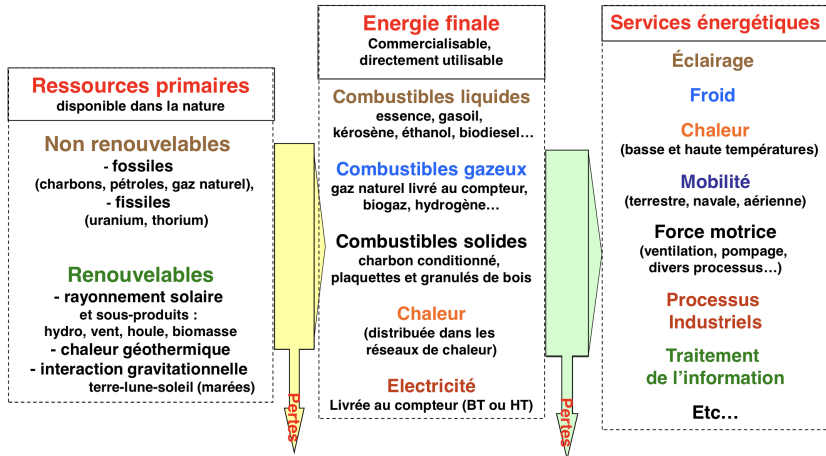
1. Boowed de J.-M. Jancovici <https://jancovici.com>

Énergie : production vs utilisation

- Énergie primaire : forme d'énergie présente dans la nature
- Énergie secondaire ou vecteur énergétique : ce qui est finalement consommé

Pertes le long de la chaîne (source : wikipedia).





Pour l'écosystème TIC (appareils, réseau) :

- la principale source d'énergie est l'électricité (une énergie secondaire)
- ... qui est finalement libéré sous forme de chaleur

Joule (J)

- L'unité de **Énergie** dans le Système international (SI) d'unités
- $J = \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = N \cdot m = W \cdot s = \Omega A^2 \cdot s$
 - L'énergie nécessaire pour accélérer une masse de 1 kg à 1 m/s² sur une distance de 1 m.
 - L'énergie transférée à (ou le travail effectué sur) un objet lorsqu'une force d'un Newton agit sur lui sur une distance d'un mètre (wikipedia)
 - Également l'énergie dissipée (chaleur) lorsqu'un courant électrique d'un ampère traverse une résistance d'un ohm pendant une seconde (wikipedia)

- SI se compose de : seconde (s), qui est l'unité SI de la quantité physique de temps ; mètre (m) ; kilogramme (kg) ; ampère (A, courant électrique) ; kelvin (K, température thermodynamique) ; mole (mol, quantité de substance) ; et candela (cd, intensité lumineuse)
- Joule est une unité dérivée (hors unités de base)

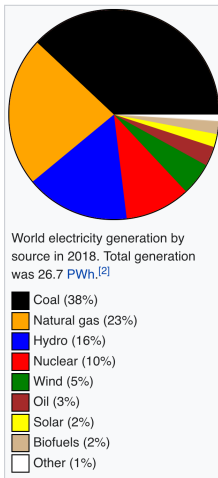


Unités alternatives (souvent utilisées !)

- KiloWatt-heure ou TéraWatt-heure
- Tonne équivalent pétrole (tep) : quantité d'énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole brut

- $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$
- $1 \text{ TWh} = 1 \text{ milliard de kWh}$
- $1 \text{ tep} \approx 11600 \text{ kWh}$
- $1 \text{ Mtep} = 11,6 \text{ TWh}$

L'électricité provient de (source : Wikipédia et IAE) :



- Différence entre la première et la deuxième colonne due aux pertes de conversion !!
- L'électricité représente environ 20% de l'énergie secondaire totale (source : wikipedia)

History (TWh)

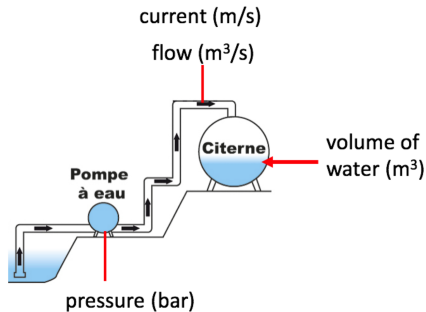
Year	Total energy supply (TES) ¹	Final energy consumption ¹	Electricity generation	Ref
1973	71,013 (Mtoe 6,106)	54,335 (Mtoe 4,672)	6,129	[11]
1990	102,569	–	11,821	–
2000	117,687	–	15,395	–
2010	147,899 (Mtoe 12,717)	100,914 (Mtoe 8,677)	21,431	[12]
2011	152,504 (Mtoe 13,113)	103,716 (Mtoe 8,918)	22,126	[13]
2012	155,505 (Mtoe 13,371)	104,426 (Mtoe 8,979)	22,668	[14]
2013	157,482 (Mtoe 13,541)	108,171 (Mtoe 9,301)	23,322	[15]
2014	155,481 (Mtoe 13,369)	109,613 (Mtoe 9,425)	23,816	[16]
2015	158,715 (Mtoe 13,647)	109,136 (Mtoe 9,384)		[17][18]
2017	162,494 (Mtoe 13,972)	113,009 (Mtoe 9,717)	25,606	[19]

Pétrole : une source d'énergie hautement concentrée, facile à transporter et bon marché



- Courant I (A : ampères) → courant
- Tension V (V : volts) → pression
- Puissance P (W : watts) → débit
- Énergie E (J : joules ou kWh) → volume d'eau

$$E = P\Delta t (= 1kW1h = 1kWh)$$



Que représente 1 kWh ?

- Une lampe halogène de 500 W pendant 2 heures
- 10 lampes LED 12 W pendant 8 heures
- 1 cycliste pédalant pendant 10 heures
- 1 four pendant 30 minutes

(source : A. Blavette)

..ou utilisons-nous l'énergie sans penser aux conséquences environnementales ?

Source : José Halloy

AlphaGo defeated Lee Sedol

Published: 19 October 2017

Mastering the game of Go without human knowledge

David Silver , Julian Schrittwieser, Karen Simonyan, Ioannis Antonoglou, Aja Huang, Arthur Guez, Thomas Hubert, Lucas Baker, Matthew Lai, Adrian Bolton, Yutian Chen, Timothy Lillicrap, Fan Hui, Laurent Sifre, George van den Driessche, Thore Graepel & Demis Hassabis

Nature **550**, 354–359 (2017) | [Cite this article](#)

164k Accesses | 2043 Citations | 2566 Altmetric | [Metrics](#)

~100 W per CPU
~200 W per GPU

AlphaGo	Search threads	CPUs	GPUs
Asynchronous	1	48	8
Asynchronous	2	48	8
Asynchronous	4	48	8
Asynchronous	8	48	8
Asynchronous	16	48	8
Asynchronous	32	48	8
Asynchronous	40	48	8
Asynchronous	40	48	1
Asynchronous	40	48	2
Asynchronous	40	48	4
Distributed	12	428	64
Distributed	24	764	112
Distributed	40	1393	176



..ou utilisons-nous l'énergie sans penser aux conséquences environnementales.

Source : José Halloy

AlphaGo defeated Lee Sedol: **energy cost**



~ 155 kW



Brain ~ 20 W
2500 kCal/day
~ 120 W

130 GJ = 9.7 days

34 years = 130 GJ

- 1 Références
- 2 Energie
- 3 Comprendre les leviers d'actions globaux**
- 4 Empreinte Carbone

Comprendre les leviers d'actions globaux. L'équation de Kaya

L'équation de Kaya («Kaya identity» en anglais) et ses variantes découlent d'une tautologie :

- On part de $GES = GES$
- On introduit des termes à droite dans l'équation qui serviront de leviers d'action potentiels

$$GES = \frac{GES}{E} \times \frac{E}{PIB} \times \frac{PIB}{POP} \times POP \quad (1)$$

GES émissions annuelles de gaz à effet de serre (en tCO₂e/an)

E consommation d'énergie annuelle (en TWh/an)

PIB produit intérieur brut annuel (en \$ ou)

POP population (nombre de personnes)

Les facteurs (fractions) de l'équation sont nommées ainsi :

- $\frac{GES}{E}$: Intensité carbone de l'énergie
Combien de CO₂ est dégagé lors de la production ou consommation de l'énergie ?
- $\frac{E}{PIB}$: Intensité énergétique de l'économie (économie assimilée au PIB)
Combien de CO₂ est dégagé lors de la production des biens de consommation et des services ?
- $\frac{PIB}{POP}$: Dollars par habitant
Quelle est la richesse par habitant (richesse assimilée au PIB) ?

- Les calculs ci-dessous sont une analyse «à gros grains», qui cherche **des ordres de grandeur** permettant de **séparer ce qui est physiquement et historiquement possible** de ce qui ne l'est pas.
- Les différents facteurs de l'équation de Kaya ci-dessous **ne sont pas indépendants**.
Ex : on trouve une nouvelle source d'énergie propre $\Rightarrow \frac{GES}{E} \downarrow$...mais on l'utilise partout et au final la consommation d'énergie totale $E \uparrow$ (effet rebond)
- On se focalise sur l'utilisation de combustibles fossiles et donc le CO_2 . Il manque la biodiversité, la pollution, l'acidification des océans, etc.

- 1 Références
- 2 Energie
- 3 Comprendre les leviers d'actions globaux
- 4 Empreinte Carbone**

Empreinte Carbone

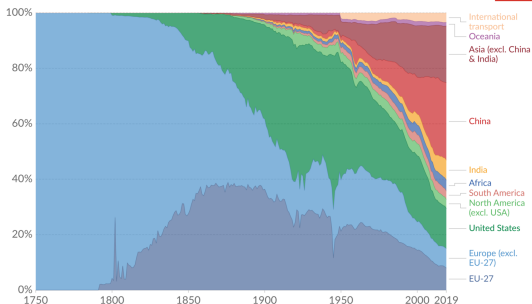
- A nouveau, se concentrer sur le CO₂ est réducteur
- Néanmoins, si vous réduisez votre empreinte carbone, vous réduisez aussi votre empreinte sur la biodiversité, "votre" pollution induite

Le problème a plusieurs dimensions :

- Le niveau pays ou ensemble géographique et politique (UE)
- Les entreprises versus les états
- Au sein d'un pays : "les riches versus les pauvres"

- Les émissions actuelles de l'Europe sont faibles car on a exporté vers les usines vers l'Asie
- Notre dette historique est forte :²

Annual total CO₂ emissions, by world region



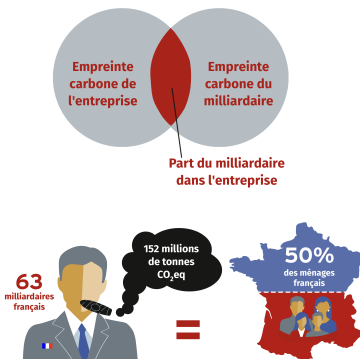
Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY
Note: This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included. Statistical differences (included in the GCP dataset) are not included here.

2. By Our World in Data based on Global Carbon Project ; BP ; Maddison ; UNWPP -
<https://ourworldindata.org/grapher/annual-co-emissions-by-region>, CC BY 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=106914601>

Un rapport récent d'Oxfam et Greenpeace <https://www.oxfamfrance.org/communiqués-de-presse/inegalites-climatiques-lempreinte-carbone-vertigineuse-des-milliardaires/>



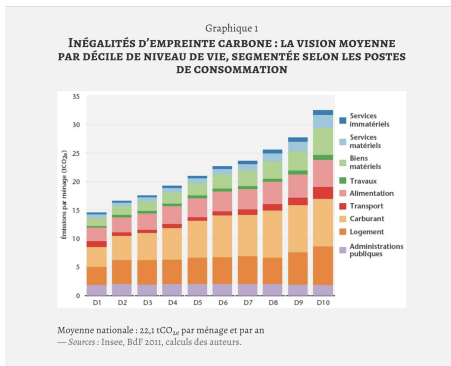
- Méthodologie intéressante : pas seulement le style de vie mais aussi les avoirs financiers



- Limite de l'étude : un milliardaire peut être en fait une famille
- Le poids des milliardaires vu du point de leur empreinte totale est énorme !
- Si ces gens veulent changer les choses en tant qu'actionnaires, tout le monde en bénéficiera !³
- Intersection de deux niveaux : personnes et entreprises

3. Effet chute du Niagara plutôt que ruissellement ☺

- On ne regarde ici que l'aspect consommation (pas l'aspect avoirs financiers)
- On retrouve une vraie influence du niveau de richesse



Qui émet du CO₂ ? Panorama critique des inégalités écologiques en France

Antonin Pottier, Emmanuel Combet, Jean-Michel Cayla, Simona de Lauretis, Franck Nadaud

DANS REVUE DE L'OFCE 2020/5 (169), PAGES 73 à 132

A partir de l'outil développé par l'ADEME :

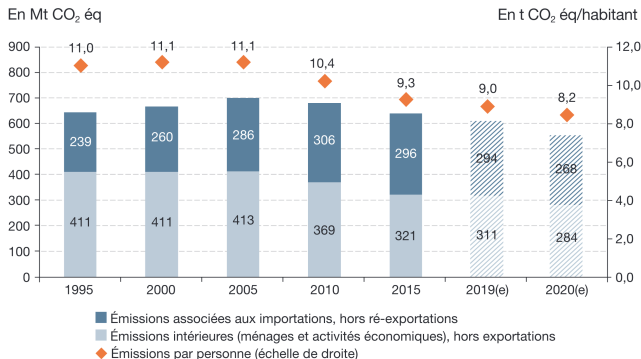
- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- Un code en open source



- Estimation de la consommation énergétique de votre logement ou celui de vos parents
- Âge de votre logement et sa surface
- Une estimation du nombre de km parcourus avec les différents moyens de transport (train, avion, voiture) possibles
- Pour la voiture, la consommation de carburant au km (si voiture thermique)

Empreinte carbone en 2019 :

ÉVOLUTION DE L'EMPREINTE CARBONE DE LA FRANCE

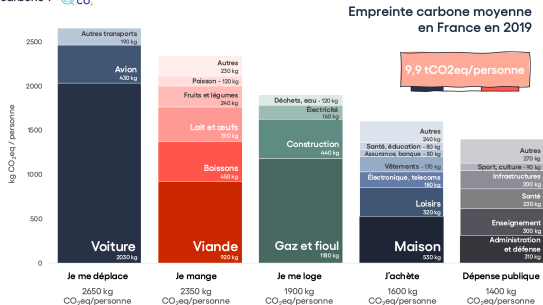


(e) = estimations.

Note : l'empreinte carbone porte sur les trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O). En 2021, la méthodologie a été ajustée afin de mieux tenir compte de l'évolution des coûts du pétrole brut, du gaz et du charbon ; l'ensemble de la série a ainsi été révisée, l'essentiel des ajustements portant sur les émissions importées de CH₄.

Champ : périmètre Kyoto (métropole et outre-mer appartenant à l'UE).

Détail par poste :



Gas inclus : CO₂ (hors UTCATF France), CH₄, N₂O, HFC, SFA, PFC, H₂O (traînées de condensation).

Source : MyCO2 par Carbone 4 d'après le ministère de la Transition écologique, le Haut Conseil pour le Climat, le CITEPA, Agribalyse V3 et INCA 3.

Source : Carbone4

- Objectif accord de Paris : 2 tonnes par habitant et par an
- Étude Carbone 4 :
 - Considère évolution de l’empreinte moyenne "en agréant « petits gestes du quotidien » (acheter une gourde, équiper son logement de lampes LED...) et changements de comportement plus ambitieux (manger végétarien, ne plus prendre l’avion, faire systématiquement du covoiturage...)." "
 - Conclusions : on peut jouer sur 25% de notre empreinte en moyenne. **Insuffisant pour atteindre l'accord de Paris** mais **non négligeable**.