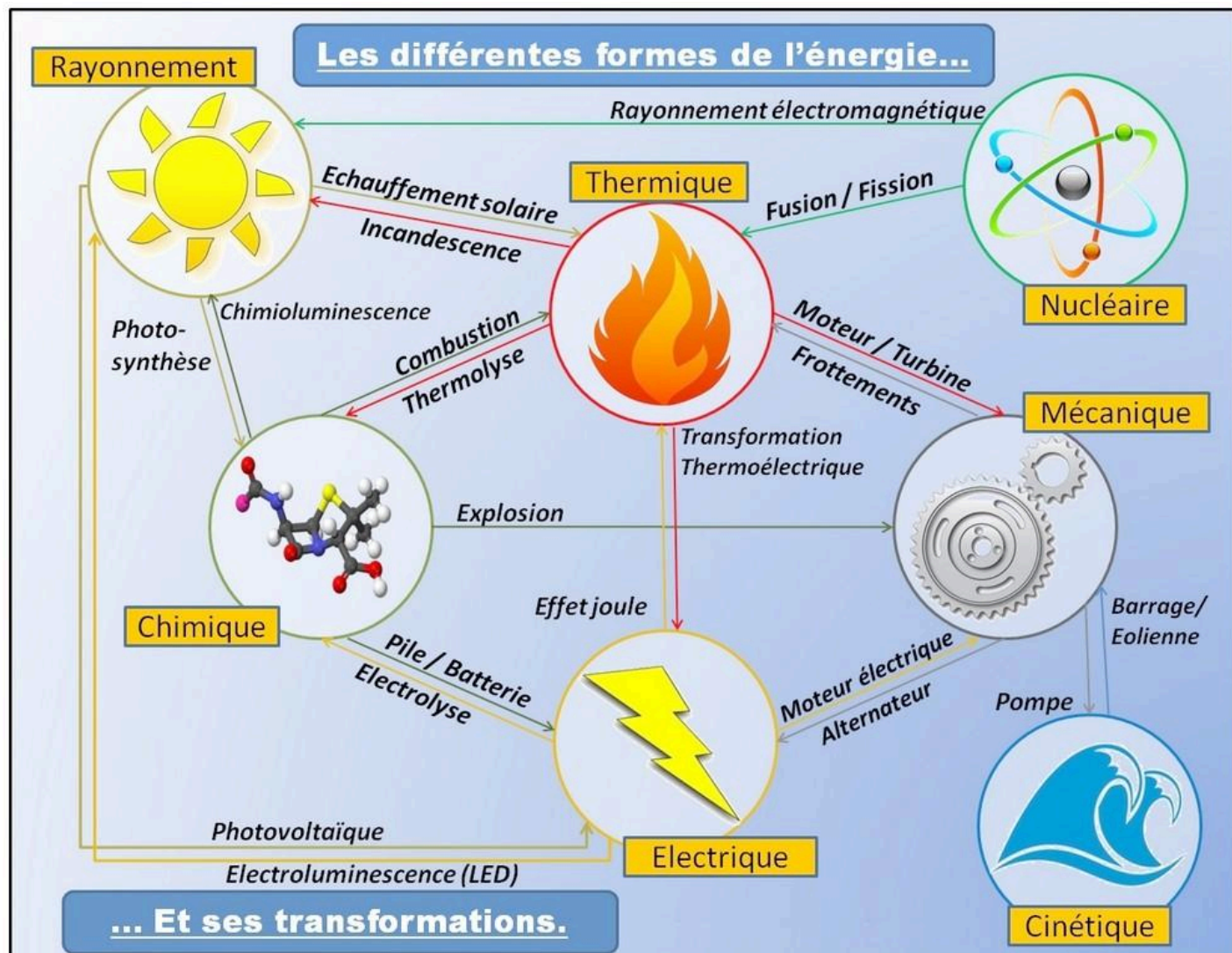




# ÉNERGIE: Croissance de la population et de la prospérité, mais changement climatique...



Cette question m'obsède à cause du changement climatique et des craintes de l'effondrement de nos civilisations, envisagé comme possible par le MIT

(<https://bit.ly/3yQDSxp>) pour le Club de Rome (<https://bit.ly/3jTAnzX>) en 1972<sup>\*</sup>. Le sixième rapport du GIEC (<https://bit.ly/3dRkaIW>) annoncé cet été 2021 est sombre (voir cette analyse par le bon pote <https://bit.ly/3CNNjix>), comme le changement de posture de l'Agence Internationale de l'Énergie AIE qui prône l'abandon rapide des combustibles

fossiles... La prise de conscience du problème et des contraintes qui affectent le développement de l'humanité est désormais planétaire: développement = énergie; énergie = combustibles fossiles; combustibles fossiles = changement climatique. Le prochain [COP26 à Glasgow](#) cette année sera-t-il enfin celui des décisions politiques contraignantes, à la différence du [COP21 à Paris en 2018](#).

*\*C'est en 1968 que le Club de Rome avait commandé cette étude au MIT Massachusetts Institute of Technology. C'était en pleine période de croissance économique exponentielle des pays occidentaux, menés par les États-Unis, et du Japon, après la 2<sup>e</sup> guerre mondiale; une croissance jusqu'à 6% jugée très élevée (depuis, la Chine a connu des taux de croissance de 10%). Les personnalités membres du Club de Rome fin des années 1960 se demandaient si cette croissance pouvait continuer indéfiniment dans une planète finie vu ses ressources. Cinq facteurs étaient pris en compte: la croissance de la population et de la production agricole, l'épuisement des ressources non renouvelables, la production industrielle, et la production de déchets. Par l'industrie, l'énergie permet la production massive de biens et de services à partir de ressources minières qui sont toutes épuisables. Le Club de Rome est toujours actif aujourd'hui en 2021; ses membres sont ici (<https://bit.ly/37LxjQQ>).*

Mais que faire au stade atteint par l'humanité 50 ans après cette alarme? On va voir qu'il n'y a pas de remède miracle. Parce que la consommation d'énergie est la base de nos civilisations aujourd'hui, mais avec des inégalités énormes: les pays développés riches en consomment beaucoup trop, les pays en voie de développement veulent accroître leur consommation, 40% de la population mondiale (3 milliards d'habitants en 2019) n'ont pas accès à des combustibles sains pour vivre décemment rien que pour cuisiner sans pollution à l'intérieur de leur habitation et 0.8 milliards, 13% de la population mondiale (<https://bit.ly/2UiGBAH>) n'ont même pas accès à l'énergie de base qu'est l'électricité.

De multiples auteurs, journalistes, sites web et YouTubeurs traitent de ce sujet qui est de plus en plus préoccupant; certains vont jusqu'à envisager l'effondrement de parties de nos sociétés par la déstabilisation des institutions qui les gouvernent. Voici ma compréhension du sujet.

## **Commençons par rafraîchir nos connaissances sur ce qu'est l'énergie**

L'énergie est "la capacité de faire un travail". L'énergie est la façon dont les choses changent, se transforment et bougent. ... Il faut de l'énergie pour cuisiner, pour se rendre à l'école en voiture, pour se déplacer d'un point à un autre plus ou moins loin ou pour sauter en l'air. L'énergie se présente et s'utilise sous différentes formes comme le montre le graphique de gauche: thermique, chimique, mécanique, électrique, nucléaire...

## **Puissance et énergie sont deux notions différentes à ne pas confondre**

La confusion entre la puissance et l'énergie est fréquente alors que ce sont deux grandeurs différentes. La puissance est la production d'énergie pendant un intervalle de temps; c'est un flux. La relation s'écrit Énergie par unité de temps écoulé = Puissance >>>  $E/t=P$ . Plutôt que "t" il vaut mieux adopter l'écriture  $\Delta t$

L'unité d'énergie est le Joule (J), si celle d'écoulement du temps est la seconde (s), nous obtenons une unité de la Puissance en Joules par seconde (J/s) qui est appelé le Watt (W). Les multiples du Watt sont le kilowatt (kW) qui équivaut à mille Watts; ou le megaWatt 1 millions de Watts ou le gigaWatt 1 milliard de Watts

La relation entre Puissance P et Énergie E peut également s'écrire:  $Energie = Puissance \times durée$  ou  $E=P \times \Delta t$ . Dans cette relation, si la puissance est exprimée en kilowatts (kilo Joules/s) et la durée en heures, l'énergie s'exprimera en kiloWattheures (kWh) c'est-à-dire des kiloWatts multipliés par des heures. Le rapport entre les deux est 3600 puisqu'il y a 3600 secondes dans une heure. L'énergie n'a pas de relation avec le temps, car elle se conserve, elle donne donc la puissance lorsqu'elle est divisée par une durée (1 watt correspond à 1 joule par seconde), et on retrouve l'énergie en multipliant la puissance par une durée (un Wattheure correspond donc à une énergie de 1 Joule pendant une heure, soit  $1Wh = 3600J$ ). Le Wattheure Wh et ses multiples kiloWh, megaWh, gigaWh, teraWh et exaWh sont les unités les plus utilisées en énergie électrique.

Mais l'énergie peut s'exprimer aussi en une multitude d'autres unités, à cause de l'histoire de la physique et des physiciens qui l'ont définie depuis la révolution industrielle. Ces unités ont été définies selon les usages et les domaines techniques d'application. C'est le cas de la Calorie et de la British Thermal Unit (BTU) en chaleur, du baril de pétrole en production de pétrole, de la tonne équivalent pétrole (TEP) ou de la tonne équivalent charbon (TEC), du cheval-vapeur CV en automobile; et pour les plus grandes quantités d'énergie il y a le Quad (qui vaut 1015 BTU), l'exaJoule ( $10^{18}J$ , soit un milliard de milliards de Joules, utilisé dans les statistiques d'énergie mondiales).

Cet outil en ligne (<https://bit.ly/3fFsxb>) permet de convertir toutes les unités d'énergie entre elles. L'unité internationale de l'énergie est le Joule. Voir les unités de base du Système international (<https://bit.ly/3IFbnPr>)

## **L'énergie est à la base de nos civilisations. Quelle est la situation en 2021.**

L'énergie est à la base de notre civilisation industrielle et de la prospérité mondiale, mais avec des inégalités énormes entre les pays, selon leurs populations, leurs histoires, leurs cultures et leurs niveaux de développement. L'énergie permet la production massive de biens et de services en accroissant la productivité des hommes par la conjonction du capital, du travail et de l'énergie pour transformer les ressources naturelles: minières épuisables et renouvelables. Cette prospérité se mesure par l'Indice de Développement Humain IDH

(<https://bit.ly/2U3h5PN>): c'est une combinaison de trois indicateurs: la santé par l'espérance de durée de vie, l'éducation et la formation à tous les âges de la vie et le PIB par habitant à parités de pouvoir d'achat (<https://bit.ly/2Xcy979>).

La valeur de l'IDH est corrélée à la consommation d'énergie par habitant mesuré en gigaJoules, en MWh ou en TEP (tonnes équivalent pétrole), par habitant et par an (\*). Les pays les plus développés et les plus riches ont un IDH voisin ou supérieur à 0.9; les pays les moins développés et les plus pauvres un IDH inférieur à 0.4.

J'ai défini une unité d'énergie que j'appelle l'Esclave-Virtuel par An (EV). C'est l'énergie qu'un homme de 75kg chargé d'un sac de 25kg dépenserait pour faire tous les jours une ascension de 1000m. Cela équivaut à 100kWh par an et 8.9kg d'équivalent pétrole. Je montre ainsi que notre consommation d'énergie annuelle par habitant en France et en Allemagne équivaut à 400 EV; celle des États-Unis à 800 EV, celle du Bangladesh à 25 EV, et celle de la moyenne mondiale à 200 EV. (<https://bit.ly/3s71M7m>) Le concept d'EV correspond à l'ensemble des machines nourries à l'énergie que nous utilisons pour tout: production de biens et de services marchands, services publics, santé, éducation, retraites, sécurité et défense de nos institutions, etc...

Tableau: exemples d'énergie par habitant et par an en TEP, megaWh et EV: monde, France, Allemagne, USA et Bangladesh <https://bit.ly/31UUyIN>

## Evolution de la production et consommation d'énergie

La production et la consommation d'énergie dans le monde a évolué très rapidement comme toutes les variables économiques, par croissance exponentielle (<https://bit.ly/3s2ZxSf>) depuis la révolution industrielle. En 2019 (année avant le COVID de 2020), elle était de 13.9 GigaTEP; en 1965 3.7 GigaTEP; en 1975 5.72; en 1985 7.21; en 1995 8.64; en 2000 9.42; en 2010 12.07. Au début de la révolution industrielle, on l'estime à 0.25 GigaTEP; à la fin du 19<sup>e</sup> siècle 1 GigaTEP. Cette croissance a été très supérieure à la croissance de la population pendant le même temps. De 1965 à 2019 3.7 >>> 13.9 GTEP (55 ans) 3.756 2.4% par an. La population mondiale est passée de 3.34 milliards à 7.7 milliards soit 1.5% de croissance moyenne par an. L'énergie a donc permis un accroissement de prospérité mais avec des grandes inégalités entre pays en énergie par habitant. Voir ma comparaison (<https://bit.ly/3m724Hw>), monde, France Allemagne, États-Unis et BanglaDesh.

## D'où vient l'énergie que nous consommons?

En 2019, 84% de l'énergie consommée dans le monde provient des combustibles fossiles: pétrole, gaz et charbon. 80% des gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère - CO<sub>2</sub> - provient de la combustion de ces énergies fossiles. Production CO<sub>2</sub> 2009-2020 en million de tonnes CO<sub>2</sub> (<https://bit.ly/3mqusEL>). La teneur en CO<sub>2</sub> mesurée au sommet du volcan Mauna Loa à

[Hawaï \(https://bit.ly/3jRtmQ9\)](https://bit.ly/3jRtmQ9) ne cesse de croître; elle était de 417ppm en juillet 2021 (318ppm en 1960)..

Les récents évènements climatiques extrêmes dans le monde ont résulté en une prise de conscience planétaire que le changement climatique dû à la combustion des énergies fossiles peut menacer nos civilisations d'effondrements, car les limites sont toutes dépassées. Les climato-sceptiques, devenus climato-optimistes et maintenant climato-réalistes ont cessé de donner de la voix, sauf Benoit Rittaud récemment [Voir leur site web.](#)

## **L'épuisement des ressources non renouvelables**

Par l'industrie, l'énergie permet la production massive de biens et de services à partir de ressources minières qui sont toutes épuisables. A mesure qu'elles s'épuisent, les ressources exploitées doivent être remplacées par d'autres, ce qui nécessite des recherches, des explorations, des études. Pour des raisons basement économiques \*, les ressources nouvelles sont presque toujours plus coûteuses à exploiter ce qui signifie plus consommatrices d'énergie et ce qui entraîne une demande de prix de vente plus élevés. [Voir ce billet sur la question de l'épuisement des ressources \(https://bit.ly/3GFLWEA\)](https://bit.ly/3GFLWEA)

\* Les investissements de projets miniers sont des investissements lourds qui se déroulent sur un temps long d'au moins 20 ans. Il faut trouver des ressources en volume et en qualité suffisants pour permettre une exploitation sur une durée suffisante, en général 20 ans. Les coûts sont l'élément certain de l'exploitation (coûts d'énergie, coûts des procédés, coûts des équipements, coûts de personnels); tandis que les recettes sont incertaines car elles dépendent de la demande, des besoins et des prix acceptés par les consommateurs c'est à dire les marchés. La poursuite du développement planétaire exige de plus en plus ressources minérales donc de plus en plus d'énergie. La transition énergétique dont on parle, avec l'abandon des combustibles fossiles, va exiger encore plus de ressources minérales exploitées actuellement, et en plus de nombreuses autres non encore exploitées ou peu exploitées. Donc toujours plus d'énergie. l'humanité est confrontée à ces contraintes: énergie, ressources épuisables, changement climatique.

## **Effondrements.**

Les théories de l'effondrement sont donc au goût du jour. À mon sens, Il s'agirait plutôt d'effondrements régionaux comme cela s'est produit pour les Mayas, et d'autres effondrements documentés par l'anthropologue [Jared Diamond](#). Ce ne sont pas tant les populations qui s'effondreraient mais les institutions. Les populations retourneraient à des

modes de vie plus équilibrés basés sur des productions et des consommations utilisant les ressources locales.



A conference poster. On the right side is a portrait of a man with a beard and short brown hair, wearing a dark suit, light blue shirt, and dark tie. On the left side is a green rectangular area with white text. At the top of the green area, in a dark green banner, is the text "Dôme Arsenic 2 | Herstal" and "14 mai - 19h". Below this, in smaller white text, is "ARTHUR KELLER". The main title "CONFERENCE SUR L'EFFONDREMENT" is in large white capital letters. Below the title, in smaller white text, is "En lien avec l'exposition de Mathieu Loiseau 'Twice as Bright'". In the bottom right corner of the green area is a circular logo with the text "Nourrir Liège 2021" and a small leaf icon.



**5°C, juste un pull en moins ?**

Atlanticomniur

22,000 – 14,000 <sup>14</sup>C years ago

Present Potential Vegetation

Océan abaissé de 120 m

3 km d'épaisseur

Ice

Polar Desert

Steppe-Tundra

Open Woodland

Dry Steppe

Semi-Desert

Source: Quaternary Environments Network

**L'Europe il y a 20.000 ans**

Tundra

Boreal Woodland

Closed Boreal Forest

Cool Temperate Forest

Moist Steppe

Dry Steppe

Wooded Steppe

Mediterranean Forest

**L'Europe actuelle**

carbone 4

www.jancovici.com

THE SHIFT PROJECT

**CATACLYSME ÉCONOMIQUE  
MONDIAL ET CHÔMAGE DE MASSE:  
CE QUI NOUS ATTEND EN 2021**

**hlast**

**GAËL GIRAUD, ÉCONOMISTE**



## Références

1. Data sets de BP British Petroleum
  - [BP rapport complet 2021](#)
  - [Consommation d'énergie primaire dans le Monde 2009-2020](#)
  - [Énergie primaire par sources en 2019 et 2020](#)
  - [Consommation d'énergie primaire par capita 2009-2020](#)
  - [Production CO2 2009-2020 Million tonnes CO2](#)
  - [BP complete data set 1965-2020](#)
2. [Data sets de The World in data Oxford](#)
3. [Sixième rapport du GIEC](#)
4. [Synthèse et analyse du nouveau rapport du GIEC | Bon Pote](#)
5. [Agence internationale de l'énergie](#)
6. [Le Joule et ses conversions](#)
7. [Outil de conversion des différentes unités d'énergie](#)
8. [Unités de base du Système international](#)
9. [Les limites de la croissance club de Rome et rapport Meadows revisité.](#)
10. [Club de Rome](#)
11. [Indice de développement humain](#)
12. [Relation de l'IDH avec la consommation d'énergie par capita \(graphique\)](#)
13. [Relation de l'IDH avec la consommation d'énergie par capita Monash University](#)
14. [Etienne Klein sur l'énergie.](#)
15. [Amoc quesaco? Atlantic meridional overturning circulation \(AMOC\)](#)

16. [Production CO2 2009-2020 Million tonnes CO2](#)
  17. [Teneur enCO2 de l'atmosphère: Mauna Loa Hawaï 417ppm Juillet 2021](#)
  18. [Nouveau rapport du GIEC](#)
  19. [COP21 à Paris en 2018.](#)
  20. [COP26 novembre 2021 à Glasgow](#)
  21. [Climato-sceptiques, climato-optimistes... maintenant climato-réalistes](#)
  22. [Parités de pouvoir d'achat.](#)
  23. [Un billet de moi sur la question de l'épuisement des ressources minérales.](#)
- 

Mis à jour le 08/08/2021

[\*\*pratclif@gmail.com\*\*](mailto:pratclif@gmail.com)

[pratclif.com](http://pratclif.com)