

L'ENERGIE : UN BIENFAIT POUR L'HUMANITE

A plusieurs reprises mon ami Jacques Frot a publié de remarquables articles traitant de l'énergie dans notre gazette préférée (n° 26,32,40). Je n'ai pas la connaissance encyclopédique de Jacques sur le sujet, cependant il m'a paru intéressant d'évoquer avec vous quelques faits, qui sont bien souvent oubliés dans les prises de position (passionnées) fleurissant çà et là. Ainsi mourrons-nous moins bêtes, mais rassurez-vous nous mourrons quand-même !

Si l'on n'est pas encore convaincu **des bienfaits** amenés par la domestication **de l'énergie**, le graphe ci-dessous montre à minima une corrélation forte, et des raisonnements simples permettent de trouver des liens de causalité évidents. Personne d'ailleurs ne conteste ce fait, mais bien entendu il faut se poser la question des autres effets présents et futurs résultant de l'accroissement considérable de la consommation d'énergie qui a été multipliée par 10 en 100 ans !

Le premier de ces effets est que la combustion du bois, du charbon, du gaz, du pétrole, produisent du **CO2, gaz à effet de serre**. L'effet de serre joue un rôle important sur la température d'équilibre de la terre. Svante Arrhenius (1859-1927), un scientifique Suédois, fût le premier à clamer en 1896 que le fait de brûler des combustibles fossiles pouvait avoir pour conséquence une augmentation du réchauffement de la terre. D'ailleurs, comme il était suédois il se réjouissait de cette nouvelle (les normands aussi !!!).

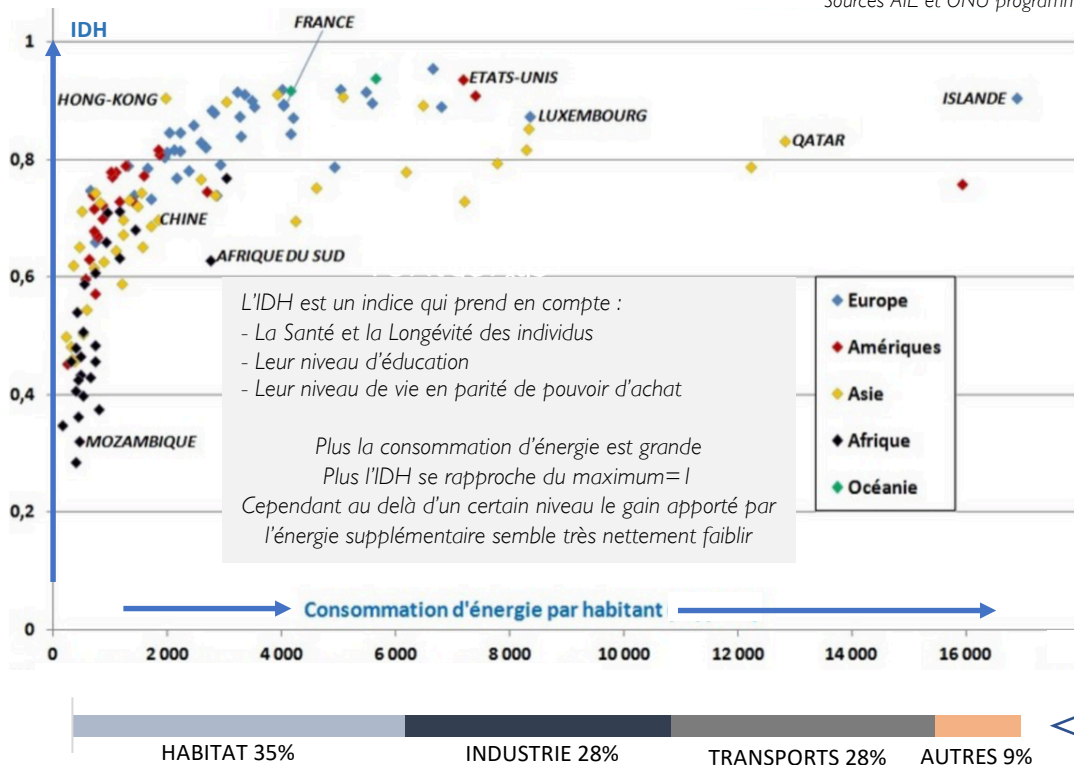
Les calculs montrent que sans l'effet de serre généré par notre atmosphère actuelle, la température moyenne d'équilibre de notre planète serait de 32°C inférieure... c'est à dire -18 °C, Brrr

Depuis le début de l'ère industrielle, l'accroissement de température moyenne observée est de 1°C. Les calculs basés sur l'augmentation de concentration du CO2 mesurée dans l'atmosphère durant cette période donnent la même valeur. Nous commençons à en ressentir directement quelques effets (attention cependant à ne pas confondre Météo et Climat). Les scientifiques nous alertent depuis longtemps sur les conséquences potentielles de nos modes de vie et de production de l'énergie. Quelles sont les prévisions ? :

Avec les politiques actuelles la température de la terre aura augmenté de 4 à 6°C à la fin du siècle

INDICE DE DEVELOPPEMENT HUMAIN DANS LE MONDE ET CONSOMMATION D'ENERGIE PAR HABITANT

Sources AIE et ONU programme pour le développement



Avons-nous conscience qu'un français utilise l'équivalent du travail physique de 150 esclaves ? Nous trainons derrière nous en permanence 150 esclaves énergétiques pour satisfaire nos besoins toujours plus grands en énergie. Quel coût pour les nourrir ? 300 €/mois soit 20 €/esclave !

CONSOMMATIONS MONDIALES PAR SECTEUR D'ACTIVITE

Un réchauffement de 4 à 6 °C aurait de lourdes conséquences pour nos sociétés. Que faire ?

Avant de décider de ce qu'il faut faire, essayons de comprendre ce qui risque de se passer ...

LA TERRIBLE EQUATION DE KAYA *Pour ceux qui ont écouté leurs profs en troisième et étudié les fractions!*

Ecrivons $t \text{ CO}_2 = t \text{ CO}_2$ c'est à dire *les émissions mondiales de CO2 = les émissions mondiales de CO2*

Divisons et multiplions-à droite-par l'énergie mondiale produite exprimée en Tonne Equivalent Pétrole :

$$\text{CO}_2 = (\text{CO}_2/\text{TEP}) \times \text{TEP}$$

Faisons de même avec le Produit Intérieur Brut mondial (PIB) qui mesure les richesses produites en \$:

$$\text{CO}_2 = (\text{CO}_2/\text{TEP}) \times (\text{TEP}/\text{PIB}) \times \text{PIB}$$

Enfin divisons et multiplions par la Population mondiale (POP). Nous obtenons l'équation de Kaya

$$\begin{array}{ccccccc} \text{CO}_2 & = & (\text{CO}_2/\text{TEP}) & \times & (\text{TEP}/\text{PIB}) & \times & (\text{PIB}/\text{POP}) & \times & \text{POP} \\ \text{Tonnes de} & & \text{t de CO}_2 \text{ rejetés} & & \text{Energie mondiale en TEP} & & \text{Prod richesses en \$} & & \text{Population} \\ \text{CO}_2 \text{ rejetées} & & \text{Energie mondiale en TEP} & & \text{Richesses produites en \$} & & \text{Population mondiale} & & \text{mondiale} \end{array}$$

Examinons l'évolution de ces facteurs en moyenne mondiale (il y a de grandes disparités par continent)

-**POP mondiale**: L'ONU prévoit 10 milliards d'habitants dans 50 ans soit **140%** de la population actuelle.

-**PIB/POP** : Nous savons combien l'accès aux richesses matérielles est important pour le développement des sociétés, et il est peu probable que l'Asie, l'Afrique acceptent de se passer du bien être qu'elles procurent. Il est donc certain que la production par habitant (PIB/Hbt) va croître. Pratiquement toutes les politiques mondiales sont orientées vers cet objectif, et tous les citoyens veulent un meilleur pouvoir d'achat, plus de protection, une meilleure santé, etc... Les agences internationales prévoient que le PIB par habitant va croître d'au moins 2,5 % par an dans le monde , il sera donc multiplié par **3,5** dans 50 ans.

-**Quantité d'énergie nécessaire pour produire nos richesses** : c'est à dire l'intensité énergétique mondiale. Elle dépend du rendement de nos centrales, de nos systèmes de chauffage, du rendement de nos moteurs, de l'isolation de nos maisons, bref de notre capacité à mieux utiliser l'énergie. La tendance actuelle est une amélioration de 1,5% par an, soyons optimistes et prévoyons 2%. Donc dans 50 ans nous aurons divisé par **2,5** la quantité d'énergie nécessaire pour produire la même quantité de richesses.

Avant d'examiner le dernier terme (CO2/TEP), reportons ces chiffres dans notre équation de Kaya:

$$\text{les émissions de CO}_2 \text{ en 2070} = 140\% \times 3,5 / 2,5 = 2 \text{ fois les émissions de CO}_2 \text{ de 2020}$$

Les objectifs à ne pas dépasser :

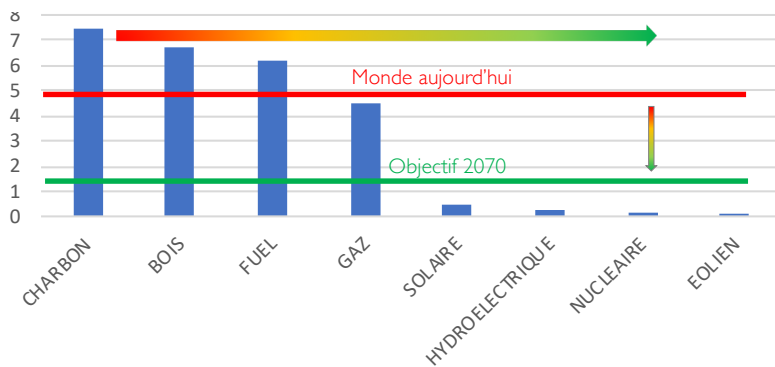
Les physiciens et climatologues nous disent par ailleurs que **pour stabiliser la quantité de CO2** dans l'atmosphère, ce qui limitera la température moyenne à +1,5°C, **il nous faut diviser par 2 les émissions actuelles** ! Et ce à condition de maintenir en leur état actuel les puits naturels de CO2 que sont les océans, les forêts et tous les écosystèmes terrestres (c'est là que la pollution peut amener une amplification au second ordre de l'effet de serre en affaiblissant ces écosystèmes).

Or, nous venons de voir que, en considérant les évolutions inéluctables de nos modes de vie (Population, PIB, Technologie), au lieu de diviser par **2** les émissions de CO2, on allait les multiplier par **2**.

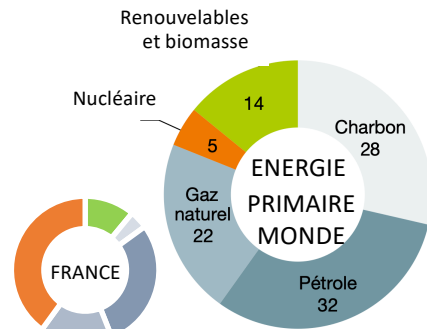
Comme nous l'avons vu, il nous reste cependant une variable pour sauver la situation: le CO2/TEP, **le contenu en CO2 des sources d'énergie**, premier terme de notre équation de Kaya. Il faudra le diviser par **4** (2 x 2) si nous voulons diviser par **2** le CO2 émis, en choisissant de façon appropriée les sources d'énergie.

C'est précisément le choix des sources d'énergie du futur qui suscite les passions. Que disent les chiffres ? La réponse est sur les graphiques ci-dessous pour les différentes sources d'énergie primaire. Par exemple le nucléaire émet moins que le solaire qui émet moins que le gaz, qui émet moins que le fuel, etc... A côté, nous avons la répartition mondiale en % des sources d'énergie primaires utilisées. La ligne rouge indique où nous sommes aujourd'hui, la ligne verte est l'objectif pour limiter à 1,5°C le réchauffement moyen dans 50 ans. Les changements du mode de production devront être considérables.

TONNES DE CO2 EMISES POUR LA PRODUCTION D'UNE TEP D'ENERGIE



SOURCES DE L'ENERGIE MONDIALE



Sources AIE, ADEME

NOTE : L'énergie finale consommée est égale à l'énergie primaire moins les pertes de rendement, de transport, les fuites, etc ...

- ⚠️ Il faut 2,6 kwh d'énergie primaire dans les centrales électriques pour fournir 1 kwh d'électricité au consommateur.
- Voiture électrique: Bon pour la pollution directe immédiate, questionable pour le climat si la production d'électricité n'est pas nucléaire ou sans émission de CO2. Aujourd'hui l'incrémentiel est gaz ou fuel ou même charbon dans de nombreux pays !
- Chauffage électrique: même remarque, sauf pour les pompes à chaleur qui ont un impact positif dans tous les cas de figure

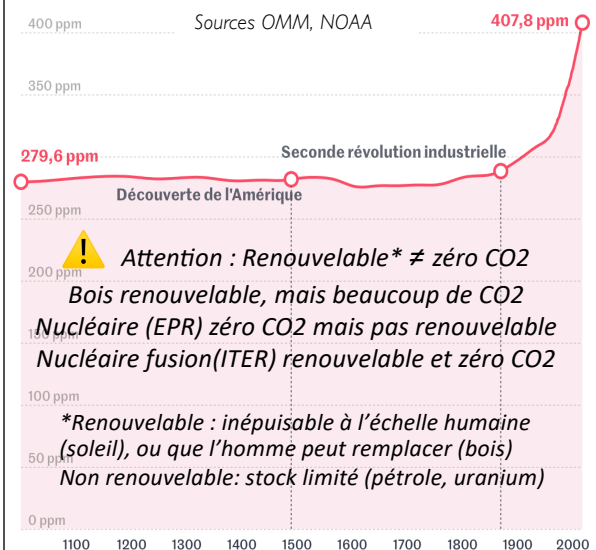
Voilà, maintenant vous savez à peu près tout, et comme futur(e) président(e) d'un grand pays, vous allez pouvoir prendre les bonnes décisions: arrêter les centrales à charbon, construire des centrales nucléaires, des milliers d'éoliennes, etc... Investir massivement dans la recherche sur le solaire, la fusion nucléaire (Projet ITER), la production d'hydrogène, les piles à combustible, la captation du CO2, l'efficacité énergétique, et enfin réfléchir à une évolution de la société sans trop augmenter le PIB. Bravo ! mais vos chances d'être élu(e) vont quelque peu s'éloigner, surtout si pour inciter aux économies, vous promettez une forte taxe sur le CO2. **Car il faudra convaincre que tout cela est prioritaire !** Mais, comme il y a des combustibles fossiles pas chers pour au moins 1 ou 2 siècles, alors, peut-être vaut-il mieux laisser croire qu'il suffit d'utiliser des bouteilles consignées et des sacs en papier ...

Au delà des chiffres, quelles que soient les solutions retenues, la terre s'en sortira très bien: il y a 4 milliards d'années l'atmosphère avait des taux de CO2 des milliers de fois supérieurs. Certes à cette époque il n'y avait pas grand monde dans les rues. Il y avait encore 2 à 5 fois plus de CO2 dans l'atmosphère lorsque les mammifères sont apparus (-200 millions d'années environ). Ce n'est pas la terre qui est en danger, ce sont nos sociétés, et peut-être même pour les plus pessimistes notre espèce ...

Soyons reconnaissants aux politiques de l'énergie menées en France depuis des décennies. En effet les émissions de CO2 par habitant en tonnes/an ne cessent de baisser (divisées par 2 depuis 1980). Elles étaient en 2018 de 4,6 t, contre 6,5 t pour l'Union Européenne, 8,9 t pour la verte Allemagne, 11 t pour la Russie, 16 t pour l'Amérique du Nord, 7,5 t pour la Chine (en constante croissance), et ... 44 t pour le Qatar. Pas si mal le modèle français, mais il faut continuer à l'améliorer !

Source : Banque mondiale

Teneur historique du CO2 dans l'atmosphère



⚠️ Attention : Renouvelable* ≠ zéro CO2
 Bois renouvelable, mais beaucoup de CO2
 Nucléaire (EPR) zéro CO2 mais pas renouvelable
 Nucléaire fusion(ITER) renouvelable et zéro CO2
 *Renouvelable : inépuisable à l'échelle humaine (soleil), ou que l'homme peut remplacer (bois)
 Non renouvelable: stock limité (pétrole, uranium)

Jl Maurin / Nov 2019