

Le temps qui passe

La bonne compréhension du « temps qui passe » va nous permettre de mettre en évidence ce qu'il va falloir faire en ce qui concerne notre transition énergétique. Ceci dans de nombreux domaines. Qui plus est en nous permettant de comprendre ce qui nous attend si nous ne faisons rien,

- tout d'abord dans le domaine de la consommation de l'énergie thermique dès lors que l'on prend en compte la chaleur spécifique des matériaux. Ceci pour une base de temps allant d'une fraction de seconde avec la douche à quelque 10 minutes pour le bain et pouvant atteindre une cinquantaine d'heures pour le système formé par un immeuble (ou une maison) et sa chaufferie.
- puis dans le domaine de la production d'énergie qu'il va falloir assurer pour satisfaire le besoin en permanence malgré les mouvements de la terre par rapport au soleil. Ceci dans un premier temps pour une base de temps de 12 h correspondant à l'alternance jour-nuit de la production solaire en raison de la rotation de la terre sur son axe. Puis dans un deuxième temps une base de temps de 8760h résultant cette fois de l'alternance été hiver résultant de la rotation de la terre autour du Soleil
- le temps qui passe c'est aussi le constat que les produits fossiles sont par nature non-renouvelable et qu'au rythme de consommation actuel c'est l'épuisement des ressources dans environ 10 ans avec la nécessité d'assurer notre besoin avec des chaînes énergétiques moins énergivores que les chaînes actuelles avant cette échéance
- le temps qui passe c'est enfin en raison des gaz à effet de serre générés par la combustion des produits fossiles le constat que même si nous arrêtons immédiatement la combustion de ces produits, c'est sensiblement +2°C par rapport à l'ère préindustrielle qui nous attend dans une centaine d'années.

Le temps qui passe et le potentiel énergétique de l'eau

Il n'est pas possible de passer sous silence les 2 pages qui suivent sur *le temps qui passe*. Ceci en raison de leurs importances. Elles font en effet intervenir à la fois les notions de *temps* et de [potential énergétique des corps](#).

La puissance et l'énergie sont en effet deux notions proches l'une de l'autre .

La deuxième, l'énergie, est dépendante de la première et d'un 3ème paramètre: le temps qui passe.

- La première formule $W = P t$ associe la puissance, l'énergie et le temps qui passe
- Les deux formules de la page suivante également mais en y associant la notion de potentiel thermique de l'eau (1,16 kWh /m³ et ° C)

L'âge est le temps qui nous sépare de notre date de naissance

Le bain en... 10 mn

L'énergie W est égale à la puissance P que multiplie le temps t : $W = P t$

Si l'on exprime la puissance P en kilowatt (kW) et le temps t en heures l'énergie W s'exprime en kilowattheure (kWh)

S'il faut par exemple 30 kW pour chauffer une maison au plus froid de l'hiver, l'énergie consommée en une journée de 24h est alors est égale à $P t = 30 \times 24 = 720$ kWh

L'ECS

Compte tenu de la chaleur spécifique de l'eau, il faut sensiblement* un kWh pour augmenter un m³ d'eau de 1 degré. (Voir page 32).

Cela signifie qu'il faut une quantité d'énergie égale à $0,2 \times 25 = 5$ kWh si l'on se fait couler un bain de 0,2 m³ à la température de 35 degrés en utilisant une résistance électrique pour élever de 25 degrés la température de l'eau froide initialement à 10 degrés. Cela signifiant également que si l'on souhaite que son bain soit prêt en 10 min (0,166 heure), la puissance thermique requise pour obtenir ce résultat est de $P = W / t = 5 / 0,166 = 30$ kW et est égale à celle qui est nécessaire pour chauffer la maison au plus froid de l'hiver.

Ces chiffres signifiants que si l'on utilise une pompe à chaleur ayant un coefficient de performance (COP) de 5 pour produire l'eau chaude sanitaire et chauffer la maison en coupant le chauffage pendant 10 mn, la chute de température dans la maison n'est pas significative compte tenu de la constante de temps thermique du système logement-chaufferie voisine de plusieurs dizaines d'heures et l'énergie électrique requise pour assurer la fourniture de l'eau chaude du bain et le chauffage est limitée à $725/5 = 145$ kWh** la différence de 580 kWh étant prélevée dans l'environnement. Une fois installée, un tel dispositif de chauffage est capable d'assurer le besoin chauffage plus fourniture de l'eau chaude sanitaire dans les meilleures conditions sans faire appel au [solaire thermique](#).

* En fait 1,16 kWh

** Le besoin en électricité est nettement plus faible qu'avec la chaîne énergétiques existante du type effet joule. Ce qui réduit d'autant le besoin en stockage électrique. Un travail d'équipe guidé par la réflexion individuelle de quelques individus d'exception, des connaissances approfondis en électronique et en programmation vont être nécessaire pour assurer le besoin en période hivernale probablement au travers d'un compromis géothermie profonde, électrolyse de l'hydrogène

Le temps de chauffe..... 5000h

Le chauffage et la période de chauffe (environ 5000h)

La puissance thermique disponible en kW avec un débit de la Seine proche de 400 m³/s ou 1 440 000 m³/h pour une différence de température de 10 degrés centigrade est égale à 1,16 x 1 440 000 x 10 = 16 704 000 kW

Le potentiel thermique exprimé en kWh de la Seine entre mi octobre et mi avril correspondant à une période de chauffe voisine de 4500h et avec un débit moyen proche de 400 m³/s (voir page 46) à un volume d'eau égal à 1 440 000 x 4500 m³ et une énergie égal 1,16 x 1 440 000 x 4500 x 10 = 7,5 x 10¹⁰ kWh

Ou 7500 kWh pour chacun des 10 millions de parisiens un peu supérieur au besoin actuel sans isolation (Voir figure 1)
(30 m² de surface habitable par parisien sur la base d'une déperdition de 250 kWh /m² habitable)

$$\begin{array}{ccccc} P & = & 1,16 & \cdot & Q & \cdot & \Delta T \\ kW & & & & m^3/h & & ^\circ C \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} P \cdot \text{temps} & = & 1,16 & \cdot & \underbrace{Q \cdot \text{temps}} & \cdot & \Delta T \\ kWh & & & & m^3 & & ^\circ C \end{array}$$

Voir aussi le temps qui passe50 h et la [constante de temps thermique d'un immeuble et sa chaufferie](#)

L'alternance jour-nuit... 12 h

L'alternance jour-nuit de la production solaire en raison de la rotation de la terre est de 12 h

En raison de leur capacité à stocker l'électricité, les batteries pourraient bien malgré leur poids, devenir les composants électriques de demain pour assurer le besoin en électricité. Ceci pour les petites quantités d'énergie. Elles pourraient en palliant principalement à l'alternance jour-nuit de la production solaire dû à la rotation de la terre assurer notre besoin. Ceci préférentiellement au bio-gaz. Leur apparition dans les voitures hybrides rechargeable pourraient bien être le catalyseur de leur développement pour participer à l'alimentation du compresseur des pompes à chaleur dans l'habitat



Bio gaz ? 30 kg de paille = 10 kWh elec



Batteries 10 kWh ?

L'alternance été-hiver..... 8760 h

Est-t-il besoin de rappeler que l'alternance été-hiver de la production solaire en raison de la rotation de la terre autour du soleil est de 8760 h. Pendant la période estivale la production est supérieure au besoin alors qu'elle est inférieure pendant la période hivernale. Il s'agit cette fois de quantités d'énergie très importantes

Dans l'état actuel des réalisations sur le plan mondial, les dispositifs de stockage de l'électricité pouvant emmagasiner les plus grosses quantités d'énergie sont à l'image de la [STEP française de Grandmaison](#) (*Figure 46*) les Station de Transfert d'Energie par Pompage.

Ces STEP ayant des problèmes pour satisfaire le besoin sur le plan quantitatif, l'hydrogène et la pile à combustible pourrait bien, pour des raisons relevant de la protection de nos écosystèmes être les organes (*Figure 47*) qui vont se mettre en place dans les 2 décennies qui viennent pour solutionner le problème du stockage de masse de l'électricité.

Après nous avoir prévenu [en septembre 2018](#), le secrétaire général de l'ONU a été récemment encore plus brutal à l'occasion de la présentation du rapport annuel de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) :

« L'humanité fait la guerre à la nature. C'est suicidaire, car la nature répond toujours coup pour coup, et elle le fait déjà avec une force et une fureur de plus en plus grandes ».

La seule chose vraiment rare : le temps.

Jacques Attali

Le temps qui passe: 100 ans et les GES

La température sur terre augmente:
avec la durée de vie du **CO2** dans
l'atmosphère voisine de 100 ans la machine
est lancée !

Quelques liens vers les Gaz à Effet de Serre (GES):

[Jancovici](#)

[WIKI](#)

[Les pompes à chaleur et leur environnement](#)

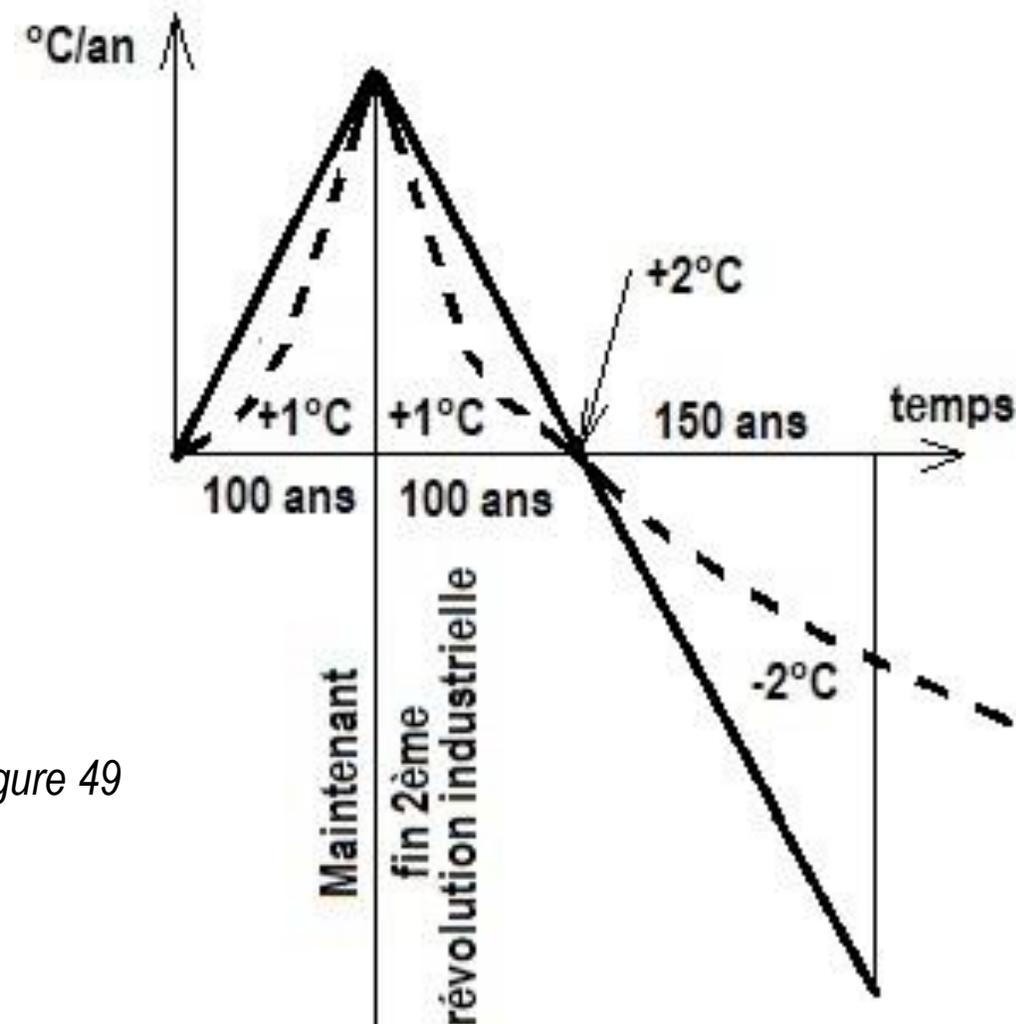


Figure 49

figure 49

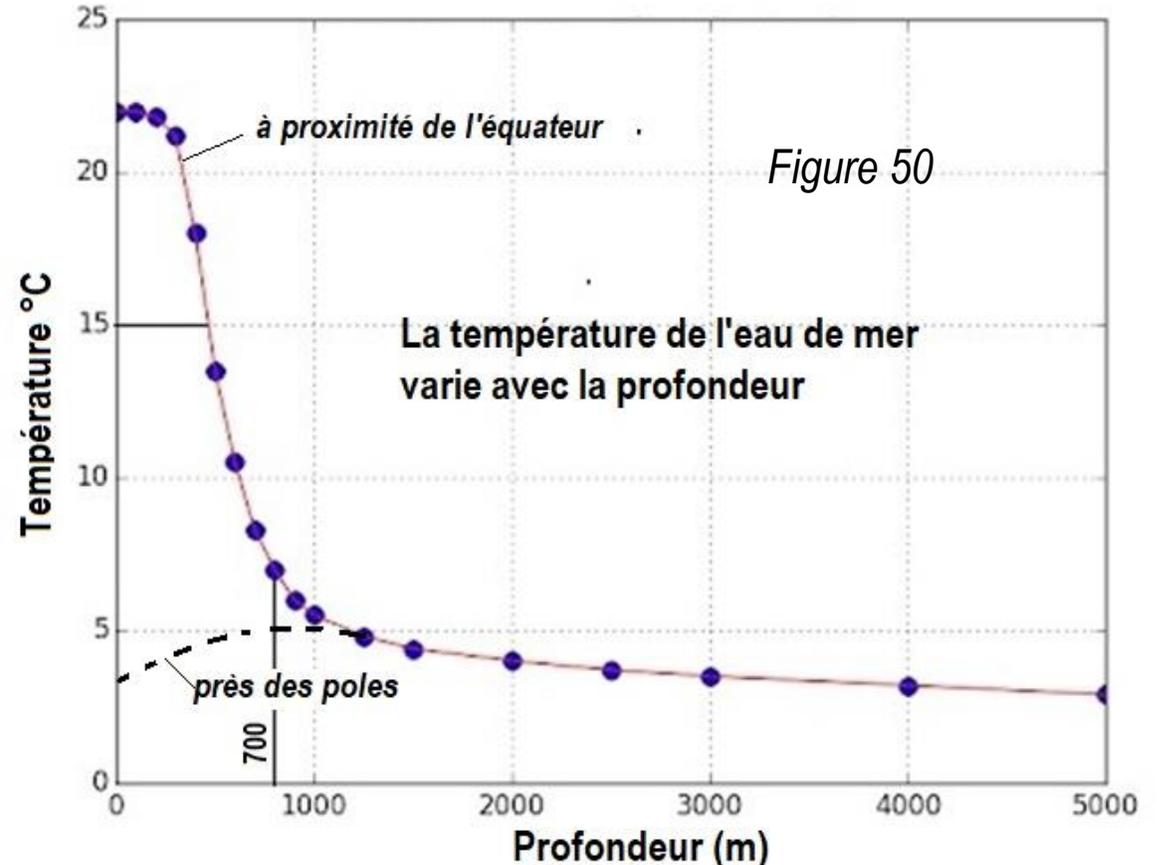
Bien qu'il soit difficile de trouver un thermomètre qui soit précis au degré près on sait que la température sur terre a augmentée de un °C depuis le début de l'ère industriel il y a une centaine d'années. On attribut cette augmentation à l'effet de serre provoqué par les émissions de gaz résultant de la combustion des produits fossiles. On a aussi évalué que la durée de vie de ces gaz et particulièrement du CO₂ dans notre atmosphère est de l'ordre d'une centaine d'années ce qui laisse sous entendre que même si nous arrêtons aujourd'hui de brûler du pétrole et du charbon c'est une augmentation de 2°C qu'il faut envisager sur terre dans une centaine d'années alors que nous ressentons déjà durement les conséquences du réchauffement sur le climat

La montée des océans ?

Le temps qui passe.... 10 000 ans

Si l'on compare la quantité d'énergie thermique que l'homme émet sur terre pour assurer ses besoins à savoir 7 milliards d'habitants consommant en moyenne environ 20 000 kWh par habitant, à la quantité d'énergie thermique provenant du soleil reçue par les océans en une année de 8760 h compte tenu de leur surface (350 millions de km²) et de la puissance de radiation (0,3 kW/m²) à savoir : $350\,000\,000 \times 1\,000\,000 \times 0,3 \times 8760$ kWh on s'aperçoit que ce que l'homme consomme est 6500 fois plus faible.

Une autre façon de raisonner, elle aussi rassurante, est le fait que si les 4 millions de km³ de glace du Groenland (sa surface de 2 millions de km² que multiplie l'épaisseur moyenne de la glace de 2 km) devaient continuer à fondre au rythme annuel de 500 milliards de m³ par an comme mentionné par Goodplanet, il y en a pour $(4\,000\,000 \times 1\,000\,000\,000) / 500\,000\,000\,000 = 8\,000$ ans ceci dans la mesure où un million de km³, c'est un milliard de m³). En prenant connaissance de ce chiffre mettant en jeu une base de temps de plusieurs millénaires on ne peut que faire le rapprochement avec la [vidéo de Milutin Milankovic](#) traitant des mouvements relatifs de la terre par rapport au soleil. Quant aux 2 km d'épaisseur de glace emmagasinées sur les 2 millions de km² du Groenland, si toute cette glace fondait complètement le niveau des mers monterait certes de quelque 6 m (le volume de glace que divise la surface des océans), mais nous devrions tout de même avoir 2 ou 3 siècles devant nous compte tenu du fait que le niveau des océans ne se serait déjà élevé de quelque 17 cm au XX^{ème} siècle



La dilatation est l'augmentation de volume d'un corps quand sa température augmente. Cette dilatation s'explique par l'augmentation de l'agitation thermique des particules qui constituent le corps. (Voir Clausius page 40). Compte tenu du $\Delta V/V$ volumique de quelque 0,24 pour mille pour une augmentation de 4° et ceci lorsque l'eau de mer est à une température avoisinant les 14°

Une approche du temps qui passe sur le long terme, c'est-à-dire pour homo sapiens à l'échelle de 3 à 4 générations pourra-t-il apaiser les esprits ? : si les 4 millions de mètres cubes de glace qui recouvrent le Groenland devaient fondre complètement dans les océans, ces derniers pourraient certes monter de quelque 6 mètres compte tenu de leur surface, mais ce qui est tout de même rassurant est le fait qu'au rythme d'une fonte annuelle qui serait limitée à 500 milliards de mètre cube de glace selon Goodplanet, cela pourrait prendre 2 à 3 siècles. Concernant la montée des océans on peut tout de même en 2 générations humaines avoir le temps de réagir.

De plus si l'on compare la quantité d'énergie thermique qui nous provient du soleil par radiation à la quantité d'énergie que l'homme émet actuellement sur terre pour assurer ses besoins on s'aperçoit que cette dernière est plusieurs milliers de fois inférieure. Il y a de la réserve.

L'épuisement de nos ressources non renouvelables

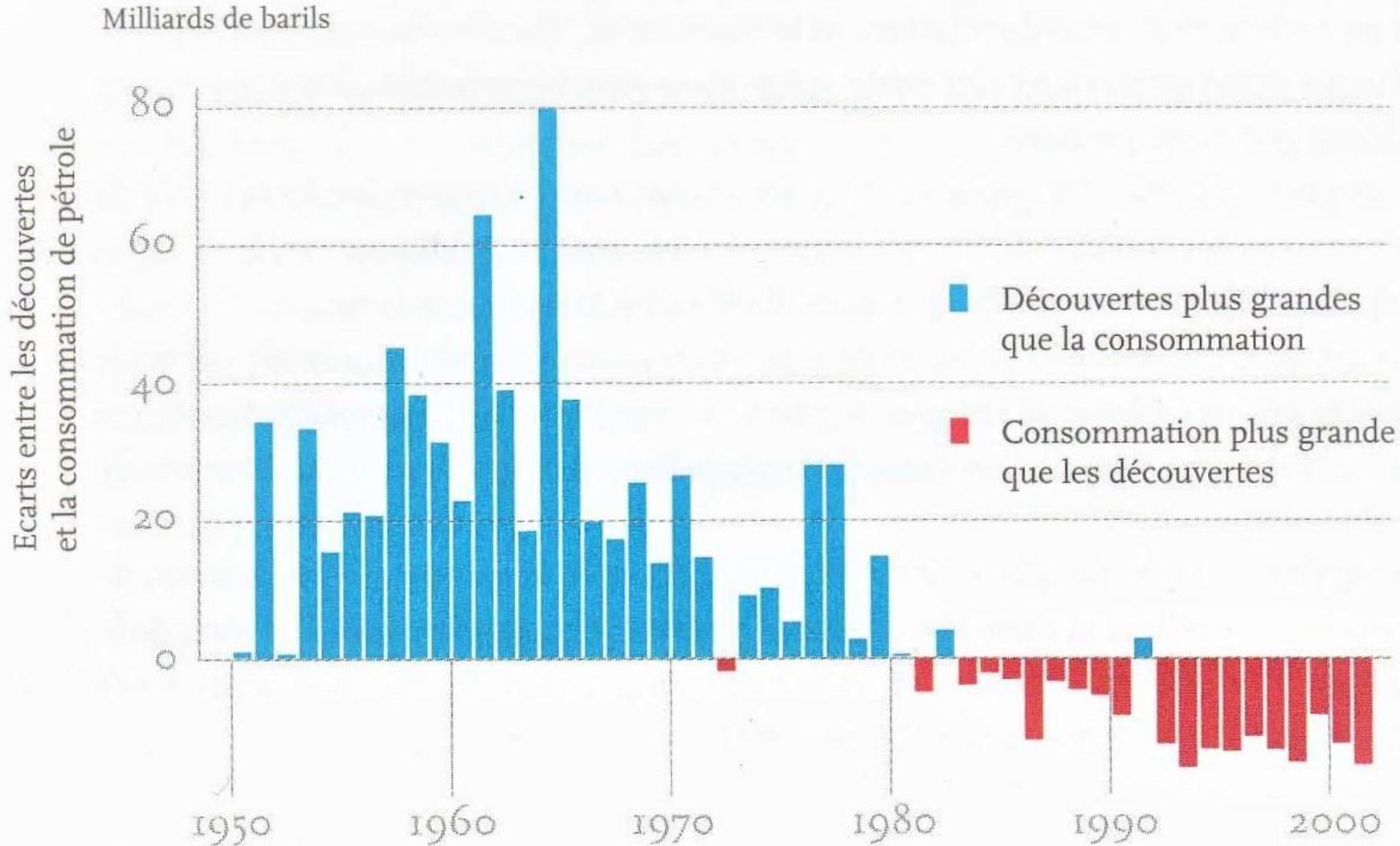


Figure 51

Le "pic pétrolier" est-il déjà derrière nous ?

[Selon l'OCDE](#)

Figure 51

A l'échelle de la décennie c'est l'épuisement de nos ressources non renouvelable qui va devenir le paramètre essentiel. Ceci dans la mesure où il faudra bien satisfaire nos besoins en énergie autrement.

Concernant le pétrole et le gaz qui lui est associé on constate que les réserves sont en voie d'épuisement avec une consommation croissante et depuis 1985 des découvertes qui deviennent faibles en regard de la consommation. Cela au détriment des prix qui inévitablement augmentent lorsque la production devient inférieure au besoin.

Les réserves de charbon

On constate sur ce graphique qu'une dizaine de pays concentrent environ 90% des réserves mondiales de charbon. Il faut savoir que pour chaque kWh produit avec le charbon c'est selon le [CIAT](#) sensiblement 4 fois plus de gaz carbonique qu'avec le gaz et 2 fois plus qu'avec le pétrole.

Si un pays en voie de développement comme les Indes, un pays qui se situe en 3ème position dans le monde en termes de consommation en énergie primaire derrière la Chine et les États-Unis, prenait exemple sur les américains et devenait aussi énergivore qu'eux, la consommation d'énergie fossile dans le monde serait sérieusement affectée. Ceci par le fait que ce pays étant sensiblement 5 fois plus peuplé que les États-Unis d'Amérique avec une consommation par habitant environ 10 fois plus faible orientée qui plus est vers le charbon, sa consommation en énergie fossile serait multipliée par 50

Quant à l'Afrique et le Niger avec sa consommation annuelle par habitant en énergie primaire voisine de 150 kWh et sa population qui va bientôt rejoindre celle des USA je préfère ne pas en parler

Figure 52

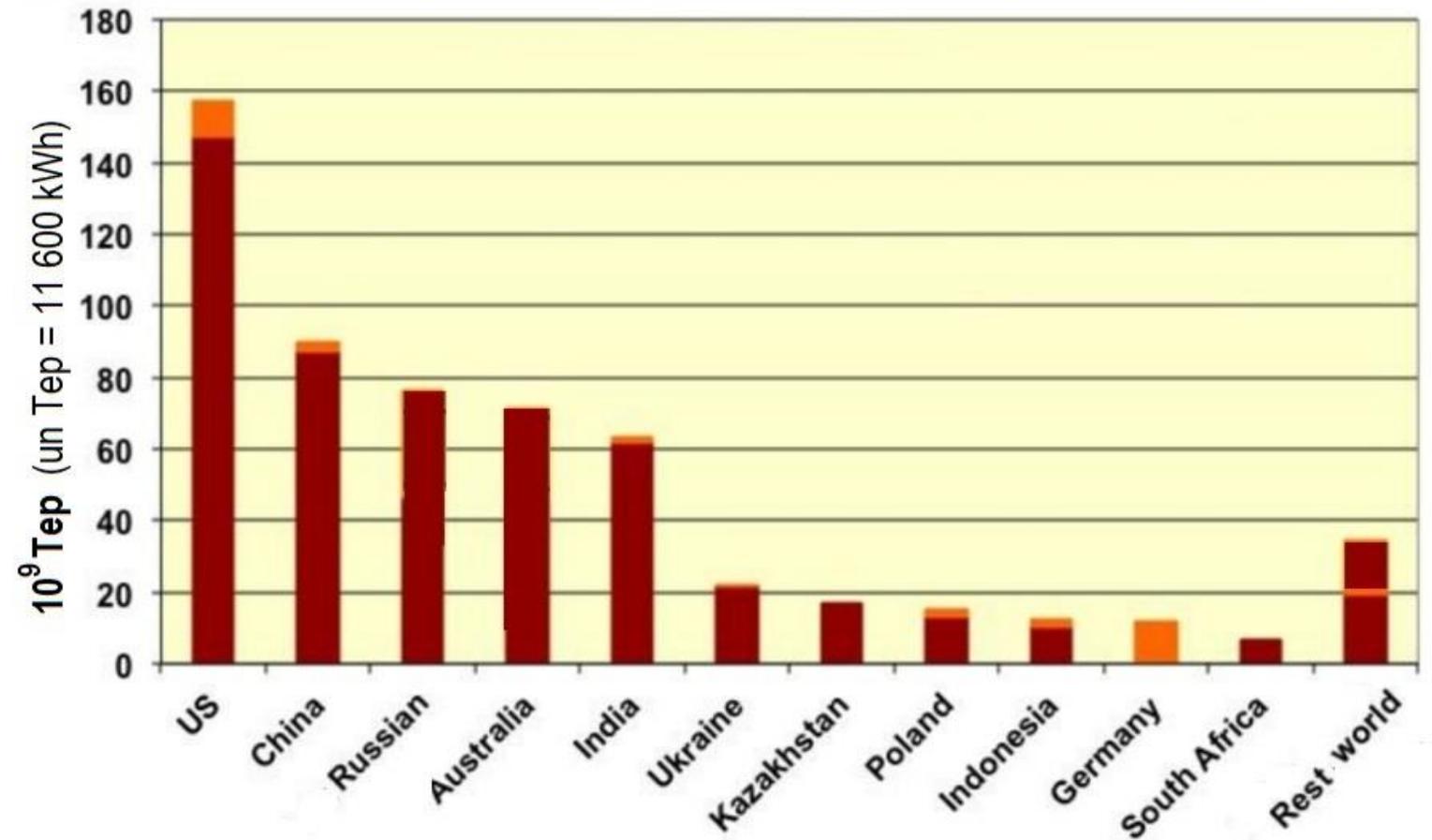


Figure 52

Le plus inquiétant serait que la transition énergétique ne se fasse pas maintenant et que pour satisfaire ses besoins en énergie homo sapiens décide de s'orienter vers le charbon, là où les réserves sont encore significatives. Ceci particulièrement pour des pays à forte population comme la Chine et l'Inde.

Quant aux USA deuxième producteur de gaz à effet de serre derrière la Chine on ne peut, vu ses réserves très importantes de charbon, qu'être rassuré par la mise en place de la nouvelle présidence américaine favorable aux accords de Paris sur le climat et son intention d'investir 2000 milliards d'€ pour atteindre un peu avant la Chine la neutralité carbone en 2050.

*Le monde ne sera pas détruit par ceux qui font le mal mais par
[ceux qui les regardent sans rien faire](#). Albert Einstein*