

Ce qu'il serait bon que tout citoyen ait présent à l'esprit sur **L'avenir CLIMATIQUE**

Ce document est largement inspiré des livres de Jean-Marc Jancovici :
L'Avenir Climatique, quel temps ferons-nous ? et *Le plein, s'il vous plaît !* (Ed du Seuil).

Les chiffres, les raisonnements et les références sont tous repris sur le site très abordable

www.manicore.com

Introduction et mise en garde :

Il y a deux ans, la lecture de L'Avenir Climatique a changé ma vie (!), il m'a semblé utile d'en divulguer le contenu aussi largement que possible. Un document écrit de quelques pages est, à mon sens, un bon vecteur de l'information. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'il ne peut constituer qu'une *invitation à aller se renseigner plus largement*, notamment via le site www.manicore.com. La complexité du sujet rend illusoire de l'aborder de façon rigoureuse et exhaustive. Ce document ne cherche qu'à vous informer sur le sujet, en vous donnant **les ordres de grandeur** des phénomènes en jeu.

Libre à vous de faire diffuser ce document, il sera plus utile qu'un mailing habituel... puisse-t-il être autant diffusé !

L'Homme influence le climat terrestre. La température moyenne de la Terre va augmenter de quelques degrés Celsius (dans les décennies à venir) et cette augmentation, qui peut paraître minime, va avoir de graves conséquences sur les sociétés humaines. Ainsi, 5 à 7°C seulement, en moyenne sur la planète, nous « séparent » de la dernière glaciation (il y a 10 000 ans)! Lors de cette glaciation, le niveau des eaux était 120 mètres plus bas, le Canada et les pays scandinaves, enfouis sous plusieurs kilomètres de glace... « Quelques degrés en moyenne » constituent donc un changement d'ère climatique !

Il ne s'agit pas de croire que ce nouveau sujet soit le fait d'un certain nombre d'illuminés convaincus que l'Apocalypse est proche. Il est **démonstré** que le changement à venir (et qui se fait sans doute déjà sentir) se déroulera à **grande échelle** et qu'il s'installera en **augmentant notamment les instabilités** (plus d'inondations et de sécheresses, plus de maladies des pays chauds sur le globe, plus de canicules et sans doute plus d'ouragans, moins de poissons, beaucoup de difficultés dans l'agriculture, etc.). L'Homme devra donc faire face à des situations inédites tant par leur violence que par la cadence à laquelle celles-ci vont apparaître et se répéter. Personne ne peut assurer que « l'économie mondiale » telle que nous la connaissons survivra, ni prédire les conséquences sociales et militaires des déséquilibres politiques qui en résulteront...

Voici en substance le développement que nous allons suivre :

1 - **Quels sont les indicateurs du changement climatique ? les données sont-elles fiables ? Les modèles pour le climat à venir sont-ils crédibles ?**

2 - **Quelles peuvent être les conséquences d'un réchauffement de la planète ?**

3 - **Quelles sont les activités à l'origine du réchauffement de la planète ? Dans quelles mesures notre vie quotidienne participe à ce réchauffement ?**

4 - **Quels seraient les efforts à fournir pour limiter la brutalité et l'ampleur des changements à venir ? À chacun ensuite de juger si ces efforts seraient tolérables !**

SOMMAIRE

I.	L'ÉVOLUTION DU CLIMAT, PASSÉE ET PRÉSENTE	3
A.	D'OÙ VIENNENT LES INFORMATIONS ?	3
B.	LE CLIMAT VARIE NATURELLEMENT	3
C.	LES GAZ À EFFET DE SERRE ET LEUR POUVOIR DE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL	3
D.	LES STATIONS MÉTÉO DU PASSÉ	5
E.	LE CHANGEMENT D'ORDRE DE GRANDEUR	7
II.	S'AGIRA-T-IL SIMPLEMENT DE METTRE UNE CASQUETTE ?	8
A.	LES MODÈLES CLIMATIQUES ET LEURS CONCLUSIONS	8
B.	LES RÉTROACTIONS	10
C.	RISQUES RÉELS OU CRAINTES EXCESSIVES ?	12
1.	<i>Quelques « scénarii » consécutifs à un réchauffement</i>	12
2.	<i>Surprises !</i>	13
a)	La Sibérie, une verte prairie ?	13
b)	Destockage dans les océans et les réservoirs de carbone terrestre	13
III.	QUI EST RESPONSABLE ?	15
A.	QUELLE COMPTABILITÉ ?	15
B.	À QUOI ATTRIBUER NOS ÉMISSIONS ?	16
C.	ET EN VALEUR ABSOLUE ?	17
IV.	DANS QUEL MONDE VOULONS-NOUS VIVRE ?	20
A.	LES ACCORDS INTERNATIONAUX	20
B.	SAUVÉS PAR LA TECHNIQUE ?	20
C.	UN POINT SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES	21
D.	LE NUCLÉAIRE CIVIL : LE DIABLE OU LE SALUT ?	24
E.	VIVE LA TAXE !!	26
F.	LE BILAN CARBONE	30

I. L'évolution du climat, passée et présente

A. D'où viennent les informations ?

1988 : Création du **GIEC** (Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, en anglais : IPCC), placé sous l'égide des Nations Unis. Le rôle du GIEC est "d'expertiser l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme". Il ne s'agit donc pas de produire de l'information - qu'un lobby ou un pays pourrait influencer - mais de dégager ce qui fait l'unanimité d'un point de vue scientifique.

L'information est donc parfaitement sûre :

- *Toutes les publications du GIEC sont approuvées à l'unanimité, ligne à ligne par les Etats Membres des Nations Unis (chaque pays dispose d'une voix).*
- **Tout scientifique** peut soumettre au bureau du GIEC une étude sur un sujet connexe au réchauffement climatique qui devra l'expertiser et se prononcer sur sa validité : inclure les résultats et ou commentaires s'ils sont fondés, dire pourquoi ils sont rejetés le cas échéant.

B. Le climat varie naturellement

La Terre connaît des périodes « chaudes » (comme actuellement) et des périodes « glaciaires » qui se succèdent. Le rythme est environ le suivant : 100 000 ans de glaciations puis 10 000 à 20 000 ans de période chaude. Trois phénomènes astronomiques sont à l'origine des variations de climat observées dans le passé. Pour plus de détails, se référer à Gros temps sur la planète (Jean-Claude Duplessy et Pierre Morel, éditions Odile Jacob)

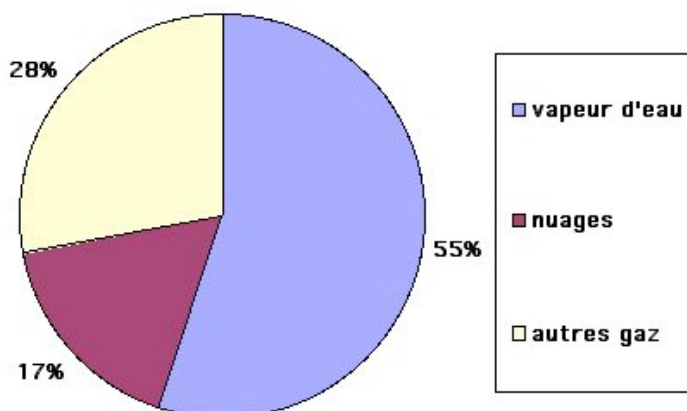
C. Les gaz à effet de serre et leur Pouvoir de Réchauffement Global

La plupart des matériaux et des gaz ont la propriété de ne pas être « aussi transparents » pour tous les rayonnements. Ainsi, le rayonnement solaire (qui est principalement visible) peut traverser l'atmosphère, mais c'est moins le cas pour le rayonnement infra-rouge (invisible, émis notamment par les êtres vivants et la Terre dans son ensemble) on parle alors d'« **effet de serre** ». En quelque sorte, l'énergie peut rentrer dans le système Terre-Atmosphère, mais une fraction significative y reste piégée. Certains gaz, présents souvent en très petite quantité, sont responsables de cet effet.

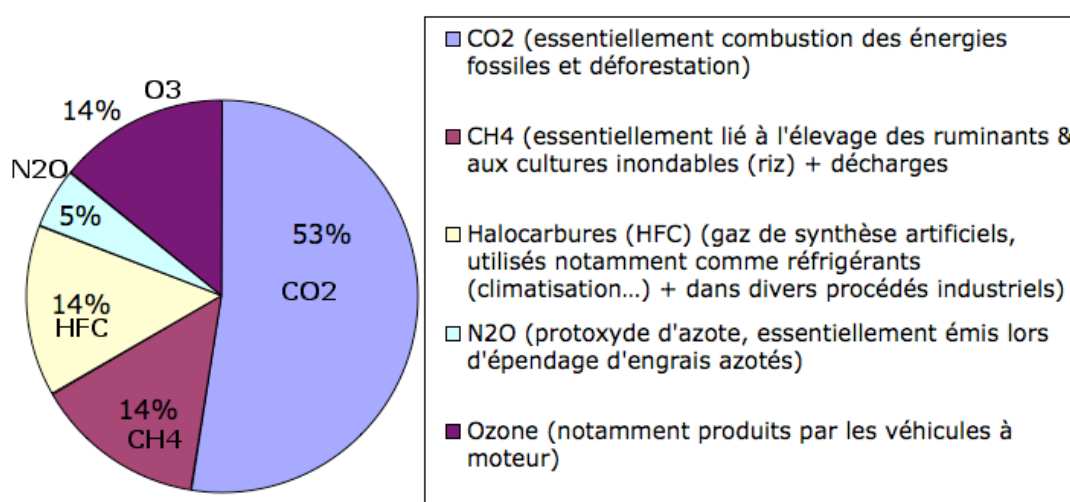
Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau, le gaz carbonique (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), ainsi que différents gaz de synthèse que nous aborderons plus loin. Leur présence est fondamentale pour la vie sur Terre : la température moyenne à la surface de notre planète est de 15°C aujourd'hui ; sans l'effet de serre, elle serait de -18°C !

Les scientifiques ont réussi à caractériser le **pouvoir de réchauffement global** de chacun de ces gaz. Ce PRG n'est pas absolu, dans la mesure où il dépend, entre autres, de la durée d'observation. Ainsi, un kg de CO₂ libéré dans l'atmosphère aura disparu dans 120 ans environ, en revanche, un kg de HFC (gaz de synthèse, utilisé dans les systèmes de climatisation par exemple) ne sera détruit qu'au bout de plusieurs milliers d'années. L'effet des HFC sera donc d'autant plus important que la période d'observation sera longue, ce qui n'est pas le cas pour le CO₂ dont l'effet réchauffant ne fonctionnera plus au-delà de 120 ans environ. Cela étant dit, le PRG d'un gaz est une donnée suffisamment représentative pour être utilisée. Le PRG s'exprime en « grammes équivalent carbone » : on compare le pouvoir réchauffant à celui d'une masse de CO₂ contenant 1 g de carbone, pendant 100ans.

Enfin, il s'agit de bien distinguer les contributions humaines (ou **anthropiques**) et **naturelles** à l'effet de serre. La contribution humaine est très faible (environ 2% de l'effet de serre naturel) au regard de l'effet de serre naturel, mais suffisante pour déstabiliser et déplacer le fragile équilibre.



Répartition des **contributions à l'effet de serre** des différents gaz présents dans l'atmosphère : l'eau, sous toutes ses formes, en représente les 3/4. La partie "autres gaz" est essentiellement due au gaz carbonique ou CO₂. Source : [GIEC](#)

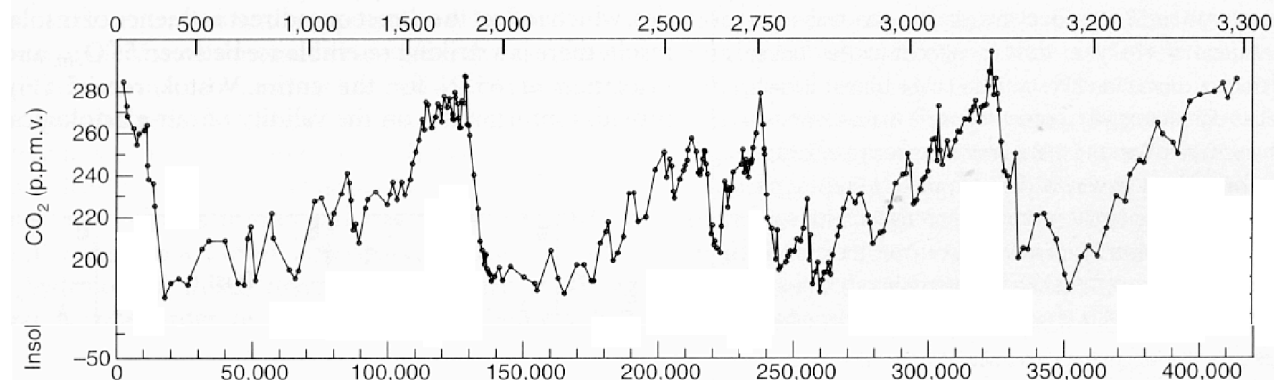


Répartition des contributions anthropiques à l'effet de serre, par gaz

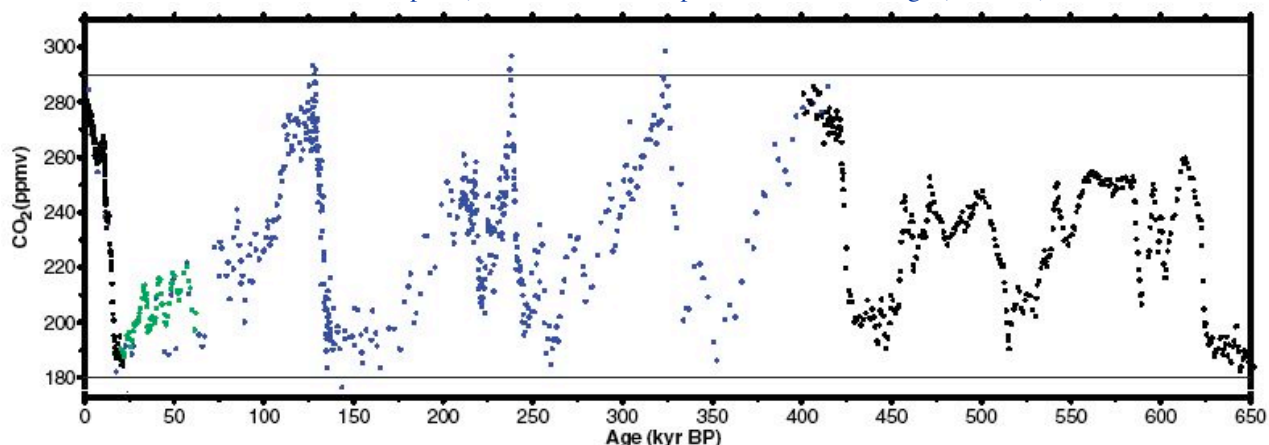
Source : www.manicore.com/documentation/serre/gaz.html

D. Les stations météo du passé

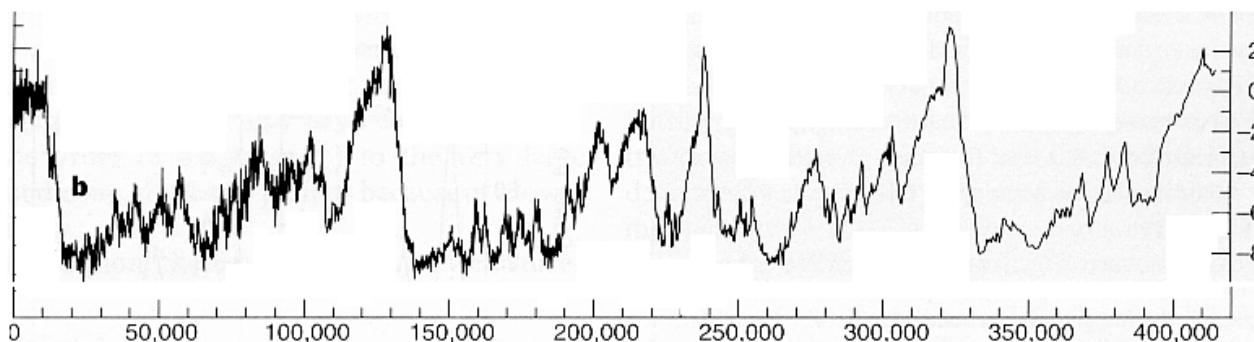
Les plus vieux morceaux de glace présents sur Terre datent d'environ 800 000 ans. Ils reposent sous des kilomètres de glace, de moins en moins vieille à mesure que l'on se rapproche de la surface. Ces véritables archives glaciaires retiennent notamment des bulles d'air emprisonnées. Grâce à l'étude de cet air préhistorique, les paléoclimatologues déterminent, avec une précision convenable, la température de la Terre ainsi que la composition en gaz à effet de serre de l'atmosphère lors de la formation de la glace étudiée. Voici les évolutions sur 400 000 ans et 650 000 ans :



Variations des teneurs de l'atmosphère en CO₂ sur 400.000 ans, tirée du forage de Vostok (Sibérie). Petit & al, Nature, Juin 1999
L'échelle de gauche donne les concentrations, celle du bas l'âge en années (attention ! plus on va vers la droite et plus on remonte dans le passé), et celle du haut la profondeur du carottage (en mètre).



Variation des teneurs de l'atmosphère en gaz carbonique sur 650.000 ans tirée du forage EPICA (Antarctique). On constate aisément que de -400.000 ans à -650.000 ans le CO₂ n'a pas varié plus fortement que pendant les 400.000 ans qui ont suivi.
Siegenthaler, Stocker et al., Science, 2005 <http://www.manicore.com/documentation/serre/anthropique.html>



Évolution, sur les 400.000 dernières années, de la température moyenne de l'Antarctique. Le 0 de l'axe vertical de droite correspond à la valeur actuelle. Cette variation de température est légèrement plus élevée que celle de la planète dans son ensemble. Source : Petit & al., Nature, Juin 1999

Le fait que les oscillations soient plus importantes à gauche (donc récemment) tient à la meilleure précision des mesures quand on se rapproche de l'époque contemporaine.

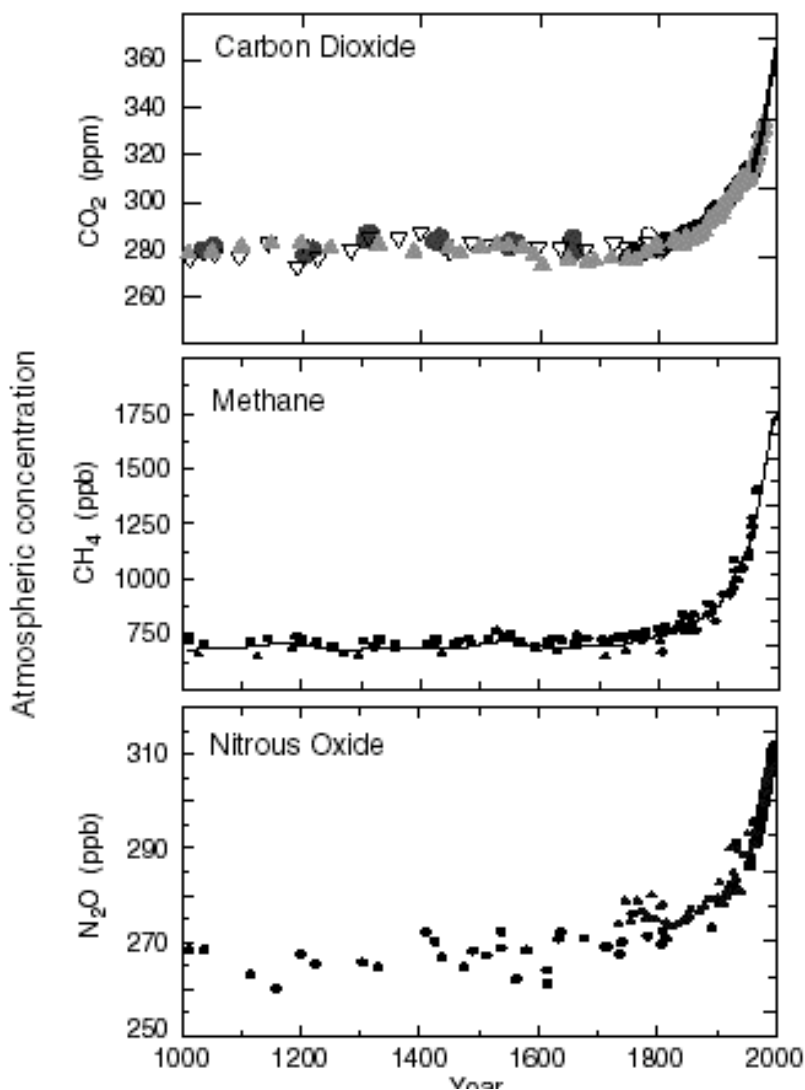
Source : [LSCE](http://www.lsce.cea.fr) (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement www-lsce.cea.fr)
<http://www.manicore.com/documentation/serre/passe.html>

Il apparaît clairement que les quantités de gaz à effet de serre et la température sont étroitement liées. Si ce genre d'informations n'indique pas qui est le précurseur de l'autre (est-ce la hausse des températures qui fait augmenter la quantité de CO₂ ou l'inverse ?), il est relativement aisé de calculer, à partir d'une concentration donnée de gaz à effet de serre, l'effet radiatif qui vient compléter l'apport direct du soleil.

Ainsi, les graphes précédents permettent-ils d'illustrer l'impact de fluctuations de la concentration en CO₂ (typiquement entre 200 et 280 parties par millions en volume ou ppmv) sur la température moyenne de la Terre.

Enfin, notons tout de suite que depuis l'époque où nos ancêtres affrontaient des mammoths en Provence, où il était possible d'aller en Angleterre à pied car les océans étaient 120 mètres plus bas et où le sol de France, gelé une bonne partie de l'année, était impropre à l'agriculture, depuis cette époque où le Canada et la Scandinavie n'existaient pas encore car recouverts par 3 km d'épaisseur de glace, la température moyenne n'a grimpé que de 5 à 7°C !! Et cela s'est fait en plusieurs milliers d'années. Le changement en cours est donc d'une magnitude potentielle identique à un véritable changement d'ère climatique, et 20 à 50 fois plus rapide (encore une fois, les ordres de grandeur sont fondamentaux : il est très différent de rentrer dans un mur à 3 km/h (cela vous est peut-être déjà arrivé !) et à 150 km/h (cela ne vous est très certainement pas arrivé...)).

Ainsi, l'augmentation actuelle des concentrations est bien une source de réchauffement préoccupante, d'autant plus que la tendance n'est pas à la baisse !

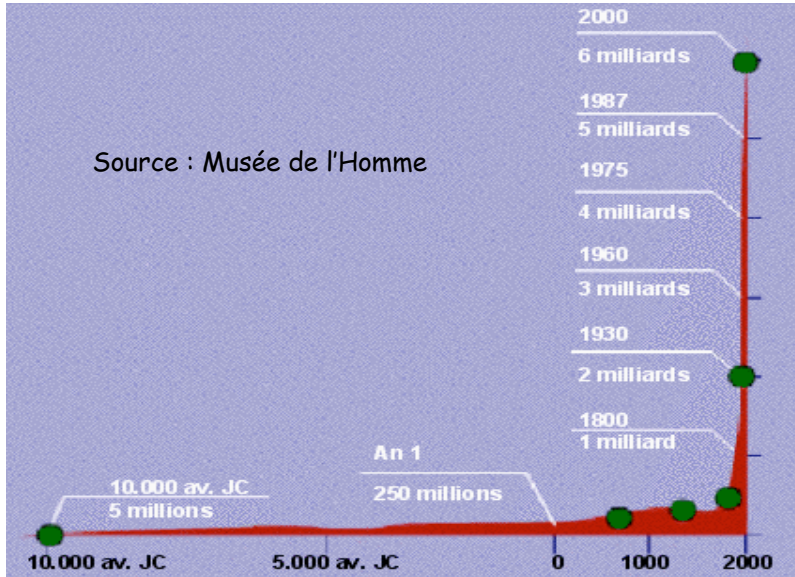


Variation des teneurs de l'atmosphère en gaz à effet de serre depuis 1750. (GIEC, 2001)

Les résultats proviennent de l'analyse des bulles d'air mesurées dans la glace (Blunier et al., 1993 ; Etheridge et al., 1996) et, pour les années postérieures à 1958, de mesures directes..

E. Le changement d'ordre de grandeur

Le problème principal du réchauffement climatique tient dans le changement d'ordre de grandeur des phénomènes en jeu. Depuis que l'homme existe, il fait des feux (qui accélèrent le cycle du carbone), il cultive, il modifie son environnement... Mais aujourd'hui ce n'est plus tenable.



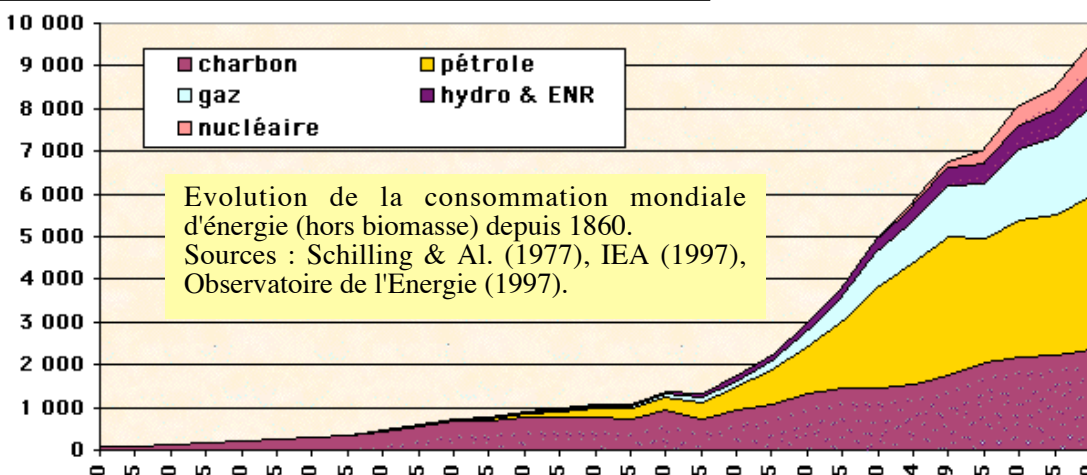
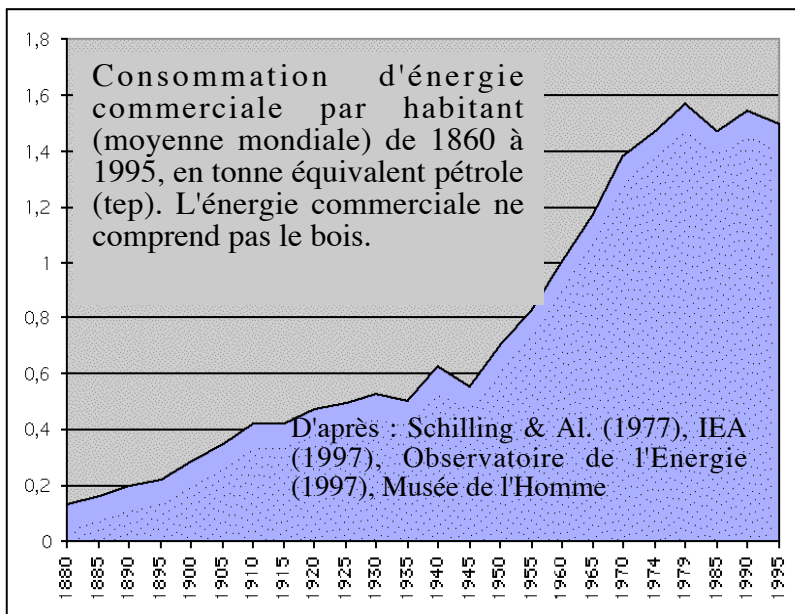
Le premier changement d'ordre de grandeur est celui de la **population mondiale**. Le graphique ci-contre parle de lui-même...

Le second correspond à la croissance de **l'énergie primaire consommée par terrien**.

La stabilisation observée depuis 30 ans ne provient que du fait que la population dans les pays moins développés a cru plus vite que celle des pays développés (voir le graphique suivant).

Il serait possible d'énumérer d'autres comportements dont l'évolution exponentielle se révèle rapidement problématique. Nous arrêtons là ce point.

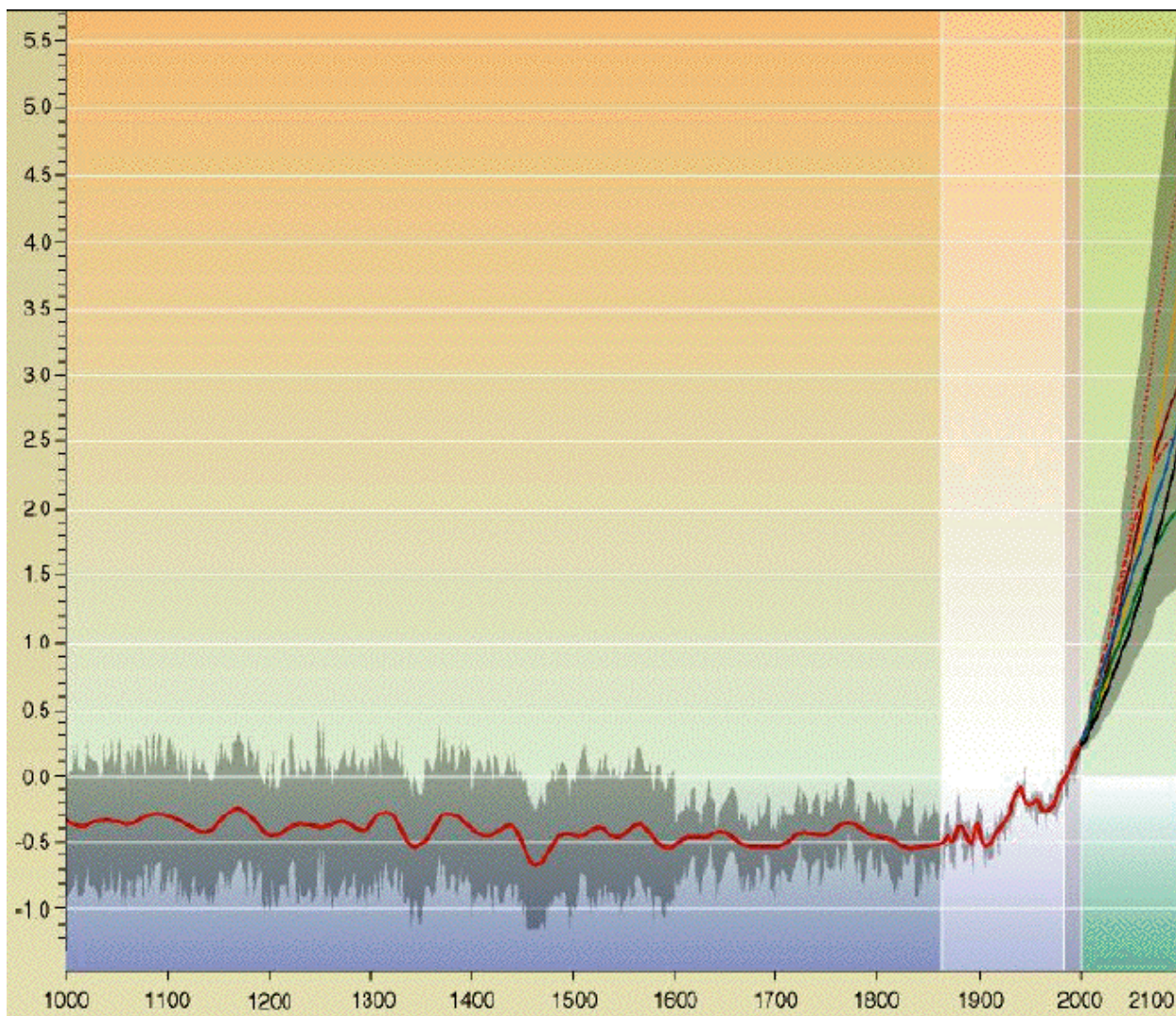
Le graphique des consommations d'énergie primaire au niveau mondial révèle un aspect intéressant : jamais une nouvelle source d'énergie (pétrole, gaz, nucléaire, renouvelable, etc.) n'a remplacé une source existante : chaque nouvelle source possède sa croissance propre.



II. S'agira-t-il simplement de mettre une casquette ?

A. Les modèles climatiques et leurs conclusions

À l'aide d'ordinateurs de plus en plus puissants, les climatologues reconstituent le climat passé et son évolution. Ils peuvent ainsi prédire, sur la base de différentes hypothèses (concernant les émissions de GES futures notamment...), l'évolution, entre autres, de la température et de la pluviométrie **moyennées** sur de grandes régions. Les modèles calculent aussi l'évolution de la **variabilité**, à la fois géographique et temporelle, de ces grandeurs. Les résultats de ces simulations convergent toutes sur au moins un point : les émissions de GES anthropiques sont à l'origine d'une élévation de la température moyenne terrestre (il ne peut pas en être autrement) et cette augmentation est très significative puisqu'elle se situera **au minimum à plus de 2°C en plus en 2100 par rapport à 1900.**



Mise en perspective de la température reconstituée ou mesurée, de l'an 1000 à l'an 2000, et des élévations possibles au XXIe siècle.

Ce qui est représenté n'est pas la température moyenne de la planète, mais la différence de cette température moyenne avec la moyenne de l'année 1990. Ainsi, en l'an 1860, il a fait 0,5 °C de moins (moyenne mondiale) qu'en 1990.

La température des années 1000 à 2000 est matérialisée par la courbe rouge. La zone grisée représente la marge d'incertitude pour les périodes anciennes, pour lesquelles les températures ne sont pas mesurées - il n'y avait pas de thermomètres partout à ces époques ! - mais reconstituées à partir de prélèvements, dans la glace, les fonds marins, les coraux, les troncs d'arbre....

Pour les années 2000 et au-delà, le graphique représente la réponse donnée par modèles, en fonction des [scénarios d'émission](#) de gaz à effet de serre pour le XXIe siècle. Chaque courbe de couleur correspond à un même scénario, appliqué à un ensemble de 15 modèles différents, et dont on a représenté la moyenne tous modèles confondus. L'enveloppe foncée matérialise les extrêmes, c'est-à-dire l'écart entre la plus petite élévation, pour les émissions les plus faibles et le modèle le moins "réactif", et l'élévation maximale, obtenue avec le scénario "haut" pour les émissions et le modèle le plus "réactif".

Dans tous les cas de figure, l'évolution est beaucoup plus brutale que ce à quoi la variabilité naturelle du climat nous a habitués. Et ces projections ne tiennent pas compte du possible [dérèglement du cycle du carbone](#) (voir plus loin !).

Enfin, il semble utile de rappeler que seulement 5°C de température moyenne nous séparent de la dernière ère glaciaire...

Source : [Climate Change 2001](#), the scientific basis, [GIEC](#), 2001

www.manicore.com/documentation/serre/augmentation.html

B. Les rétroactions

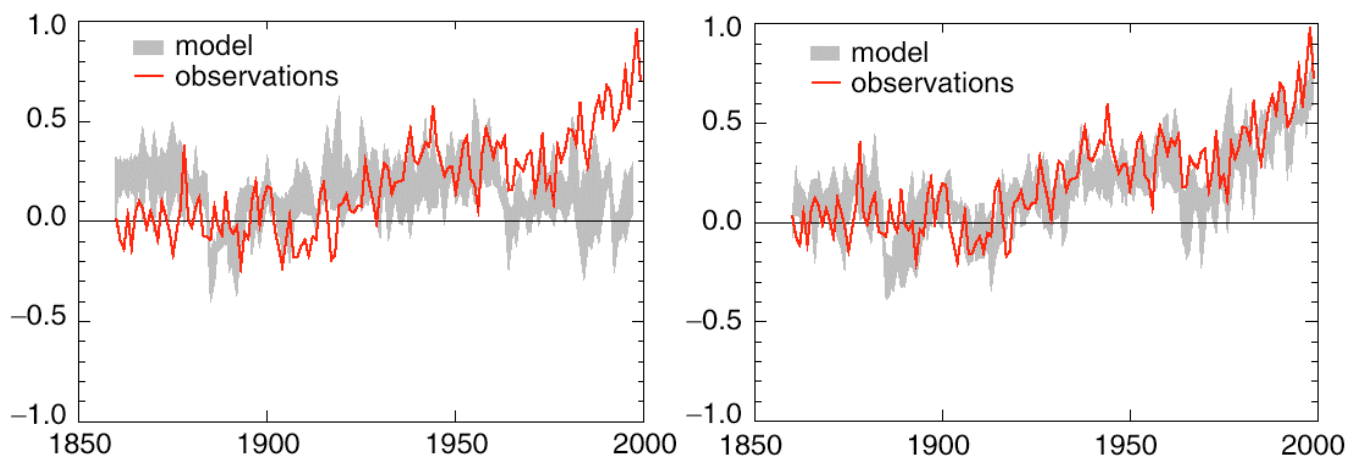
Différents mécanismes réagissent en permanence aux évolutions de températures et conduisent à alimenter le réchauffement ou bien à ralentir son effet. On parle dans le premier cas de **rétroaction positive** et dans le second de **rétroaction négative**. Pour avoir une idée de la complexité des modélisations climatiques, il est utile d'en mentionner quelques-unes ici.

Les nuages sont ainsi un bon exemple : un réchauffement va conduire à plus d'évaporation et donc plus de nuages. En basse altitude, un nuage (plus blanc que le sol qu'il cache au soleil) va réfléchir la lumière et ainsi refroidir le système. En haute altitude, les nuages (qui sont des amas de molécules d'eau) sont de puissants contributeurs à l'effet de serre ! Il n'est donc pas aisé de déterminer leur action globale.

L'océan est actuellement un « puit » de carbone important. Les eaux de surface captent du CO₂ qui se dissout dans l'eau pour être ensuite, soit assimilé par des micro-organismes (le phytoplancton notamment), soit conduit vers les fonds marins par les grands courants marins. Cependant, une augmentation de la température diminue la capacité de dissolution du gaz carbonique dans l'eau, ce qui fait que le puit est moins efficace (et donc que la température monte plus vite encore). Nous verrons dans le paragraphe « surprise » que l'effet peut même s'inverser ! L'océan se transformerait alors en source de gaz carbonique.

La végétation possède un double effet : plus de CO₂, une température plus élevée et plus d'humidité (3 manifestations d'un réchauffement climatique) vont être favorables à une croissance plus intense de la végétation, ce qui va constituer un puit de carbone lors de l'augmentation de la masse végétale. En revanche, si les variations de température et d'hygrométrie (les pluies) sont trop brusques, les écosystèmes n'y résisteront peut-être pas par endroits, ce qui peut conduire à une disparition de certaines forêts et donc à une émission importante de gaz carbonique. L'exemple le plus marquant concerne les feux de forêts : l'année 2003 a vu brûler entre 3 et 4 fois plus de surface de forêt que la moyenne annuelle des 10 années précédentes ! Si les canicules se renouvellent (ce sur quoi les prévisions convergent), il n'est pas exclu que la surface des forêts en France diminue. **Enfin, il a été récemment démontré que sur l'ensemble de l'année 2003, l'ensemble du sol européen avait rejeté du CO₂ (d'habitude, les écosystèmes terrestres captent environ un sixième des émissions humaines) : si ce phénomène se renouvelait trop souvent, cela réduirait à néant nos efforts de lutte contre le réchauffement... Mais le pire n'étant jamais sûr, ce n'est pas une raison suffisante pour se laisser aller ! La réponse climatique sera d'autant plus importante que nous irons loin dans l'injection de GES dans l'atmosphère !!**

Il existe d'autres rétroactions illustrant la difficulté des simulations. Cependant, ces dernières ont fait d'énormes progrès et arrivent de mieux en mieux à reproduire l'évolution du climat depuis 1860 jusqu'à aujourd'hui. Cette période de test des modèles climatiques est bien pratique : on connaît le scénario (principalement les émissions de GES au cours de la période) et l'on peut comparer les résultats du ou des modèles avec la réalité (les températures et les précipitations) puisqu'elle a été enregistrée. **Les différents modèles retenus par le GIEC ont montré leur fiabilité (ainsi que les marges de précisions associées) sur de tels tests.**



Sur les graphiques ci-dessus, on a superposé l'évolution de la température moyenne obtenue par les mesures (en rouge) depuis 1860 et de celles obtenues par les modèles (en gris) :

- à gauche, ce que donnent les modèles **sans tenir compte** des émissions humaines de gaz à effet de serre,
- à droite, ce que donnent les modèles **en tenant compte** des émissions humaines de gaz à effet de serre et d'aérosols.

Outre le fait que les modèles reproduisent à peu près fidèlement les évolutions globales si l'on tient compte de tous les paramètres, il est évident que les modèles ne savent pas reproduire l'évolution des températures sans faire intervenir les émissions d'origine humaine : le réchauffement observé depuis 30 ans semble bien être, avec une probabilité très faible de se tromper, le début de l'influence de l'homme sur le climat.

Source : [GIEC, 2001](#)

Les **aérosols** (poussières, SO_x, etc...) sont principalement émis par la pollution industrielle (centrales au charbon...) ou par la combustion de mauvais carburants (essence soufrée par exemple). Les aérosols ont tendance à refroidir la Terre. Cela se voit très bien sur la courbe rouge (mesures des températures) dans le début de la deuxième moitié du XXe siècle. Le refroidissement (tout au moins le ralentissement de la tendance de réchauffement) observé est lié aux émissions d'aérosols de nos sociétés d'alors, peu soucieuses de la pollution locale. Ce refroidissement *temporaire* (contrairement aux gaz à effet de serre, les aérosols ont une durée de vie de quelques jours) a masqué environ 1/3 du réchauffement du XXe siècle. Les nouvelles normes sur les carburants ou les centrales thermiques nous privent donc de ce « réfrigérant ». Les experts estiment que pendant environ 50 ans sans doute, les pays en voie de développement émettront suffisamment d'aérosols (la Chine ou l'Inde n'imposent pas les normes occidentales à leur industrie) pour masquer une partie du réchauffement. Mais cela ne veut dire qu'une chose : le problème est plus grave que ce que nous mesurons actuellement !

C. Risques réels ou craintes excessives ?

1. Quelques « scénarii » consécutifs à un réchauffement

Rappelons-le encore une fois, les activités humaines engendrent des émissions de GES qui réchauffent notre planète. Ce réchauffement n'est pas uniforme ni continu. Les évolutions représentent de grandes disparités suivant les régions. Ainsi les zones proches des pôles vont nécessairement plus se réchauffer que les autres. En effet, le mécanisme d'effet de serre fonctionne mieux au-dessus de la terre que de l'eau car l'eau capte moins d'énergie solaire que le sol, l'inertie thermique de l'eau étant plus importante (l'eau va moins se réchauffer la journée et moins se refroidir la nuit : il y a donc moins d'échange via le rayonnement en ce qui concerne une masse d'eau qu'une masse de terre). Au niveau des pôles il n'y a pas d'océan ce qui conduit à un réchauffement plus important. De plus, en ce moment (et depuis des milliers d'années !) l'hiver est plus rigoureux en Antarctique qu'en Arctique car la terre est plus loin du soleil en juin-juillet qu'en janvier-février, ainsi, le réchauffement se fera-t-il sentir davantage au pôle Nord dont la température devrait monter d'au moins 5°C d'ici 100 ans !

Cet exemple illustre l'hétérogénéité avec laquelle ce réchauffement prend place. Ce point est fondamental car il n'est pas du tout équivalent d'avoir une température moyenne l'été de 40°C et de -10°C l'hiver qu'une température stable à 15°C toute l'année ; de même, si les pôles se réchauffent de 10°C mais que l'équateur ne voit pratiquement pas sa température bouger, il y aura plus de dégâts que si la température évoluait de la même façon en tout point (les glaces vont fondre beaucoup plus vite, faisant monter le niveau des eaux plus rapidement...).

Le réchauffement va avoir des conséquences importantes : une eau 2 à 3°C plus chaude tue les **coraux** qu'elle abrite, faisant ainsi disparaître un important foyer de vie pour la **faune aquatique** déjà mise à mal par les pêches industrielles.

La dilatation de l'eau, puis la fonte des glaces vont faire **monter le niveau des eaux** d'au moins une fraction de mètre (jusqu'à un mètre) d'ici à 2100. Ce point est problématique car il s'accompagnera notamment de plus de raz-de-marée. Aujourd'hui, 50% de la population mondiale vit proche de côtes et, rien qu'au Bangladesh, ce sont plus de 60 millions de personnes qui seraient délogées par les flots, allant sans doute déstabiliser grandement leurs voisins.

Le réchauffement s'accompagnera aussi mécaniquement d'une augmentation de la fréquence d'apparition des « **maladies à vecteur** » qui sont les maladies transmises par un insecte principalement (celui-ci constitue le vecteur de la maladie). En effet, la température détermine directement la quantité de ces insectes, même si ce n'est pas le seul facteur. Il est donc tout à fait envisageable d'observer une recrudescence très forte des cas de fièvre jaune, de dengue, de paludisme dans le sud de la France par exemple !

Mais une des plus grandes causes de déstabilisation de nos sociétés proviendra sans doute des **évolutions de l'hygrométrie**. Globalement il pleuvra beaucoup plus (car il y aura plus d'évaporation en moyenne puisqu'il fera plus chaud) mais cette évolution s'accompagnera d'une plus grande variabilité (dans l'espace et dans le temps) des pluies. Il est fort probable que des régions entières, aujourd'hui correctement arrosées, le soient beaucoup moins d'ici quelques décennies, alors que d'autres subiront d'intenses précipitations, se traduisant sans doute en inondations et lessivage des sols (en effet, un sol traditionnellement sec ne peut pas subir « impunément » de fortes variations de l'hygrométrie, n'y étant pas préparé). Que se passera-t-il si des pays entiers ne peuvent plus se nourrir à la suite de déplacements trop rapides des

surfaces cultivables ? Ce phénomène sera sans doute, de plus, très aléatoire et pourrait « créer des jaloux ». Qui peut assurer aujourd'hui que la Chine, par exemple, conservera des relations cordiales avec le reste du monde si elle doit brutalement importer la majeure partie de sa consommation agricole ? Ou encore les Etats-Unis accepteront-ils sans réagir de ne plus disposer d'assez d'eau potable, ou de voir leur « Corned Belt » rendue improductive à cause du changement climatique ?

2. Surprises !

Les scénarii du GIEC et les conséquences sociales et économiques qui en découleraient ne tiennent pas compte de crises économiques majeures qui ralentiraient la croissance. Ils ne tiennent pas compte non plus des « surprises » réservées par notre planète. Nous pouvons en citer deux qui parlent d'elles-mêmes pour le principe de précaution.

a) La Sibérie, une verte prairie ?

Récemment, Monsieur Poutine a déclaré que le réchauffement climatique n'était pas son affaire, qu'il devait d'abord sortir son pays de la crise qu'il traverse... et que, de toute façon, si la Sibérie se réchauffait de quelques degrés, personne ne viendrait s'en plaindre, bien au contraire ! En pratique, le raisonnement omet une étape. Les terres gelées de Sibérie se transformeraient en gigantesques marécages si la glace qui y est prisonnière se dégelait brutalement. Il serait peut-être possible de drainer ces territoires, comme il a été fait en France et alors les terres seraient cultivables... Jusque-là, pas de problèmes !

En revanche, des quantités gigantesques d'hydrates de méthane sont stockées dans la glace sibérienne. Il s'agit de molécules de méthane prisonnières de molécules d'eau gelées.

Ces hydrates de méthanes sont présents en très grandes quantités dans le pergélisol (le sol gelé en permanence sous les hautes latitudes). Le nord du Canada et de la Russie où règnent froid, eau ou glace et méthane (celui-ci est produit par des bactéries) sont donc d'importants réservoirs d'hydrates de méthane. L'United State Geological Survey estime que les stocks d'hydrates de méthane sont de l'ordre de 8 000 gigatonnes de carbone (c'est un ordre de grandeur), soit 2 fois le cumul de toutes les autres formes de combustibles fossiles (gaz, pétrole, charbon) présents sur terre.

Malheureusement (?), les quantités dans le pergélisol sont trop éparpillées pour espérer les récupérer. En revanche, il n'est absolument pas exclu qu'un réchauffement des hautes latitudes (et l'on a vu que c'était une évolution convergente des simulations validées par le GIEC) libère ce méthane. Les conséquences seraient une augmentation massive des concentrations en gaz à effet de serre (rappelons qu'émettre un kg de méthane revient à en émettre 23 de CO₂ !)... Là encore, personne ne peut dire à quel seuil de température (et donc de concentration) le méthane sera libéré ! Mais il est certain que lorsque cette libération commencera à avoir lieu, il sera bien trop tard pour agir.

b) Destockage dans les océans et les réservoirs de carbone terrestre

Le deuxième élément de surprise dont il faut avoir entendu parler pour bien mesurer l'urgence du problème concerne le phénomène potentiel d'inversion des flux de carbone au niveau des deux puits principaux : les océans et les écosystèmes terrestres. Aujourd'hui, sur les 6 milliards de tonnes de carbone émises annuellement par l'homme, la moitié est stockée par

l'océan (au deux tiers, soit 2 milliards de tonnes d'équivalent carbone par an) et par les écosystèmes terrestres (un tiers environ, soit un milliard), l'autre moitié s'accumule dans l'atmosphère. En effet, chaque année, aujourd'hui, l'océan émet vers l'atmosphère 90 milliards de tonnes d'équivalent carbone et en absorbe 92. Si l'on chauffe l'océan, le CO₂ s'y dissout moins bien et le puit devient moins efficace (les 2 milliards de tonnes actuellement absorbées en sus de ses propres échanges - équilibrés - avec l'atmosphère se réduisent)... Au-delà d'un certain seuil (inconnu...) l'océan va *émettre* du CO₂ à son tour, devenant un contributeur net à l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère. De même, les forêts et les prairies (qui constituent les principaux stocks de carbone terrestre) vont se dégrader si la température monte trop et trop vite. Le carbone stocké sera alors libéré massivement. Les ordres de grandeur en jeu sont immenses : l'océan échange 15 fois plus de carbone avec l'atmosphère que ce que nous émettons...

Notons aussi que le fait que la moitié de nos émissions soit aujourd'hui effacée par les écosystèmes naturels a conduit les scientifiques à promouvoir l'idée qu'une division par deux au niveau mondial de nos émissions permettrait de stabiliser la concentration en CO₂ dans l'atmosphère. Pour faire cette hypothèse, il faut espérer que la capacité d'absorption des écosystèmes va rester au moins constante sur le siècle à venir. C'est, on le verra au paragraphe III c), l'origine du « facteur 4 » recherché en France.

III. Qui est responsable ?

A. Quelle comptabilité ?

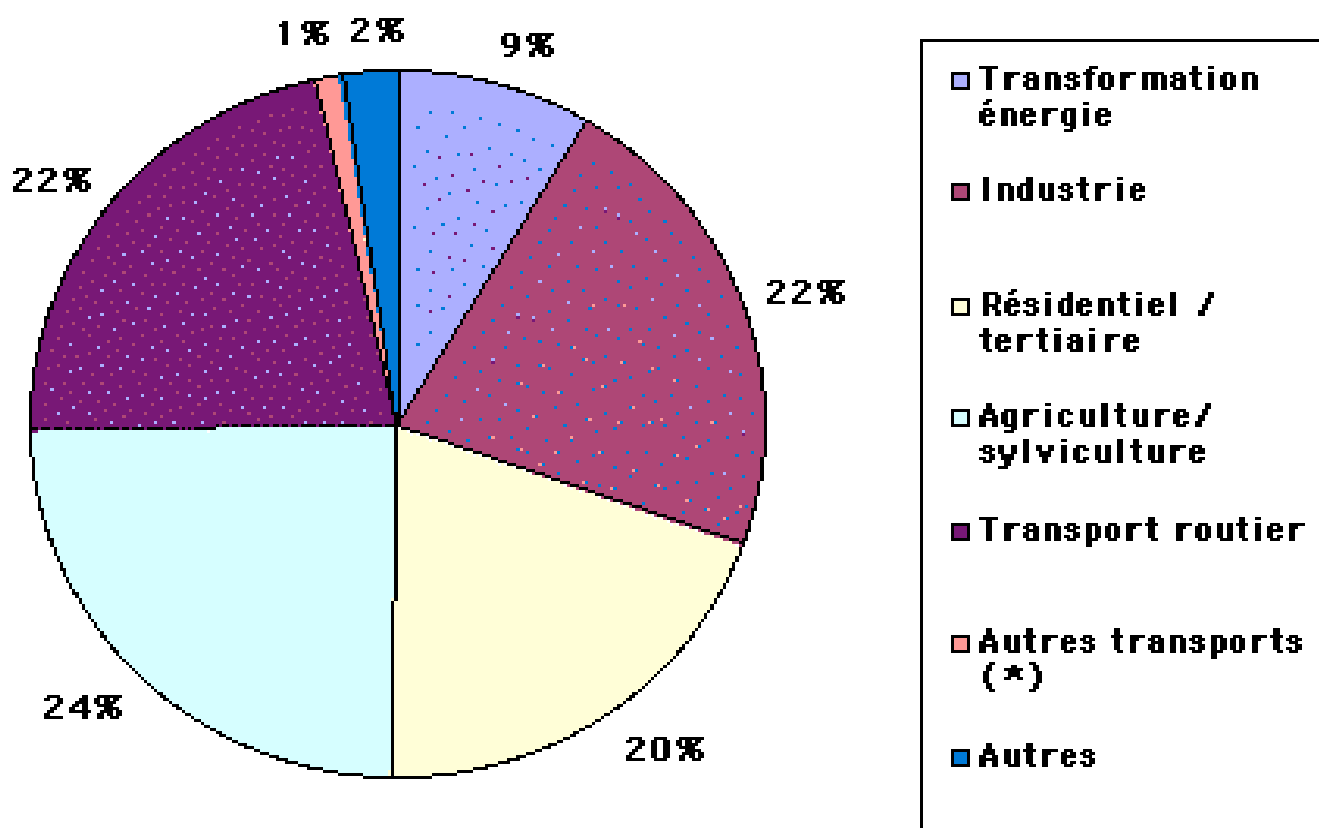
La question de l'origine des émissions humaines de gaz à effet de serre n'est pas évidente à traiter pour plusieurs raisons :

- **De nombreux gaz entrent en jeu**, le protocole de Kyoto en retient 6. Leurs pouvoirs réchauffant ne sont pas aisément comparables car ils dépendent de la durée d'observation, de la concentration initiale (car tous les gaz à effet de serre ne « piègent » pas le rayonnement infrarouge sur les mêmes longueurs d'onde : les « premières » molécules d'un GES donné émises dans l'atmosphère sont plus « réchauffantes » que les suivantes...)
- **Il faut savoir attribuer les émissions d'un producteur intermédiaire au poste de consommation finale**. Ce point est notamment fondamental pour la production électrique : considérer, dans l'inventaire des émissions, un poste unique consacré à la production électrique n'aide pas à y voir plus clair (sauf à montrer l'intérêt du nucléaire sur les centrales à gaz ou au charbon) ; en revanche, attribuer les kilowattheures (et les grammes équivalent carbone associés) à l'usage qui en est fait permet de mieux savoir quels sont nos comportements les plus dommageables pour l'environnement (à savoir, donc, ceux qui consomment le plus d'énergie...).

La littérature sur le sujet est donc parfois trompeuse car elle peut ne présenter que le CO₂ émis (et oublier le méthane, le protoxyde d'azote et les halocarbures par exemple). De même, en n'intégrant pas dans un poste donné les émissions « amonts » (liées à la construction de la voiture par exemple), mais en les reléguant au poste « autres sources » ou « industries », le camembert diminuera la part des émissions liées au transport individuel (dans cet exemple).

B. À quoi attribuer nos émissions ?

Répartition par activité des émissions en France pour l'année 2001, tous gaz à effet de serre (sauf ozone) pris en compte.



On remarque que **la première source est l'activité agricole au sens large**. Toutefois, si l'on réintègre les émissions des raffineries, de l'industrie automobile, etc, **les transports montent probablement à plus de 25%**. Cela étant, un raisonnement similaire peut s'appliquer à l'agriculture : si nous rassemblons dans un même sac tout ce qui est émis pour nous fournir de la nourriture (agriculture, mais aussi le transport, la transformation industrielle, les emballages...), alors **manger est probablement à l'origine d'un tiers des émissions environ**.

Source : [CITEPA](#), 2002

(*) Le transport aérien international n'est pas pris en compte.

La conclusion à tirer est qu'environ 1/4 des émissions est lié à notre alimentation, 1/4 à notre logement, 1/4 à nos transports et 1/4 à l'achat de biens manufacturés... Et il va falloir, en France, diviser le total par 4 !!

Qu'en est-il justement de « la limite » ?

Dans la partie agriculture, il faut savoir que la production de viande est très émettrice de gaz à effet de serre ! Un kg de bœuf consommé équivaut ainsi à l'émission liée à 100km parcourus en voiture en ville ! Cela est dû au fait qu'il faut jusqu'à 50 kg de céréales pour faire un kg de viande. La production agricole est émettrice à au moins 5 titres :

- Le CO₂ émis par les engins agricoles ;
- Le protoxyde d'azote (N₂O) émis lors de l'épandage des engrais azotés, ainsi que le CO₂ émis pour produire ces engrais (il faut beaucoup d'énergie et de gaz naturel) ;
- Les émanations des ruminants qui, en laissant fermenter leurs aliments, émettent des quantités significatives de méthane (CH₄, c'est le gaz naturel) ;
- Les cultures « inondées » comme celle du riz où la matière organique fermente aussi sous l'eau (émission de méthane) ;
- Enfin, toutes les émissions de l'industrie agroalimentaire : transports, transformation (préparation de plats individuels, congélation, etc...), conditionnement...

La partie logement est le deuxième poste des émissions globales. Les émissions de CO₂ liées au chauffage individuel (au fioul ou au gaz) sont plus importantes que celles des voitures individuelles !

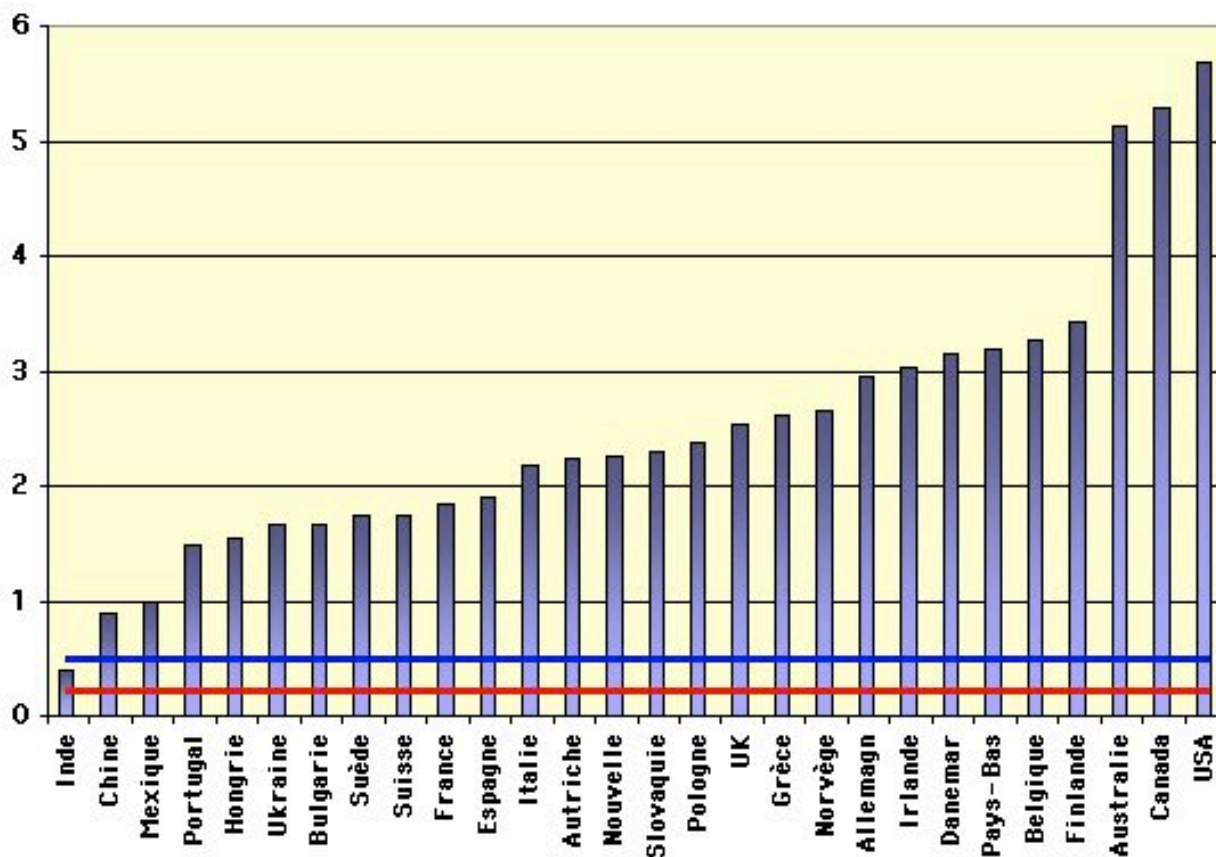
La plus grande partie de nos émissions est donc directement liée à notre comportement quotidien : que voulons-nous manger ce soir ? Accepte-t-on de devoir mettre un (ou deux !) pulls chez soi en hiver et d'ouvrir la fenêtre en été ? Exiger de l'industrie qu'elle baisse ses émissions n'est pas le comportement le plus responsable, ni le plus utile ! Sans compter, bien entendu, que nous sommes aussi responsables des produits manufacturés que nous achetons : il est évident qu'à kilomètres parcourus égaux, un 4x4 émettra plus de CO₂ qu'une Twingo (et n'aura pas transporté nécessairement plus de monde !).

C. Et en valeur absolue ?

Bien entendu, le climat se moque bien de savoir si nos émissions sont occasionnées par notre chauffage ou par nos loisirs. « 19°C chez soi est le minimum, n'est-ce pas ? », il ne faut donc pas compter les émissions de CO₂ liées à mon chauffage », cette boutade illustre bien le problème de fond du problème : nous nous sommes habitués à un confort que l'on décrit comme absolument nécessaire alors qu'il y a à peine 40 ans, la situation était toute autre ! Les gens chauffaient beaucoup moins, voire pas du tout en temps normal, personne (0% de la population française !) n'avait de congélateur ou de sèche-linge à domicile ! **Rien ne rend ce confort « naturel » ou « allant de soi »**, rien ne justifie de croire que ce développement de notre confort soit dû à tout être humain et qu'il faille tout mettre en œuvre pour le rendre abordable à chacun !

Cette répartition des émissions « attribuées à leur usage final » est à peu de choses près la même dans tous les pays développés. En revanche, lorsque l'on compare les émissions par tête d'habitant, il apparaît qu'à PNB/habitant comparable, il peut y avoir des disparités allant jusqu'à un facteur 3 entre deux pays. Les pays les plus sobres (mais c'est déjà beaucoup trop !) étant les pays fortement électronucléarisés et ayant recours de façon importante à l'hydroélectricité. Ainsi, à confort comparable, il existe de véritables variables d'action sur nos émissions. D'autre part, il est clair que la part totale des pays très fortement peuplés n'est pas négligeable.

Voici le tableau des émissions par habitant pour un grand nombre de pays.



Comparaison entre les émissions brutes de CO₂ par habitant en 1998 (CO₂ seul, sans les puits). Les deux traits horizontaux indiquent :

- la limite de 500 kg équivalent carbone par personne et par an, si l'objectif est de diviser les émissions mondiales de CO₂ par deux (voir le dernier paragraphe du chapitre II) avec 6 milliards d'hommes sur terre (trait horizontal bleu foncé)

- la limite si l'objectif est de diviser les émissions par trois, dans un monde où la population serait passée à 9 milliards d'individus (trait rouge foncé).

Vu que même les chinois sont au-dessus des deux limites indiquées, il est légitime d'attendre que chacun ait le même droit d'émission, puisqu'il n'est pas possible de dire aux plus nombreux de croître encore un peu pendant que nous diminuerions nos émissions à un niveau qui resterait supérieur au leur.

Avec les technologies actuelles, **il suffit, pour atteindre ce "droit maximal à émettre sans trop perturber le climat"** (de 500 kg d'équivalent carbone de CO₂), de **faire UNE SEULE des actions suivantes** (du point de vue du seul CO₂) :

- faire un aller-retour de Paris à New York (en avion, pas en scaphandre autonome !),
- **ou** consommer 3.200 kWh d'électricité en Grande Bretagne (ou 3.000 kWh aux USA), mais 22.000 kWh en France (grâce au nucléaire...), sachant que la consommation annuelle par Français est de l'ordre de 6700 kWh actuellement (dont 50% nous est "invisible", parce qu'il s'agit d'électricité "contenue" dans les divers produits de l'industrie ou de l'agriculture que nous achèterons ensuite).
- **ou** acheter 50 à 500 kg de produits manufacturés (soit au plus le tiers d'une petite voiture, moins s'il y a beaucoup d'électronique ou de matériaux rares).
- **ou** acheter 1,5 micro-ordinateur à écran plat,
- **ou** utiliser 2 tonnes de ciment (une maison moderne de 100 m² en nécessite 10),
- **ou** faire un peu plus de 5.000 km en zone urbaine embouteillée en Twingo, soit 6 mois de circulation en moyenne en Ile de France, et 2.500 km en gros 4x4 ou en Mercedes (en ville embouteillée aussi).
- **ou** consommer 1.000 m³ de gaz naturel (soit quelques mois de chauffage d'une maison).

Si l'on prend en compte les autres gaz à effet de serre il suffit même de :

- faire un aller simple à New York
- **ou** acheter 120 kg de boeuf avec os ou 2.000 l de lait (la vache folle est donc une excellente affaire pour le réchauffement climatique).

Faut-il retourner à l'âge de pierre ?

Il est utile de réaliser qu'un Indien pauvre de l'an 2000 vit dans des conditions matérielles infiniment meilleures que celle du Français moyen de 1800 (et pas - 10 000 ans !). À travers sa consommation énergétique, par exemple, il dispose en continu de l'équivalent de 20 esclaves ! Ce chiffre monte à 100 à 200 par Français. L'espérance de vie dans le monde descend exceptionnellement aujourd'hui sous les 50 ans, soit plus que celle du Français de 1900 !

Notre mode de vie, pour conclure, n'est pas viable. Voyons quelles pistes de sortie s'ouvrent à nous.

IV. Dans quel monde voulons-nous vivre ?

A. Les accords internationaux

Le protocole de KYOTO n'est que le premier pas à effectuer pour diviser nos émissions par 4 (12 pour les Américains !) : il consiste à imposer aux pays signataires de contenir leurs émissions annuelles en deçà des émissions de 1990 sur la période 2008-2012. C'est le seul protocole international qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre en contraignant les signataires.

Aux États-Unis, de nombreux états, villes, grandes entreprises, associations de citoyens ou d'investisseurs institutionnels réclament avec insistance une réglementation fédérale sur le sujet. Gageons que les prochaines élections présidentielles américaines (2008) seront fortement marquées par ce thème fondamental !

Il est clair aujourd'hui que le principal frein au développement de projets de réduction des émissions est le manque de visibilité des législations à venir. S'il apparaît évident que les gouvernements et les citoyens ne vont pas indéfiniment se voiler la face et que des mesures fortes vont être prises (espérons que ce ne sera pas trop tard !), on ne peut blâmer les entreprises, les collectivités et les citoyens pour leur manque d'investissement (entre autres, financier) dans la réduction des émissions lorsque les pénalités à venir sur ces émissions ne sont pas connues.

Ma conviction est que le jour (prochain, soyons optimistes !) où un cadre contraignant les émissions se mettra en place « ad vitam eternam », les projets de réduction vont pleuvoir et l'argent affluera massivement : la contrainte réglementaire sera nécessairement ajustée pour que ces réductions aient bien lieu !

B. Sauvés par la technique ?

Il semble illusoire de trouver un remède idéal (grâce à une technologie révolutionnaire) qui puisse régler le problème des émissions de gaz à effet de serre à confort constant. Modifier l'un de nos comportements (moins rouler en voiture en ville par exemple) ou sacrifier l'un de nos multiples comforts modernes ne sera clairement pas suffisant. En effet, si l'on doit diviser par 4 nos émissions, il apparaît évident qu'il faut s'attaquer à tous les postes pour y parvenir. La technologie « miracle » devrait ainsi régler en même temps les problèmes des émissions de CO₂ très dispersées des voitures et des camions, des chauffages au fuel et au gaz naturel, celles plus localisées des centrales électriques, des cimenteries, les émissions des gaz industriels du type halocarbure dans les décharges où se vident les circuits de refroidissement des frigidaires et des systèmes de climatisation individuel ou des voitures, éviter les émissions de N₂O lors de l'épandage des engrais azotés, éviter la production de méthane des cultures de riz (cultures inondées), et les rots des ruminants, éviter les émissions de CO₂ des avions...

En deuxième approche, il est un point très important à souligner : depuis que l'homme fabrique des objets... **ils sont de plus en plus économes** !! Bien entendu, lorsque l'énergie coûte ponctuellement plus chère (au cours du XXe siècle, l'énergie, rapportée au pouvoir d'achat a vu son prix divisé par 5 à 10, même avec les chocs pétroliers !), l'efficacité des véhicules et de l'isolation des bâtiments, entre autres, s'améliore plus vite qu'en temps « ordinaire ». Mais ces

améliorations énergétiques n'ont jamais été affectées à une réduction de la consommation globale. Ainsi les voitures sont sans cesse plus lourdes, plus puissantes, équipées de plus de gadgets (climatisation, de plus en plus d'électronique, radio puissante, frigo dans certaines...). Le même raisonnement s'applique aux logements : l'isolation thermique est bien meilleure qu'il y a 30 ans, mais la surface habitée et la température intérieure ont sérieusement augmenté aussi, rendant les consommations de fioul et de gaz domestiques plus importantes qu'il y a 30 ans.

Qu'en est-il ainsi, par exemple, des véhicules hybrides, présentés comme une solution au problème des transports ? Commençons par noter qu'ils roulent tous à l'essence ou au diesel grâce auxquels ils produisent de l'électricité consommée en ville. Si la consommation par kilomètre diminue... les gens feront sans doute plus de kilomètres ! D'autant plus que c'est au bout d'un grand nombre de kilomètres que le moteur hybride est « amorti » par rapport à un véhicule traditionnel ! Enfin, le sentiment de « rouler propre » ne va pas dans le sens d'une prise de conscience de nos excès quotidiens en matière d'énergie ! Cette solution technologique est donc intéressante si on l'accompagne d'une politique de réduction de l'utilisation de la voiture, ce qui n'est sans doute pas dans l'esprit de tous les promoteurs de ces véhicules hybrides.

Si les progrès technologiques servent à asseoir chez un plus grand nombre de personnes un confort relativement peu développé auparavant, l'effet de réduction des émissions peut fort bien s'en trouver renversé.

C. Un point sur les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables ne pourront jamais nous fournir le confort actuel en se passant de pétrole et de gaz. **Cela ne veut pas dire qu'il faille les abandonner !!** Bien au contraire, elles sont souvent un complément très utile. Étudions quelques chiffres.

Tout d'abord, il faut savoir que la production d'électricité est à l'origine de 33% des émissions mondiales de CO₂ (le premier poste), elle représente aussi 80% des émissions concentrées de CO₂ ! Le poste qui suit est la production de ciment, qui émet, au niveau mondial, 10 fois moins de CO₂. Le thème de l'énergie et notamment de la production électrique est complètement lié au problème de réchauffement climatique. Aujourd'hui, on ne peut plus considérer l'un sans prendre en compte l'autre. Selon moi, par exemple, comparer les rendements de centrales à charbon ou à gaz sans prendre en compte la capture du CO₂ n'a aucun sens. C'est comme si on comparait les émissions d'un véhicule diesel et d'un véhicule essence sans s'intéresser aux émissions de la chaîne de production du carburant.

Bio-carburants : leur production, après déduction de l'énergie utilisée pour la fabrication des engrais et pour faire avancer le tracteur, présente un rendement de l'ordre de 1 tep / hectare. La France consomme 45 millions de tonnes d'essence par an, sa superficie est de 55 millions d'hectares. Tout est dit : la plupart des pays du monde (le Brésil, grand comme 5 fois la France et possédant moitié moins de voitures est un cas à part) ne peuvent pas remplacer leur pétrole par des bio-carburants. Leur intérêt n'est néanmoins pas négligeable et s'ils étaient utilisés en circuit fermé par les activités agricoles, nous pourrions manger « sans émettre de GES », à condition toutefois de manger moins de viande, mais avec une moyenne de 300 grammes par jour et par Français, il y a de la marge ! Donc « oui aux bio-carburants », mais en vue de faire évoluer les productions agricoles des pays développées qui mènent à un certain nombre d'impasses.

Eolien : Le problème principal de l'éolien, avant même de regarder les « réservoirs de vent » tombe sous le sens : c'est une source d'énergie TRES intermittente. La disponibilité oscille entre 20 et 30 % de la valeur installée. Or l'électricité possède ce fâcheux inconvénient de NE PAS POUVOIR ETRE STOCKEE A GRANDE ECHELLE (même sur de très courtes périodes de l'ordre de la seconde !). Il faut, en permanence, ajuster parfaitement l'offre à la demande, sous peine de subir de gigantesques pannes qui peuvent durer plusieurs jours (comme l'ont connus les Etats-Unis ou l'Italie à plusieurs reprises au début du XXIe siècle). Ainsi, lorsque l'on parle de projets éoliens de grande taille (quelques dizaines de MW installés), il faut installer la même capacité de centrale à gaz ou au charbon (les centrales nucléaires ne peuvent voir leur production fluctuer rapidement, les barrages sont souvent en montagne où il n'y a pas d'éolienne et l'électricité se transporte avec beaucoup de pertes en ligne) !!

Ainsi, en France, en Suisse ou en Suède, où l'électricité est essentiellement d'origine nucléaire ou hydroélectrique, développer à grande échelle la filière éolienne (même en mer, l'intermittence existe toujours), conduit à **augmenter les émissions de CO2** ! Le cas de la France est très parlant. Notre électricité est produite à environ 85% par du nucléaire et 15% par des barrages. Si l'on installait une capacité de production éolienne équivalente à 30% de notre consommation, soit environ 30 GW théoriques, cela produirait, en moyenne sur l'année, entre 3 et 5 fois moins d'électricité que la capacité installée de 30GW (rendement de 20 à 33%), soit de 6 à 10% de la production totale. Cependant, puisque les centrales nucléaires ne peuvent pas facilement absorber de telles variations de production, par nature très imprévisibles, il faut installer la même capacité de centrales à gaz soit 30 GW environ. En effet, les éoliennes vont parfois toutes fonctionner en même temps et il faudra une capacité de production à démarrer très rapidement, si le vent s'arrête. En première approche, on peut considérer qu'il faille installer la même capacité de production en gaz qu'en éolien car l'électricité ne se transporte pas non plus très bien. Le nouveau mix énergétique français sera alors, à consommation constante : 15 % hydroélectrique (inchangé), 6 à 10% éolien, 20 à 24% produits par les centrales à gaz en complément de l'éolien sur sa capacité maximale, et le reste, soit 45%, nucléaire. Les déchets nucléaires seront donc un peu moins nombreux, mais il y aura trop de centrales. L'investissement sera extrêmement important car l'éolien coûte beaucoup plus cher que le nucléaire à installer (les coûts de développement du nucléaire sont amortis depuis des années !) et les centrales à gaz viennent se rajouter en plus ! D'autre part, le nucléaire fait vivre des dizaines de milliers de personnes en France (construction, opération, maintenance, cycle du combustible, etc...), tandis que les éoliennes ne donnent que très peu de travail en France (un peu de génie civil, de transport et des agents pour négocier la location du terrain), les composants étant fabriqués à l'étranger !

Remarquons tout de même que dans un pays dont la fourniture électrique se fait déjà en grande partie sur base charbon ou gaz, il n'y a pas besoin d'investir dans de nouvelles centrales lorsque l'on construit des éoliennes (elles existent déjà) et il y a une réelle réduction de la consommation d'hydrocarbures (et donc des émissions de CO2), lorsque les éoliennes tournent. Mais, en tout état de cause, il faut maintenir en état les centrales thermiques (gaz et charbon) pour pallier aux baisses de vent.

Le solaire photoélectrique : il est trop cher et... possède les mêmes problèmes que l'éolien car l'électricité ne se stocke toujours pas ! L'un comme l'autre sont donc des solutions locales pour de petites productions d'électricité.

Le solaire thermique : il s'agit ici de faire chauffer de l'eau pour les besoins sanitaires. Ici, apparaît une véritable variable d'action. Quelques mètres carrés de capteur peuvent permettre, même à Lille, de faire sensiblement baisser la consommation électrique ou celles de fioul ou de gaz pour la production d'eau chaude sanitaire. Le gain est réel, l'investissement rentable et tout le monde y gagne. Mais on ne fera pas rouler sa voiture avec les capteurs thermiques installés sur son toit, ni fonctionner son ordinateur.

L'hydroélectrique : c'est la seule source renouvelable capable de fournir de grandes quantités d'énergie. Le potentiel hydroélectrique est cependant quasiment totalement exploité en France qui possède la plus grande production d'Europe.

D. Le nucléaire civil : le diable ou le salut ?

Il reste donc le nucléaire, civil, cela va de soi. Le nucléaire, grâce, selon moi, à une habile propagande d'associations bien pensantes (au moins à leur naissance), possède une image absolument déplorable dans les médias et chez les citoyens du monde. Pourtant, quelques faits devraient faire relativiser les craintes au sujet de cette énergie qui n'émet pour ainsi dire pas de CO₂.

- D'une part, le volume total **des déchets nucléaires** à haute activité et à vie longue générés par la France en plus de 30 ans d'exploitation de centrals nucléaires est de 1854 mètres cubes début 2006, **soit le volume de 2 piscines olympiques** (source : Andra). Ces déchets représentent plus de 90% de la radioactivité totale. D'autre part, ces déchets sont concentrés en un site bien protégé et sous forme vitrifiée, donc autrement plus faciles à stocker qu'un gaz toxique. Pour ma part, je suis personnellement près à vivre toute ma vie, avec ma famille, dans une maison sous laquelle seraient enterrés ces déchets, dans leurs conteneurs et séparés de 2 ou 3 mètres de terre : nous ne risquerions rien du tout et il est probable que l'on reçoive d'importantes subventions pour le prêt du terrain !!! Enfin, à long terme, le seul risque réel consisterait à voir ces morceaux de verre se déliter et s'éparpiller dans une nappe phréatique dont l'eau pourrait alors contenir des particules radioactives. Mais celles-ci ne se reproduisent pas ! Ce n'est pas un virus ou une bactérie qui pourraient diffuser et contaminer différents habitats... Il me semble donc que le débat sur ces fameux déchets manque beaucoup de recul.
- La **sécurité des réacteurs** rend sans doute ceux-ci l'outil industriel le plus sûr qui soit. Je suis convaincu que les multiples remises en cause de la filière par les associations anti-nucléaires ont participé à ce niveau d'exigence de la sécurité. Pour avoir personnellement visité une centrale et d'importants complexes chimiques, je peux témoigner de deux choses : la première est que la sécurité vis-à-vis des visites est autrement plus sérieuses sur le site d'une centrale que sur un complexe chimique. De nombreuses barrières à badge magnétique bloquent les accès de zones de plus en plus confidentielles autour du cœur de la centrale, alors que rentrer sur un site chimique ne demande que de passer une palissade. Ensuite, le cœur de la centrale est très petit ! Les immenses tours aéro-réfrigérantes ne sont absolument pas radioactives ! Même un terroriste à bord d'un avion serait plus avisé de s'écraser sur des stockages de pétrole ou de produits chimiques (chlore, phosgène, etc) que de tenter de faire sauter un réacteur, de petite taille, et protégé par des mètres de béton armé !
- Les **accidents** de centrales nucléaires, en à peu près 50 ans d'opération dans le monde illustrent bien le point précédent. Deux accidents seulement ont conduit au pire scénario, la fonte du cœur du réacteur. Il s'agit de Three Miles Island aux Etats-Unis, dans les années 70 et de celui de Tchernobyl, en 86. Le premier n'a conduit à l'émission d'aucune particule radioactive dans l'atmosphère, le coffrage en béton ayant parfaitement joué son rôle. Le second, résultat d'une conception peu fiable et d'une opération douteuse (un exercice de défaillance du cœur de la centrale était en cours !), a conduit à un relargage massif de radioactivité dans

l'atmosphère. Je ne peux que vous encourager à consulter les rapports de l'OMS, de l'UNSCEAR (organisme dépendant de l'OMS et de l'ONU dont la mission est d'étudier les effets des rayonnements ionisants. Leur champ d'étude couvre les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, les travailleurs du nucléaire médical, civil, militaire...), de différentes missions de médecins, de physiciens, et d'autres scientifiques sur place. **L'OMS fonctionne exactement comme le GIEC** : son rôle est de faire le point sur les publications scientifiques sur différents sujets à la demande de l'ONU ou d'états membres. L'OMS a su dénoncer les comportements des fabricants de cigarettes qui ont ajouté des produits rendant dépendant le consommateur tout en les sachant cancérigènes ainsi que les nombreuses conséquences sanitaires de l'utilisation massive des combustibles fossiles. Le site www.ecolo.org ou celui de la société française de l'énergie nucléaire (www.sfen.org) possèdent une documentation très bien fournie et référencée sur de nombreux sujets liés au nucléaire... Allez y faire un tour ! Pour ceux qui veulent remonter aux sources (malheureusement en anglais), allez voir le site de l'OMS www.who.int et tapez « Chernobyl » dans le moteur de recherche. Le dernier rapport de l'OMS donne les chiffres suivants : entre 1986 (accident) et 2004, moins de 50 décès sont attribuables aux irradiations et à l'explosion, dans le monde ! Je viens de le relire dans leur rapport... Ce chiffre m'a surpris autant qu'il pourra surprendre ceux qui ne le connaissent pas. À terme (d'ici 2065, lorsque plus aucun décès ne pourra plus être attribué à l'accident), on s'attend à environ 8000 décès par cancer à cause des irradiations de l'accident, dans le monde (et donc, évidemment, essentiellement concentrés dans les pays de l'est). Ces 8000 cancers probables se rajouteront aux millions « naturels » qui décimeront la population concernée (vous et moi !). En France, il n'y a pas et il n'y aura jamais de cancer lié à l'accident. Mais si le sujet vous intéresse, méfiez vous des journaux pour qui de telles informations ne sont pas très marchandes ! Dernier point : il y a 7 millions de personnes qui portent le statut de « victimes de Tchernobyl » et qui reçoivent à ce titre des allocations diverses. Outre l'enfermement dans une vie de victime à l'horizon plus ou moins bouché (« que faire lorsque l'on est « condamné » ? »), ce chiffre illustre simplement le fait qu'il y a bien des intérêts économiques à accroître les dégâts causés par l'accident. L'OMS dit clairement que les conséquences sanitaires de l'accident sont plus importantes via le stress généré (et entretenu par les médias et certaines associations « écolo » du monde entier) que par les radiations effectives. De quoi se poser quelques questions...

- Il reste un dernier point souvent mis en avant par les anti-nucléaires pour limiter le développement de la filière : le risque de **prolifération**. À ce sujet, on ne peut effectivement que souhaiter un contrôle international des activités nucléaires civiles et un recensement précis des matières en jeu. Cela dit, si l'on autorisait les pays déjà détenteurs de la bombe et / ou de centrale à développer leur fourniture d'électricité d'origine nucléaire, on couvrirait déjà les 3/4 de la population ! Pour de nombreux pays, la bombe a précédé les réacteurs civils, dans des cas plus marginaux, l'inverse s'est produit. Enfin, l'uranium étant beaucoup plus répandu dans le monde que le pétrole et le gaz et dans des pays plus stables (Australie, Canada, Afrique du Sud en tête de liste), il vaut mieux que l'approvisionnement énergétique

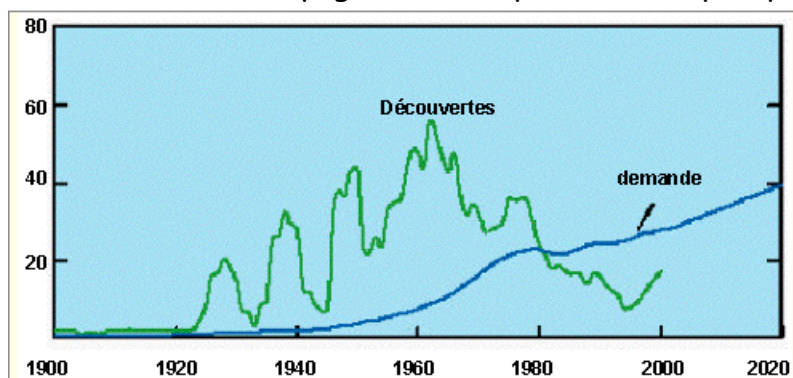
de pays eux-mêmes peu stables politiquement et économiquement proviennent du nucléaire, ce qui les mettra un peu plus à l'abri des chocs à venir lors de l'arrivée du « peak-oil » (décroissance subie de la production de pétrole)...

- Un mot enfin sur les réserves d'uranium. Celles-ci sont évaluées à environ 50 ans de consommation actuelle. Mais les surgénérateurs (nous avons malheureusement fermé le premier prototype industriel qui nous donnait une sérieuse longueur d'avance, Superphénix) rendraient la ressource virtuellement infinie, en puisant dans les combustibles beaucoup plus d'énergie que ne le font les réacteurs actuels (plusieurs milliers d'années de consommation...). De plus, le prix de l'uranium jouant très peu dans le prix de l'électricité, multiplier par 2, voire 10, son prix (et donc les moyens mis en œuvre pour l'extraire) ne modifiera pas beaucoup le prix de l'électricité (contrairement à une modification similaire du prix du gaz naturel !). Or, il se trouve que dans, l'eau de mer, se trouvent des quantités gigantesques d'uranium dont la production est techniquement envisageable à partir d'un certain coût.

Pour conclure, il ne faut pas croire que le nucléaire ait « tout pour lui », mais il faut tout de même se rendre à l'évidence sur les nombreux avantages qu'il présente... sans toutefois relâcher les contraintes de sécurité, bien au contraire !

E. Vive la taxe !!

Nous avons vu que notre mode de vie (chauffage, voyages, nourritures, consommation effrénée...) s'accompagnait d'une pression trop importante sur notre environnement. Cela est



En vert, découvertes annuelles de pétrole conventionnel, en milliards de barils, et en bleu, consommation annuelle de produits pétroliers.

La demande après 2000 est bien entendu une projection, non une prévision.

Depuis 1980 (d'autres auteurs considèrent que cela est même vrai depuis 1970), nous consommons chaque année plus que nous ne découvrons de ressources "physiques" dans le sol (il s'agit bien là du total des ressources physiques, encore appelées "réservoirs", et non de ce que nous parviendrons à en extraire, qui sera encore inférieur).

Source : Exxon Mobil, 2002

vrai dans beaucoup de domaines : la pêche industrielle, par exemple, a radicalement détruit les stocks de poissons dans le monde (plus de 90% dans certaines régions !). Ce mode de vie se base sur une énergie pas chère (rapporté au pouvoir d'achat, l'énergie a même vu son coût divisé par 5 à 10 au siècle dernier) mais non durable. Les réserves d'hydrocarbures sont finies (c'est certain) et bien que les « **réserves prouvées** » (pétrole dont nous savons que nous pourrions l'extraire du sous-sol à un prix raisonnable) augmentent (depuis 40 ans, le rapport des réserves prouvées sur la consommation de l'année est d'environ 40 ans (ce qui conduit au raccourci « il reste 40 ans de production », alors que celle-ci augmente chaque année !)), les « **réserves ultimes** » (le stock de

production », alors que celle-ci augmente chaque année !)), les « **réserves ultimes** » (le stock de

pétrole et de gaz imaginé dans le sous-sol) augmentées de ce qu'on a déjà brûlé... n'ont pas bougées ! En clair, l'évaluation du stock total de pétrole et de gaz présent dans le sous-sol en 1850 n'a pas grandi depuis 1970 !!

En clair, nous sommes extrêmement dépendants de ressources fossiles (il n'y a pas beaucoup plus de gaz que de pétrole en termes de durée restante de consommation) dont, sous peu, nous allons manquer. Savez-vous qu'en France, la première source d'énergie primaire est le pétrole ? Le nucléaire nous a permis de nous passer de la consommation de gaz et de charbon pour produire de l'électricité (la moitié de l'électricité faite en Allemagne est faite avec du charbon), mais ne nous a certainement pas rendu indépendant vis-à-vis du pétrole !

Nous sommes littéralement **drogués** à l'énergie bon marché ! Comment définir différemment cet état où nous ne pouvons imaginer d'être heureux sans l'incroyable confort apporté par cette énergie bon marché ? Si on pouvait expliquer à un paysan - et même un riche seigneur ! - du XVIIe siècle que l'on contrôle toute l'année la température de nos maisons à 22°C, que l'on peut écouter de la musique quand bon nous semble, que l'on peut traverser la France ou le monde en se décidant à la dernière minute, en une journée, que l'on peut manger de tout n'importe quand... ils ne nous croiraient sans doute pas ! Mon propos n'est pas de critiquer ce confort, mais de le décrire tel qu'il est : unique dans l'histoire de l'homme et en rien « naturel » ou « justifiable » en soi. Nous sommes drogués car nous voulons toujours plus d'énergie, nous souffrons rien qu'à l'idée qu'il va falloir réduire notre consommation (« ce sera mauvais pour notre économie ! »). Notre dépendance n'est pas que psychologique d'ailleurs : il est vrai que notre activité économique repose sur cette énergie bon marché. Enfin, notre consommation nous rend aveugles concernant ses méfaits : nous voulons continuer sur la même voie quelles que soient les conséquences annoncées, car, précisément, nous n'acceptons pas l'idée de sevrage.

Il y a donc un « nouveau » problème majeur qui se profile dans les dizaines d'années à venir : en plus de la pression très forte qu'exercera sur nos sociétés le changement climatique, nous risquons fort de manquer de cette fameuse énergie bon marché pour nous adapter (isolation des bâtiments, reconstruction de villes après les tempêtes, campagnes de traitement des maladies, déplacements de populations, etc...). Quand bien même la menace du réchauffement climatique serait plus éloignée voire absente, le risque présenté par le manque soudain de notre « drogue » (attention, encore une fois, c'est la dose qui fait le poison, pas le fait de disposer de cette énergie) sur la stabilité de nos sociétés devrait à lui seul nous encourager à modifier nos comportements. Il n'y a qu'à voir la souffrance infligées aux toxicomanes en cours de sevrage pour imaginer les remous violents que vivront les sociétés privées de pétrole avant qu'elles n'aient entamé des démarches volontaires de réductions de leur consommation.

Au vu de ces deux phénomènes gravissimes qui nous attendent au XXIe siècle, il faut agir !

La seule bonne nouvelle des prédictions du GIEC est que le climat du XXIe siècle dépendra fortement de notre comportement dans la première moitié de ce siècle. Ce que l'on a déjà émis depuis 1850 nous réserve certes de mauvaises surprises, avec notamment une élévation de la température moyenne de la terre au moins égale à 2°C. Mais ce que nous allons

mettre en place dans les 25 ans qui viennent pourrait stabiliser ce chiffre ou au contraire le faire partir vers des sommets inimaginables : le changement principal qui sera apporté par le rapport du GIEC à publier en 2007 dont une première version circule pour commentaires est que les scientifiques ne se prononcent plus sur une « augmentation maximale de la température » !

Pour réduire nos émissions, plusieurs voies sont possibles. On peut imaginer **d'interdire** telle ou telle source d'émissions. Cependant, cela reviendrait à tomber dans une dictature où il ne fera pas bon vivre car on a vu que tous nos gestes quotidiens engendraient des émissions non négligeables. Va-t-on interdire de chauffer à plus de 19°C dans les maisons individuelles ? et comment le vérifier ? Outre la lourdeur et les risques totalitaires liés à cette méthode, son efficacité reste douteuse à démontrer : la prohibition de l'alcool aux Etats-Unis n'avait pas arrêté le commerce, mais avait certainement fait progresser le crime organisé ! Il est toutefois, bien sûr, envisageable d'interdire certains excès... À condition de bien prendre conscience que les notions d'excès et de gaspillage sont hautement subjectives ! Comme à terme, il faudra se rapprocher sérieusement du niveau d'émission actuelle d'un Indien moyen, je vous laisse imaginer tout ce que l'on peut appeler gaspillage ! D'autre part, si l'on attend de pouvoir proposer une alternative viable pour interdire tel ou tel comportement, on risque de ne jamais réduire nos émissions. L'exemple le plus marquant, à mon sens, est celui des transports. Si l'on attend de couvrir l'Ile de France de tramways, de bus et de métro pour interdire la voiture dans un nombre plus ou moins élevé d'arrondissements ou de banlieues, il y a fort à parier que de nombreuses années s'écouleront avant que l'interdiction soit vécue comme acceptable par la population. Et pendant ce temps, les gens continueront à s'installer de plus en plus loin des centres de vie (travail, commerces, loisirs) pour bénéficier d'un terrain plus grand... contribuant à augmenter le problème !

Une autre voie sans aucun doute efficace, consiste à **autoriser une certaine quantité d'émissions à un état** qui distribuera ensuite ces quotas sur son territoire en ouvrant la possibilité de vendre les quotas excédentaires par rapport aux réductions déjà effectuées à d'autres émetteurs dont la transformation de leur activité prend plus de temps. L'immense différence avec les interdictions mentionnées au paragraphe précédent concerne la **flexibilité** apportée dans la mise en place des réductions. Petit à petit, en diminuant les quotas disponibles, un prix est donné à la tonne de carbone émise (ou évitée), rendant des projets de réductions d'émissions de plus en plus abordables. Bien entendu, il faut une structure conséquente de vérification des émissions et des quotas, et il faut que les règles du jeu soient très bien pensées et puissent évoluer pour éviter les nombreuses dérives faciles à imaginer.

Le problème posé par le point précédent est qu'il ne peut raisonnablement pas s'appliquer aux individus : le travail de vérification sera colossal et la bureaucratie engendrée risque de nous faire tomber dans les travers du système de l'interdiction. Le système de quotas est donc plus adapté aux grands émetteurs. En parallèle, il y a donc une autre façon d'assister la mutation nécessaire des comportements : il s'agit de faire monter progressivement mais régulièrement le prix de l'énergie. Offrir à tous la visibilité sur les prix de l'énergie (fonction de son contenu en carbone) permet de prévoir ses investissements (type de chauffage, niveau d'isolation, moyen de transport, etc...) et de ne pas être leurré par le faible coût actuel du pétrole (même si celui-ci monte, il reste un vecteur d'énergie assez bon marché !), du gaz ou du charbon. En effet, ce coût ne couvre ni le remplacement de ces sources d'énergie en cours d'épuisement, ni ce que l'on devra payer pour réparer les dégâts sur l'environnement ou les adaptations qui seront rendues nécessaires par le changement climatique. Cette « **taxe carbone** » présente bien des avantages !

Tout d'abord, elle permet de prendre en compte l'impact climatique de nos comportements. Et lorsqu'il y a des alternatives faiblement émettrices, de leur donner un « coup de pouce » par rapport aux autres. Ensuite, notre état (et une bonne partie des autres états sur la planète) a bien besoin de nouvelles ressources financières ! Mais le plus important est que, nous l'avons vu, l'augmentation du prix des énergies fossiles est inéluctable (augmentation de la demande, offre finie, et sur le point d'être vraiment limitée), nous courrons donc droit vers un choc pétrolier, l'argent quittera alors le pays (comme ce qui se passe aujourd'hui d'ailleurs) pour le Venezuela, l'Arabie Saoudite ou la Russie. En revanche, en taxant les énergies fossiles dès aujourd'hui, et chaque année de quelques pourcents **réels** (rapporté au pouvoir d'achat) de plus, nous créons une véritable ressource financière qui pourra être utilisée pour aider les plus dépendants à s'adapter (par exemple les agriculteurs ou les pêcheurs) et financer des plans de transports en commun, des formations pour ouvriers qualifiés en isolation des bâtiments, en plomberie (chauffage solaire...), Pour encourager l'agriculture de proximité, faire la promotion des produits nationaux et de saison (manger des fruits transportés en avion ou cultivés sous serre chauffées au fioul n'est pas idéal du point de vue des émissions !). Ainsi, les premiers bénéficiaires de cette taxe carbone, paradoxalement, sont les ménages modestes ! Ce sont en effet eux qui souffriront le plus d'un choc pétrolier et dont l'adaptation à une énergie chère prendra le plus de temps, leur offrir un prix lisible sur de nombreuses années (sans leur faire croire à un prix bas et constant, ce qui est une pure illusion !) permettra à tous de s'adapter progressivement.

C'est ainsi que l'homme politique qui instaurera une taxe carbone remportera aisément mon adhésion ! J'espère que ce sera aussi votre cas, le discours défendant une énergie pas chère est purement démagogique et ne sert qu'à asseoir un pouvoir politique momentané sur la crédulité des nombreux toxicomanes de l'énergie que nous sommes tous !

F. Le bilan carbone

Un dernier point concernant ce grand sujet... Chacun peut évaluer son impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre. La méthode du « bilan carbone », développée par Jean-Marc Jancovici et l'ADEME, permet à l'aide d'un tableau excel pré-rempli de déterminer les émissions résultant de notre mode de vie ou de l'activité de notre entité professionnelle. Ce bilan permet de savoir où se situent nos émissions, et donc d'orienter nos efforts pour réduire ces émissions. Il permet aussi, pour une entreprise, de savoir ce qui l'expose à des taxes sur les émissions. Ce bilan inclut évidemment les activités engendrées par l'entreprise (construction du bâtiment, cantine, transport des collaborateurs, etc.). Une personne qui a conduit un tel bilan carbone dans son entreprise nous en a dit le plus grand bien : la direction, en concertation avec toutes les parties prenantes (et donc les employés, les sous-traitants, le personnel de service, les cadres, etc) a décidé de réduire de X% ses émissions tous les ans, avec le but d'atteindre la **neutralité carbone** en 2012. Le financement d'un programme d'assistance à la réduction des émissions sur un projet indépendant de l'activité de la compagnie permettra d'équilibrer les dernières émissions engendrées par l'activité de l'entreprise dont on ne pourra se passer. Ce plan a fédéré tous les interlocuteurs derrière un projet commun qui a du sens ! Les relations entre syndicats, personnels variés et direction se sont très sensiblement améliorées grâce à cette action commune qui permet de donner des objectifs louables et partagés par tous !

Le site de l'ADEME vous en apprendra beaucoup sur cette méthode. De nombreux experts sont labellisés « bilan carbone » et pourront établir ce bilan et le tableau de bord à remplir pour le suivi des émissions. L'ADEME organise aussi une dizaine de formations par an pour maîtriser l'outil bilan carbone. www.ademe.fr !

J'en ai fini avec ce document, j'espère que sa lecture vous aura plu et que les réflexions qui en découleront participeront à la mutation de nos comportements !

N'hésitez pas à m'écrire pour toute question et surtout, si le cœur vous en dit, achetez les livres de Jean-Marc Jancovici ! Il présente le sujet cent fois mieux que je ne le fais et avec de l'humour en plus !

Enfin, si ce document vous paraît intéressant, n'hésitez pas à le diffuser autour de vous !

Arthur Darde
arthur@darde.org