

Réduction des émissions de gaz à effet de serre : l'ampleur du défi

*Progrès technologiques,
énergies renouvelables,
nucléaire ou puits de carbone
ne suffiront pas à régler
le problème d'émissions
de gaz à effet de serre
en augmentation constante.
Il y faut une rupture radicale
de nos modes de vie.*

*Une rupture comparable
à l'arrêt du tabac :
désagréable à court terme
mais qui optimise
les chances de survie
à long terme.*

par **Jean-Marc Jancovici (1)**
Ingénieur conseil, Manicore

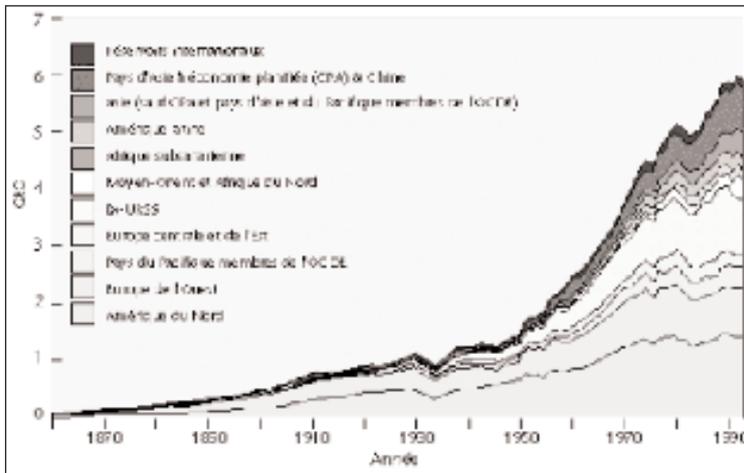
Un rapide aperçu du problème

L'effet de serre désigne la caractéristique qu'a notre basse atmosphère d'intercepter 95 % des infrarouges émis par la surface terrestre, conduisant le sol à recevoir deux fois de l'énergie sous forme de

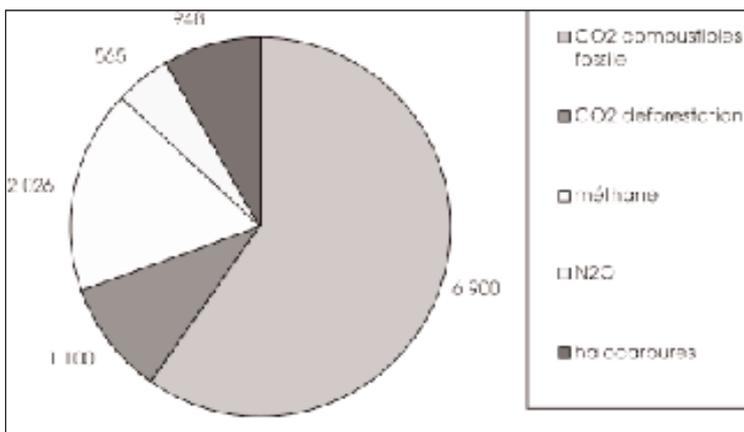
rayonnement : une première fois en provenance directe du soleil, et une deuxième fois en provenance de l'atmosphère elle-même chauffée par les infrarouges interceptés.

Cet effet dépend directement de la présence dans l'air — à des concentrations néanmoins très faibles — de certains gaz, pour l'essentiel la vapeur d'eau (mais l'homme a très peu d'influence directe sur sa concentration atmosphérique) et le CO₂, ou gaz carbonique, dont notre espèce a augmenté la concentration dans l'air de 30 % en un siècle et demi par rapport au plus haut niveau atteint sur les 400 000 dernières années, avec des émissions atteignant aujourd'hui presque 7 Gt (2) de carbone.

L'accroissement de la population mondiale n'explique qu'en partie cette hausse : la quantité d'énergie consommée par Terrien a également été multipliée par 7 en un siècle (de 0,2 à 1,5 tonne équivalent pétrole), et en France, par exemple, la consommation d'énergie par habitant y a quasiment triplé entre 1960 et 2000. 85 % de l'énergie commerciale utilisée dans le monde provient de carbone fossile (charbon, pétrole, gaz). La déforestation représente une autre source significative de CO₂ (1 Gt de carbone par an). Après avoir été très active dans les pays développés, elle s'y est arrêtée il y a un siècle environ, mais continue à se produire à large échelle dans



Evolution des émissions mondiales de CO2 provenant de l'utilisation de l'énergie depuis 1860. GIEC, 1996.



Répartition approximative des émissions mondiales de gaz à effet de serre en 2000, exprimées en millions de tonnes équivalent carbone. GIEC, 2000.

les pays dits « en développement », essentiellement pour obtenir de nouvelles terres agricoles (2/3 des surfaces défrichées selon la FAO). D'une part le bois coupé est généralement brûlé (sans être replanté) et, d'autre part, les sols de forêts transformés en terres agricoles déstockent du carbone sous forme de CO₂. Pour terminer ce tour d'horizon, mentionnons que le CO₂

n'est pas le seul gaz à effet de serre émis par l'homme, même s'il représente 2/3 de nos émissions totales, mesurées en équivalent carbone.

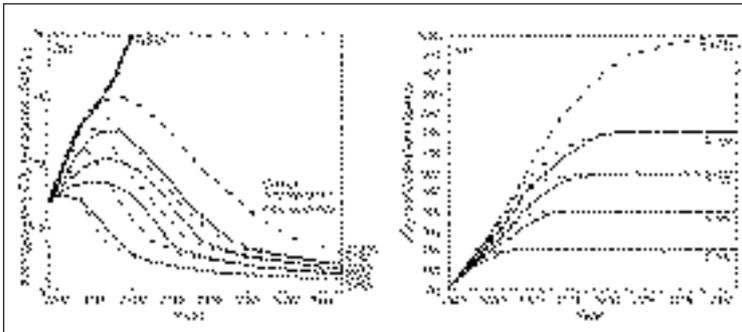
Réduire, de combien ?

En supposant, ce qui constitue une première approximation

acceptable comme nous le verrons plus bas, que les puits ne puissent être augmentés de manière significative, ne plus augmenter la concentration atmosphérique en CO₂ impose que les émissions anthropiques mondiales de gaz carbonique deviennent inférieures à 2 ou 3 Gt (1 Gt = 109 tonnes) équivalent carbone par an. Et plus nous tardons pour ramener les émissions sous ce niveau, plus la concentration finale de CO₂ dans l'air est élevée.

Pour parachever le tableau, il est vraisemblable qu'au-dessus d'un certain seuil le phénomène s'emballera, par suite des rétroactions liées au cycle du carbone : sous l'effet des conditions climatiques nouvelles, le carbone actuellement stocké par les puits (écosystèmes terrestres ou l'océan) serait relargué dans l'atmosphère, ou le permafrost boréal pourrait dégeler sur de larges zones, conduisant à des émissions très importantes de méthane. La nature pourrait alors devenir une source nette de gaz à effet de serre, et la situation divergerait quoi que nous fassions.

Equitablement réparti, le « plafond » de 3 Gt d'équivalent carbone pour 6 milliards d'habitants conduit chaque Terrien à disposer d'un « droit à émettre sans perturber le climat » de 500 kg équivalent car-

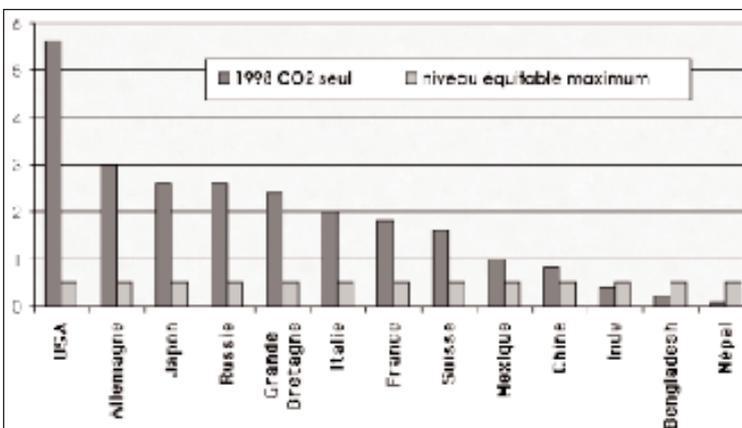


Correspondance entre concentrations (à droite) et émissions (à gauche) ; toute stabilisation de la concentration, à quelque niveau que ce soit, requiert que la courbe des émissions repasse sous la barre des 3 Gt équivalent carbone, voire sous celle des 2 Gt si l'objectif est une stabilisation à moins de 600 ppmv. GIEC, 1996.

bone par an de gaz carbonique fossile. Cela représente moins de 10 % des émissions d'un Américain (base 1998), 15 % de celles d'un Allemand ou Danois, 20 % de celles d'un Anglais, 25 % des nôtres, 50 % de celles d'un Mexicain, 60 % de celles d'un Chinois (déjà...) mais 120 % de celles d'un Indien et 20 fois celles d'un Népalais.

Avec les technologies en usage, ce plafond est atteint dès que l'on a :

- ✓ fait un aller-retour de Paris à New York en avion,
- ✓ consommé 2 500 kWh d'électricité en Grande- Bretagne, ou 22 000 kWh en France,
- ✓ acheté de 50 à 500 kg de produits manufacturés ou d'emballages,



Emissions annuelles de CO₂ par habitant en 1998 (en équivalent carbone, d'après AIE), et «droit à émettre sans accroître la concentration de CO₂ dans l'atmosphère».

- ✓ utilisé 2 tonnes de béton (une maison moderne de 100 m² en nécessite 17),
- ✓ conduit pendant 4 à 6 mois une petite voiture en zone urbaine, ou 1 à 2 mois une voiture plus puissante tel un 4x4,
- ✓ consommé 1 000 m³ de gaz naturel (soit quelques mois de chauffage d'une maison).

Pour donner un tour plus concret au propos, voici quelques éléments de notre « mode de vie » qui sont clairement incompatibles avec le fait de parvenir à stabiliser la concentration en CO₂ dans l'atmosphère :

- ✓ loger chaque Terrien dans 30 m² chauffés au fioul ou au gaz,
- ✓ habiter loin de son travail (ou de l'école de ses enfants) et ne pouvoir s'y rendre qu'en voiture,
- ✓ disposer de produits manufacturés en abondance et pas chers,
- ✓ pouvoir prendre l'avion,
- ✓ manger 100 kg de viande rouge par personne et par an, ou des tomates en février (la tomate n'étant pas précisément un légume d'hiver, en manger en février signifie soit une importation de très loin — éventuellement par avion — soit une culture sous serre, alors chauffée, puis un transport par camion et dans tous les cas de figure des émissions en quantités significatives).

D'où une première marge de manœuvre, à la fois la plus efficace et la plus difficile à mettre en œuvre : ne plus souhaiter toujours plus sur le plan matériel, mais nettement moins. Chimère ?

Qu'attendre des progrès de la technologie ?

Dès lors que se pose à nous un problème faisant intervenir des grandeurs physiques, il est fréquent de considérer que les progrès de la technique finiront par le résoudre « plus tard » — et éventuellement « ailleurs » — sans que l'on ait besoin de faire dès maintenant et chez nous des efforts coûteux.

Il est indéniable que les « meilleures technologies disponibles » permettraient, en France par exemple, de diviser les émissions par deux (voir tableau page suivante).

Mais pour que cela représente une voie de sortie au problème, il faut bien entendu que la consommation globale n'augmente pas indéfiniment dans le même temps ! Pis, un certain nombre d'économies unitaires actuellement réalisées ne sont possibles que dans un contexte de hausse globale des volumes (les économies d'échelle).

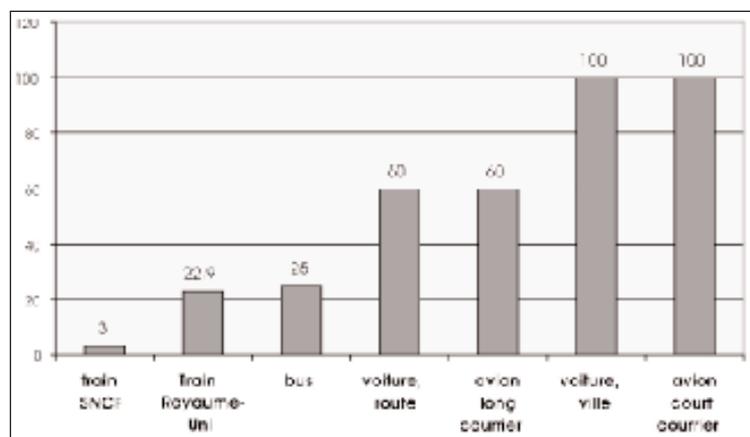
En outre, à consommation constante, d'une part les durées de renouvellement de parc (15 ans pour les voitures, 100 ans pour les logements) en limitent la portée à court terme, et d'autre part (et surtout) le contexte culturel actuel, caractérisé par un hymne à la croissance matérielle tous azimuts, n'est pas de nature à donner à cette marge de manœuvre un potentiel supérieur à une limitation de la hausse. Il est essentiel de se rappeler que les « choix de modes de vie » portent sur des grandeurs matérielles pour lesquelles la technologie, aussi puissante soit-elle, ne nous permettra jamais de violer les lois de la physique.

Voulons-nous avoir chaud l'hiver ? Chauffer une maison, c'est entretenir un flux de déperdition calorifique de l'intérieur vers l'extérieur (d'autant

plus intense qu'il fait chaud à l'intérieur) ; aucun effort d'isolation ne peut réduire ce flux à néant, ni même le diviser par 10 pour une surface et des températures données. Réduire la surface chauffée ou la température intérieure représente des variables d'action plus significatives — et surtout mobilisables à plus bref délai — que d'isoler du mieux possible les bâtiments (ce qui permet un gain d'un facteur 2 actuellement, mais pas plus).

Voulons-nous rouler en voiture plutôt que prendre le train ? Il faut émettre aujourd'hui 30 fois plus de gaz à effet de serre pour satisfaire cette préférence.

Et la voiture électrique, ou à pile à combustible ? L'énergie de traction nécessaire, qu'elle soit électrique ou directement



Émissions de gaz à effet de serre (en grammes équivalent carbone) liées au transport d'un passager sur un kilomètre. Les émissions de gaz à effet de serre pour le train correspondent aux deux extrêmes européens (cf. plus haut). Jancovici, 2000.

Usage	Kilo-équivalent pétrole par habitant (moyenne 1995)	Kilo-équivalent pétrole par habitant (meilleure techno disponible)	Commentaires	Emissions de gaz à effet de serre (meilleure techno disponible)
Habitat	845	360		170
dont confort thermique (chauffage, eau chaude...)	740	300	Concerne essentiellement isolation des bâtiments	170
dont électroménager	35	25	Meilleurs équipements 1995	-
dont produits bruns (TV, radio...)	70	35	Optimisation des systèmes de veille	-
Tertiaire (bureaux...)	505	250		100
dont confort thermique	415		Concerne essentiellement isolation des bâtiments	100
autres	90	50	Optimisation veilles	-
Alimentation	360	250	50 % de gains sur froid et cuisson	130
Industrie	775	580		270
dont biens intermédiaires (matériaux)	625	450	Eco-prodécés et recyclage	190
dont autres activités	150	130		80
Transports (4)	805	450	-	400
dont personnes	490	250	Voitures 4 l/100 et 13 000 km/an	230
dont marchandises	315	200	Réduction de la puissance des camions, transport combiné...	180
TOTAL	3 290	1 890		1 070

Potentiels des économies d'énergie liées à la technologie en France. Commissariat général du Plan, 2000.

dérivée de la combustion, est essentiellement fonction de la puissance du véhicule, de sa masse et de ses accessoires. Electrifier ou « hydrogèner » la propulsion ne fait que déplacer le problème vers la production d'hydrogène ou d'électricité (voir plus bas), avec un petit gain de rendement au passage, mais qui n'est pas du

bon ordre de grandeur pour permettre à 600 millions de véhicules de rouler sans exercer de pression significative sur l'environnement. En France, convertir tout le parc auto à l'électricité nécessiterait, à masse de véhicules égale, une augmentation du parc de centrales de 50 à 100 %. En outre, avec de l'hy-

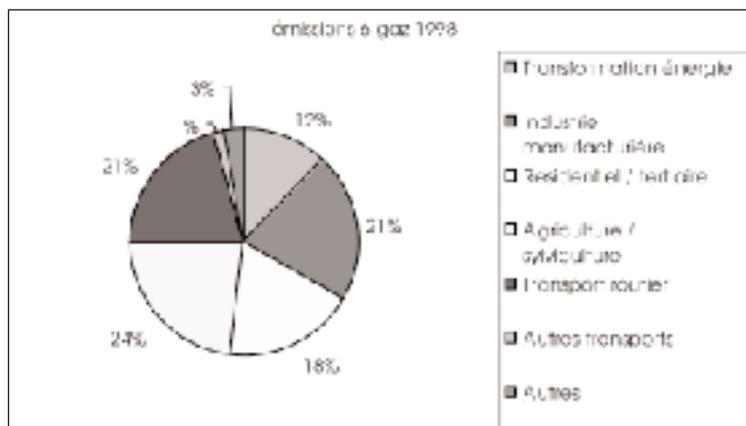
drogène produit à partir de méthane (voie actuelle), les émissions de gaz à effet serre « du puits à la roue » sont plus importantes qu'en brûlant directement l'essence dans le moteur !

De même, la mise à notre disposition de produits manufacturés engendre des émissions

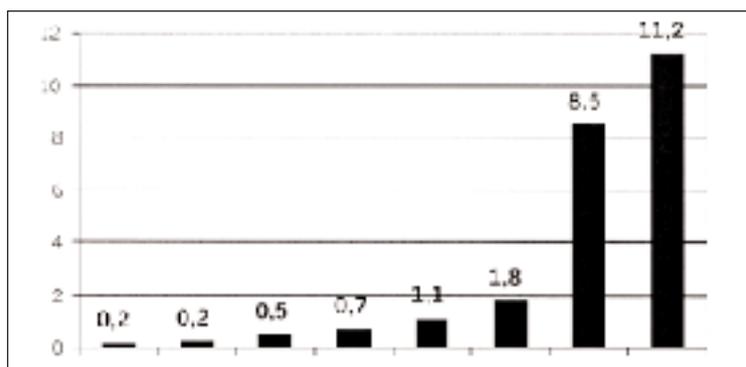
Matériau	kg équivalent carbone par tonne produite
Acier issu de minerais	850
Aluminium issu de minerais	3 000
Verre plat	400
Plastique de base (polyéthylène, polystyrène, PCV, PET...)	500 à 1 600
Papier-carton	500
Ciment	250

Emissions de gaz à effet de serre liées à la production de matériaux. Jancovici, 2000.

Là aussi, les réductions unitaires servent le plus souvent au mieux à compenser les hausses en volume.



Répartition des émissions brutes de gaz à effet de serre en France en 1998 (CO₂, CH₄, N₂O et gaz fluorés). Citepa, 1999.



Emissions de gaz à effet de serre (en kg équivalent carbone) liées à la production d'un kg de nourriture. Sont incluses les émissions liées à la dépense énergétique (engrais, engins, etc) des cultures, aux émanations de N₂O des engrais, à la fermentation entérique des bovins. La viande s'entend avec os.

Source : Jancovici, 2000.

de gaz à effet de serre : actuellement, personne ne sait produire de l'acier autrement qu'en réduisant du minerais

avec du charbon, ni produire du plastique autrement qu'en consommant beaucoup d'énergie fossile.

Enfin une autre partie des émissions ne dépend pas autant de la technique, parce qu'elle fait intervenir des processus principalement biologiques : celle qui provient de notre alimentation. En France, c'est l'agriculture qui représente la première source de gaz à effet de serre !

Une large partie des émissions agricoles provient indirectement de l'élevage : elles recouvrent les émanations de N₂O liées à l'utilisation des engrais fertilisant les cultures céréalières et fourragères qui serviront ensuite à nourrir le bétail (plus de 50 % des surfaces agricoles servent à l'alimentation des animaux), les émissions de CO₂ liées aux engins agricoles, et enfin les émanations de méthane des bovins (20 millions en France, 1,3 milliard dans le monde). Voulons-nous manger beaucoup de viande rouge, dont la consommation par habitant a peu ou prou doublé depuis le début du siècle ? Alors il faut accepter d'émettre beaucoup de gaz à

effet de serre. L'incitation à adopter une alimentation de plus en plus carnée ne participe alors pas beaucoup d'une solution.

Les énergies renouvelables

S'il est difficile de se passer d'énergie, changeons de sources ! Que peut-on espérer des renouvelables ? Notons tout d'abord que celles-ci ne sont pas parfaitement équivalentes pour ce qui nous concerne (il faut notamment fabriquer les dispositifs de production, ce qui peut engendrer des émissions non nulles).

Ensuite, tant que la consommation d'énergie totalise 3 ou 4 tep par personne (en Europe), voire 7 à 8 (cas des Etats-Unis), ces énergies renouvelables ne peuvent résoudre le problème par simple substitution avec les

énergies fossiles. Elles ont en effet un potentiel limité, ou exigent des occupations d'espace hors de proportion avec les disponibilités pour bénéficier de l'équivalent de ce que nous retirons actuellement des hydrocarbures. Si notre consommation par individu était divisée par 2 ou 3, alors certaines pourraient jouer un rôle notable, mais pas toutes au même niveau. Ainsi :

✓ substituer 10 % de la consommation française de pétrole par des biocarburants (dont il n'est pas du tout certain que le bilan « du puits à la roue » des émissions de gaz à effet de serre soit plus favorable que celui de l'essence) nécessiterait l'affectation de quasiment 100 % des terres cultivées, ce qui confine cette marge de manœuvre à presque rien dans tous les cas de figure ;

✓ la combustion directe de la biomasse (bois notamment) pour le chauffage et l'eau

chaude est par contre bien plus intéressante (il faudrait affecter environ 20 % du territoire pour obtenir l'équivalent de 100 % de l'énergie consommée dans le tertiaire) mais le bois est lourd et le bilan n'est pas forcément favorable dès qu'il faut le transporter loin des lieux de production : cette marge de manœuvre est d'autant plus intéressante que les villes sont petites et nombreuses (avec des forêts proches) ;

✓ l'hydroélectricité dispose d'un potentiel réel dans le monde, mais les barrages sont des installations traumatisantes pour la population (1 million de personnes déplacées aux 3 Gorges) ou la faune (diminution très nette des ressources piscicoles dans les fleuves possédant des barrages). En France il faudrait multiplier les barrages par 6 pour en tirer l'équivalent de 1 tep par personne ;

Energie primaire utilisée	Grammes d'équivalent carbone par kWh électrique (hors stockage)
Charbon	220 à 280
Cycle combiné à gaz	120
Nucléaire	2
Hydraulique	1
Biomasse bois (sans replantation)	410
Photovoltaïque (hors stockage)	16 à 41
Eolien (hors stockage)	1 à 6

Jean-Pierre Bourdier, *La Jaune et La Rouge*, Mai 2000.

✓ le flux géothermique planétaire est à peu près équivalent à ce que consomme l'humanité. Faire de la géothermie une ressource significative supposerait donc d'être capable de couvrir une large fraction de la planète avec un capteur efficace à 100 % : en d'autres termes cette marge de manœuvre est à peu près nulle au niveau mondial ;

✓ l'éolien mériterait un article à lui seul, tant il focalise l'attention ! Pour fixer les idées, produire l'équivalent de 1 tep par personne avec des éoliennes nécessiterait d'en construire quelques centaines de milliers (couvrant 10 à 20 % du territoire) ET des centrales à charbon ou à gaz pour une puissance équivalente, la production des centrales nucléaires ne pouvant être rapidement modulée pour compenser la chute de production des jours sans vent. Dans la pratique, une capacité significative d'éolien raccordée au réseau en France augmentera donc les émissions de gaz à effet de serre en imposant le remplacement d'une partie du nucléaire par du gaz, et ne permettra pas de gagner plus de 30 % des émissions liées à la production d'électricité (soit 10 % des émissions de gaz carbonique en ordre de grandeur) dans les pays qui ont un parc fossile, tels le Danemark ou

l'Allemagne. Si on peut stocker l'énergie et se dispenser des centrales à gaz, c'est un à deux million d'éoliennes qu'il faudrait construire pour disposer de la même quantité d'énergie que celle actuellement fournie par le parc EDF, sachant que ces dernières ne produisent qu'un tiers du temps dans les cas de figure les plus favorables ;

✓ produire 400 TWh avec du solaire photovoltaïque (soit 30 % de notre consommation d'énergie finale, en gros) est théoriquement possible en couvrant une fraction des toits existants (soit environ 2 % de la surface de l'Hexagone) de panneaux ; mais actuellement il faut 5 à 7 ans de fonctionnement pour restituer l'énergie nécessaire à la fabrication d'un panneau (de gros progrès sont cependant en vue). Le solaire est une énergie renouvelable plus intéressante que l'éolien à mon sens : la surface de toits offre un potentiel cohérent avec une consommation électrique d'une fraction de tep par personne, la production est réellement locale, alors qu'une « ferme » éolienne reste un outil de production centralisé, donc nécessitant un réseau de transport si les éoliennes bretonnes doivent alimenter le résident bourgui-

gnon ; les dispositifs de stockage (direct ou indirect) de l'énergie électrique ayant une masse importante par unité d'énergie stockée, leur utilisation décentralisée — couplée à du solaire — sera plus comode qu'avec une unité éolienne de forte puissance. Toutefois cette marge de manœuvre n'est pleinement mobilisable qu'à 40 ou 50 ans ;

✓ produire une tep par personne peut aussi s'envisager avec du solaire thermique (chauffage, eau chaude) en couvrant les surfaces de toits de chauffe-eaux solaires (pour l'eau chaude ou le chauffage), et il est techniquement possible de stocker la chaleur sur plusieurs mois, afin de bénéficier l'hiver de la chaleur emmagasinée l'été. Mettre en œuvre un plan permettant de substituer quelques dizaines de Mtep de pétrole par du solaire (sur quelques décennies) permettrait de créer une filière de 100 Giga-euros de chiffre d'affaires annuel profitant pour l'essentiel à l'emploi français et même local (artisans plombiers ou maçons). Mais, compte tenu des durées de pénétration des innovations, cette marge de manœuvre demande aussi quelques décennies pour être mobilisée.

Si notre consommation par individu était divisée par 2 ou 3, alors certaines énergies renouvelables pourraient jouer un rôle notable, mais pas toutes au même niveau.

En conclusion, disposer de 1 à 1,5 tep par personne (cela dépend de la proportion d'électricité) avec des renouvelables est possible, en sollicitant essentiellement le solaire et la biomasse replantée, et marginalement l'éolien. Notons que les énergies renouvelables possédant le meilleur rendement sont celles qui fournissent directement de la chaleur (solaire thermique, biomasse). L'électricité renouvelable pose un problème d'intermittence qui est aujourd'hui difficile à résoudre, et dans tous les cas de figure l'intégration paysagère du solaire est moins controversée que celle de l'éolien.

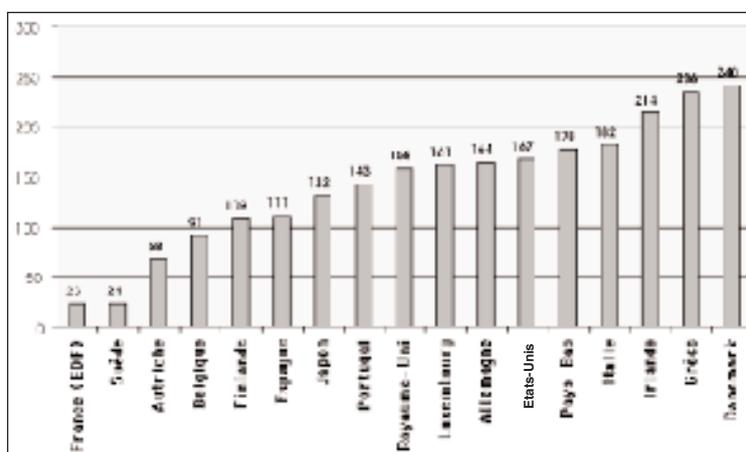
Et le nucléaire ?

Le recours au nucléaire ne constitue que l'une des

variables d'action possibles pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre, mais cette éventualité constitue pourtant bien souvent l'aboutissement de tout débat sur le sujet.

Un chiffre pour commencer : nucléariser la quasi-totalité de la production d'électricité mondiale sans changer la proportion d'électricité dans la consommation d'énergie finale permettrait de diminuer de 25 à 30 % les émissions anthropiques de gaz carbonique d'origine fossile. Cette marge de manœuvre est mobilisable en 20 à 30 ans. Si le consensus est de réduire le plus vite possible les émissions annuelles de gaz carbonique sous la barre des 3 Gt d'équivalent carbone, il serait parfaitement déraisonnable de se priver du nucléaire pour cela. Mais si les tendances actuelles de

consommation d'énergie se poursuivent, un tel effort — toujours sans changer la proportion d'électricité dans le mix énergétique — aurait pour seule conséquence de décaler la courbe des émissions (lesquelles croissent de 2 à 3 % par an actuellement) de 10 à 20 ans : en aucun cas il ne suffit de nucléariser toute la production d'électricité pour se débarrasser de notre problème, même si sortir du nucléaire rendrait sans aucun doute les choses encore plus difficiles pour nous faire revenir au plus vite sous la barre des 0,5 tonne équivalent carbone par personne et par an. De ce point de vue, présenter la sortie du nucléaire comme une action "logique" pour faire baisser les émissions de gaz à effet de serre (ce que j'ai déjà vu !) est une absurdité, quoi que l'on puisse penser du nucléaire par ailleurs.



Grammes équivalent carbone correspondants à la production d'un kWh électrique pour les pays de la CEE. AIE, 1997.

En France, le nucléaire fournit environ 30 % de la consommation d'énergie finale. Avant intervention des renouvelables, diviser les émissions de gaz à effet de serre par 4 pourrait donc s'obtenir, chez nous, avec une division par un peu plus de 2 de la consommation d'énergie, ce qui nous ramènerait au niveau de 1970 environ (ce n'est donc pas l'âge de la pierre !). Mais dans les autres pays, le potentiel des renouve-

lables étant très limité à brève échéance, une division des émissions par 5 à 10 en une génération sans recours au nucléaire paraît difficile à envisager. Actuellement, il y a une corrélation forte entre pourcentage d'électricité nucléaire et hydraulique dans le total de la production électrique et émission de GES par habitant dans les pays industrialisés.

Mais pour que l'énergie nucléaire puisse durablement — sur des milliers d'années s'entend — fournir une large fraction de la production mondiale d'électricité (restée à son niveau actuel), il faudrait recourir assez rapidement à la surgénération, les réserves d'uranium 235 fissile — le seul matériau utilisé actuellement — représentant guère plus que les réserves de pétrole. Seul ce recours à la surgénération — qui nécessite environ 40 ans pour être mis en œuvre — permettrait de porter l'horizon de ressources à quelques milliers d'années. Enfin cette marge de manœuvre demande des ressources techniques et financières stables et une culture de sécurité dont l'existence constitue un débat en soi.

Et les puits ?

Si le robinet des émissions semble trop dur à fermer, pouvons-nous ouvrir un peu plus la bonde ? Ont été envisagés :

✓ d'injecter le CO₂ en sortie de cheminée dans des poches

Concernant l'option nucléaire, seul le recours à la surgénération - qui nécessite environ 40 ans pour être mis en œuvre - permettrait de porter l'horizon de ressources à quelques milliers d'années. Mais cette marge de manœuvre demande des ressources techniques et financières stables et une culture de sécurité dont l'existence constitue un débat en soi.

épuisées d'hydrocarbures,

✓ d'injecter et dissoudre le CO₂ dans l'océan profond,

✓ de favoriser artificiellement la productivité du phytoplancton à la surface de l'océan, afin d'augmenter les ressources pour la chaîne alimentaire marine et in fine, augmen-

ter la sédimentation des restes d'animaux au fond des océans, ✓ de planter des forêts.

Hélas, ces éventualités se heurtent toutes à de très fortes limites :

✓ injecter le gaz carbonique en sous-sol induit une surconsommation en énergie de l'ordre de 30 % à usage identique, et ce procédé n'est envisageable que pour des sources fixes très importantes (centrales électriques à charbon ou hydrocarbures, aciéries...), situées près d'un réservoir géologique adapté (sinon le coût de la séquestration aug-

mente) et, enfin, avec des propriétaires ou clients acceptant de payer le surcoût qui en résulte. Toutes ces conditions ne semblent pas devoir s'appliquer à une proportion significative des émissions actuelles ;

✓ injecter du gaz carbonique dans le fonds de l'océan est probablement une fausse bonne idée : en se dissolvant, ce gaz se transformera en bicarbonate, ce qui acidifiera l'eau et aurait pour conséquence... une dissolution des sédiments calcaires, donc l'injection de plus de carbone dans le cycle. Enfin il est difficile de prévoir les conséquences que cela pourrait avoir sur les écosystèmes marins ;

✓ les expériences de fertilisation du phytoplancton menées jusqu'à présent n'ont pas donné les résultats escomptés, car le facteur limitant la croissance de la biomasse du phytoplancton est la disponibilité de sels minéraux (de fer notamment) qu'il faudrait « saupoudrer » sur une large partie de l'océan en permanence, avec à la clé une dépense énergétique considérable (donc un bilan net de l'affaire fort incertain), outre que l'effet sur les écosystèmes est aussi inconnu ;

✓ enfin les possibilités liées au boisement ne sont pas dans les bons ordres de grandeur.

Une absorption de carbone de 3 milliards de tonnes par an (soit l'augmentation annuelle du stock atmosphérique) réclamerait le boisement de l'équivalent d'un sixième des terres émergées (soit deux fois le Sahara), et ce impérativement à partir de terres agricoles (le boisement d'une prairie représente en effet un puits nul voire négatif). L'efficacité est en outre limitée à la phase de croissance de la forêt.

Réduire les gaz à effet de serre « pénaliserait-il l'économie » ?

L'argument le plus couramment employé pour ne pas chercher à faire baisser les émissions de gaz à effet de serre est d'invoquer une « pénalisation » pour l'économie. Que penser de cet argument ? Notons tout d'abord que le terme « économie » désigne ici nos échanges marchands, « pénaliser l'économie » n'a aucun sens : un régime amincissant « pénalise-t-il » la loi de la gravitation universelle ?

Au surplus, si le coût de certaines mesures est facile à calculer une fois que l'on s'est donné des conventions pour

cela, le coût du risque évité est impossible à déterminer. Comme personne n'est capable de lui attribuer une borne supérieure, on peut très bien considérer qu'il est infini, et donc que tout ce qui contribue à ne pas faire courir ce risque procure un gain infini lui aussi. Il est assez facile de montrer que si l'on obligeait toute entreprise utilisant des combustibles fossiles à constituer dans ses comptes une « provision pour reconstitution du climat », dont la borne supérieure serait donc infinie, bon nombre vendraient actuellement à perte !

Ce qui est certain, c'est qu'un changement de mode de vie destiné à diminuer nos émissions ferait des perdants parmi certains « acteurs économiques » : un changement des règles du jeu sans perdants est une vue de l'esprit. Dans notre affaire, si une division par 2 ou 3 des émissions mondiales de gaz à effet de serre est envisagée, avec une population restant à quelques milliards d'individus (à 5 milliards d'habitants sur Terre, comme au début du néolithique, nous pouvons consommer 10 tep par personne sans problème !), il paraît probable que les acié-

ristes, certains chimistes, les fabricants de modes motorisés de transport, les compagnies aériennes, et les éleveurs de bœufs (liste non exhaustive) ne pourraient maintenir leur activité en volume — c'est-à-dire en tonnes ou en m³ — au présent niveau. Savoir s'ils

pourraient maintenir leur chiffre d'affaires dépend du prix par unité de volume que la collectivité pense opportun de leur payer. Les artisans, les agriculteurs extensifs, les travaux manuels, l'économie locale, les fabricants de cycles, l'exploitation forestière et encore quelques autres activités verraient leur part relative augmenter et compteraient parmi les « gagnants » de l'affaire. Simplement, ces professions sont moins visibles que les grandes entreprises manufacturières — qui n'ont pu se développer qu'avec de l'énergie abondante — et il est normal que l'on entende surtout les perdants potentiels expliquer que tout cela n'est pas souhaitable. Mais il ne s'agit pas de la totalité de notre économie.

On pense aussi couramment que l'emploi serait menacé par un programme de lutte contre le changement climatique. Or

Ce qui est certain, c'est qu'un changement de mode de vie destiné à diminuer nos émissions ferait des perdants parmi certains "acteurs économiques" : un changement des règles du jeu sans perdants est une vue de l'esprit.

le plus grand concurrent de l'emploi, c'est l'énergie, qui permet précisément de se passer du service humain : si 3 % de la population aux champs suffit à nous nourrir, cela est notamment le résultat d'une énergie abondante, permettant de disposer d'engrais (actuellement fabriqués à partir de gaz naturel), de pesticides, de tracteurs, etc. Il est plus que vraisemblable qu'un monde plus économe en énergie serait plus riche en emplois à valeur ajoutée égale produite, en particulier manuels et locaux.

De nombreux économistes ont souligné l'inadéquation des calculs économiques tels qu'ils sont actuellement faits pour arbitrer les enjeux de long terme. Si les aspects économiques sont devenus incontournables dans la vie quotidienne de nos sociétés, il importe de se rappeler qu'il ne s'agit que d'outils de gestion, mais qu'il n'est pas possible de s'appuyer sur eux seuls pour arbitrer l'opportunité d'une rupture importante, telle

Si les aspects économiques sont devenus incontournables dans la vie quotidienne de nos sociétés, il importe de se rappeler qu'il ne s'agit que d'outils de gestion, mais qu'il n'est pas possible de s'appuyer sur eux seuls pour arbitrer l'opportunité d'une rupture importante, telle celle qu'impliquerait une réduction forte des émissions de gaz à effet de serre.

celle qu'impliquerait une réduction forte des émissions de gaz à effet de serre. Notre problème ressemble à celui d'un gros fumeur de cigarettes : s'arrêter est désagréable à court terme, mais optimise les chances de survie à terme ; continuer requiert moins d'efforts immédiats, mais compromet plus l'avenir. L'économie seule peut-elle servir à arbitrer entre ces deux possibilités ?

Notes

(1) Ingénieur conseil, Manicore (www.manicore.com).

(2) 1 Gt = 109 tonnes ; par ailleurs une tonne de carbone est équivalente à 3,5 tonnes de CO₂ environ.

(3) Cela correspond à peu de choses près à la surface habitable par Français.

(4) Mais pas sous forme de biocarburants, cf. plus haut.

(5) Voir par exemple les écrits de Marcel Boiteux sur la question des taux d'actualisation.

Bibliographie

[1] « L'effet de serre : allons-nous changer le climat ? », Hervé Le Treut et Jean-Marc Jancovici, Flammarion, coll. Dominos, 2001.

[2] « L'Avenir climatique : quel temps ferons-nous ? », Jean-Marc Jancovici, Seuil, coll. Science ouverte, 2002.