



Conférence donnée au cours de la session 2007 des Semaines Sociales de France, "Vivre autrement pour un développement durable et solidaire".

## Energie et climat : des certitudes du passé aux incertitudes du 21<sup>ème</sup> siècle

Jean-Marc Jancovici\*

La crainte de ne pas « durer » est aussi ancienne que l'humanité. Je ne suis pas le premier à poser la question de la durabilité du système dans lequel nous vivons. Sans remonter aux Saintes Ecritures, Malthus déjà au XVIII a ouvert la réflexion sur le nombre de personnes que l'on peut faire vivre sur cette planète et dans quelles conditions. En 1972 paraît le fameux *Rapport du Club de Rome*, dont tout le monde a entendu parler mais que personne ou presque n'a vraiment lu. Son cas est d'ailleurs représentatif de la façon dont l'information scientifique et technique se diffuse aujourd'hui : énormément de gens entendent parler de ce qui fonde les débats sur l'avenir de notre espèce et sur la biosphère qui nous héberge, mais très peu prennent le temps d'aller à l'information primaire, pas même les journalistes ! Ayons donc bien à l'esprit ces deux données dans nos débats : l'accès à l'information scientifique très limité ; et la quasi-totalité des personnes, y compris les politiques ou les journalistes, qui en restent à ce dont ils ont entendu parler.

Il y a trente ans, le Club de Rome

Au moment de sa création en 1968, le Club de Rome regroupait une poignée d'hommes occupant des postes relativement importants dans leurs pays respectifs (un recteur d'université allemande, un directeur de l'OCDE, un vice-président d'Olivetti, un conseiller du gouvernement japonais...). Tous souhaitaient que la recherche s'empare du problème de l'évolution du monde pris dans sa globalité pour tenter de cerner les limites de la croissance. Ce n'est toutefois pas en 1968 que paraît le fameux "rapport", mais quelques années plus tard, en 1972, et ce ne sont pas les membres du Club de Rome qui l'ont rédigé, mais une équipe de chercheurs du *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* constituée pour l'occasion à la demande du Club. Il serait donc plus juste d'appeler le document par son vrai nom : le rapport Meadows & al, paru en français sous le titre *Halte à la croissance*<sup>1</sup> (mauvaise traduction du titre anglais : « the limits to growth »). Ce rapport est en réalité un document de synthèse présentant les principaux résultats du travail effectué. Les dynamiciens de système du MIT ont essayé, avec l'aide de l'informatique de l'époque, de mettre l'humanité en équations et d'élaborer un système rendant compte de l'évolution de notre système socio-économique de 1900 à 2100. Leur objectif était de comprendre ce qui se passait.

\* Jean-Marc Jancovici est polytechnicien, spécialiste du changement climatique et des questions énergétiques. Il est l'auteur de...

<sup>1</sup> NDR : Il fut suivi en 1974 d'un deuxième rapport : « *Sortir de l'ère du gaspillage : demain* ». Depuis, le Club de Rome a produit plus de 20 publications.

### INSERER DIAPO 3

Parmi les nombreux diagrammes qu'ils ont élaborés sur la base de différentes hypothèses, celui-ci montre l'évolution du monde de 1900 à 2100. La première crainte de ces scientifiques portait sur le « pic » dans la production de ressources non renouvelables. La seconde, trente ans avant les travaux du GIEC, soulignait que si les ressources n'étaient pas « limitantes », le monde pourrait s'effondrer faute d'être capable d'épurer nos déchets. En prenant une hypothèse de ressources naturelles très abondantes, une autre simulation montrait que le système se détruisait alors par la pollution engendrée par la production de sous-produits liés à cette consommation des ressources naturelles.

Nous avons tendance à considérer que notre système va durer jusqu'au moment où les retraites seront sauvées et les Chinois vivront comme nous. Le point sur lequel le Club de Rome voulait nous alerter en 1972, c'est que, parce qu'il se nourrit de la dégradation du capital naturel et non de ses seuls intérêts, la logique tendancielle du système est son effondrement et non la croissance perpétuelle. Avec 35 ans de recul, j'accepte d'être à mon tour, dans le cadre de cette session des Semaines Sociales, le porteur de mauvaises nouvelles. Je ne vais pas vous parler de développement large et durable, mais avant de ce qui n'est pas durable : les ressources énergétiques et le climat.

### **1. Les ressources énergétiques : pics, stocks et consommation**

De *Sapiens* à *Industrialis*, juste une question de zéros...

Du point de vue de l'énergie, il n'y a d'une certaine manière pas grand chose de neuf sous le soleil depuis que l'homme a domestiqué le feu il y a 500000 ans. Les renouvelables sont beaucoup plus anciennes que les fossiles. Quand on parle de nouvelles énergies, on ferait mieux de dire anciennes énergies. Même le pétrole et le charbon sont connus depuis des milliers d'années. Mais ce qui a changé entre cette époque pas si ancienne et l'époque actuelle, ce sont les ordres de grandeur. Or ce sont justement ces ordres de grandeur qui modifient radicalement la nature des problèmes et les conclusions qu'il convient d'en tirer. Tant que l'on ne s'est pas intéressé au nombre de zéros, on n'a pas quitté le niveau de la conversation de bistrot, aussi sympathique soit-elle. Et lorsqu'on est chargé de gérer l'avenir, il faut de temps en temps aller un peu au-delà.

Le premier ordre de grandeur à avoir radicalement changé en l'espace de quelques milliers d'années renvoie à un débat que je sais difficile parmi les catholiques : celui de la population. Depuis que notre espèce s'est sédentarisée, soit en l'espace de quelques milliers d'années, la population a été multipliée par un facteur 1000. L'essentiel de cet accroissement a eu lieu depuis le début de la révolution industrielle. Aujourd'hui, nous sommes six milliards et demi. Cela conduit à des débats difficiles. Question irrévérencieuse qui mériterait un long débat : est-ce rendre service à la pérennité du système que d'encourager un tel accroissement ? Parce que toute la place que nous occupons aujourd'hui, c'est pour partie autant qui ne sera pas laissée à des êtres humains plus tard. Ensuite vient l'échelle de temps qui nous intéresse lorsqu'on s'intéresse au développement durable ou soutenable : combien de temps doit effectivement durer l'évolution considérée ? Une semaine, un mois, cinq ans, deux siècles ou trois millénaires ? Si la réponse est plusieurs décennies, la question de la taille de la population est alors centrale.

Le deuxième changement d'ordre de grandeur, qui a eu lieu durant ce siècle et demi qui nous sépare de la deuxième révolution industrielle, c'est l'augmentation de la quantité d'énergie consommée par personne. En physique, l'énergie est tout simplement la grandeur qui permet de caractériser un changement d'état d'un système. Elle intervient quand on change une température, une masse, une vitesse, une composition chimique, une nature atomique. Dire que l'homme consomme de plus en plus d'énergie, cela n'est rien d'autre que de dire que chacun d'entre nous possède une aptitude croissante à modifier physiquement le monde qui l'entoure. La consommation d'énergie est ainsi un excellent indicateur agrégé de la pression sur l'environnement. Durant les Trente Glorieuses, la consommation d'énergie primaire hors biomasse par habitant a été multipliée par trois. En d'autres termes, la croissance

économique très forte de cette période a été corrélée – même s'il faut se méfier des corrélations parfois – avec une très forte croissance de la quantité d'énergie consommée par personne, donc de la pression agrégée par personne sur l'environnement. Question : allons-nous pouvoir continuer ainsi ?

### **Une consommation énergétique de nababs**

Nietzsche voulait des surhommes : en comparaison de la condition de vie des êtres humains il y a quelques siècles, nous voici en tout cas tous des nababs – même les plus déshérités d'entre-nous. La bonne manière de caractériser en effet l'explosion de notre consommation énergétique est de la traduire en équivalents domestiques ou esclaves. Pour calculer une telle équivalence, il suffit de prendre l'énergie thermique – qui correspond au dégagement de chaleur de notre métabolisme de base – ou l'énergie mécanique qu'un humain est capable de restituer sur une journée. L'énergie thermique dégagée par un individu au repos qui a mangé 2000 Calories correspond à peu près 2,5 kWh par jour. Pour l'énergie mécanique, si on prend quelqu'un de très motivé qui monte sur une montagne et fait 2000 mètres de dénivelé dans la journée, cette personne aura restitué 0,5 kWh d'énergie mécanique à la fin de la journée. De la même manière, avec une équation physique simple, on peut calculer qu'une paire de bras type Schwartzneger qui aurait pelleté 18 tonnes de terre dans la journée sur un mètre de hauteur restituerait 0,05 kWh dans la journée. Sachant qu'un français consomme en moyenne 47 000 kWh par an toute énergie confondues (pétrole, gaz, charbon, nucléaire, renouvelables), cela veut dire que nous disposons tous de l'équivalent d'une centaine de domestiques ou d'esclaves à notre service 24 heures sur 24. Voilà la condition de vie de *homo industrialis* de base ! C'est un fait prodigieux et absolument sans précédent dans l'histoire de notre espèce.

INSERER DIAPO 8

Nos esclaves mécaniques se retrouvent dans l'agriculture : chacun d'entre-nous dispose de 20 paires de bras en permanence au travail dans les champs. Moyennant quoi, nous sommes ici à réfléchir à l'avenir de l'espèce, au lieu d'être occupé à faire pousser des patates – la condition de vie de 70% des actifs il y a deux siècles. Nous avons chacun également en permanence 26 paires de jambes à notre disposition pour nous déplacer : cela s'appelle une voiture, un camion, un avion, un train, un métro, un bateau. Nous avons 17 paires de bras et de jambes dans l'industrie qui ont permis de faire le verre posé devant moi, la fourrure polaire que je porte, le micro dans lequel je suis en train de parler, etc. Nous avons chacun 16 domestiques en permanence qui lavent le linge, la vaisselle, réfrigèrent les aliments, etc. S'il nous fallait payer le kWh électrique fourni par un esclave – quelqu'un qui remonterait de l'eau jusqu'au sommet d'une falaise pour la verser dans un tuyau afin qu'elle soit turbinée tout en bas pour produire de l'électricité ! – il nous en coûterait quelques centaines de milliers d'euros par kWh. On réalise là que l'énergie aujourd'hui ne vaut rien, absolument rien. Et c'est pour cette raison que nous en consommons tous autant afin de bénéficier chacun d'une centaine d'esclaves mécaniques en permanence. Autre illustration de cette insignifiance du prix de l'énergie : dans un litre d'essence TTC à 1,4 euro, nous avons 10 kWh, c'est-à-dire l'équivalent mécanique de 10 paires de jambes au travail sur une journée que nous payerions 1000 fois plus cher s'il s'agissait d'individus au SMIC ! Le grand défi est là. L'énergie est totalement invisible dans notre système de prix, alors que supprimer l'approvisionnement énergétique conduirait à la disparition de 50 à 80 % de notre PIB. Nicholas Stern vous le dira : notre système de prix est devenu faux. Pour ma part, je pense qu'il est temps de jeter le PIB à la poubelle, il ne nous sert plus à rien !

Population multipliée par 1000, consommation d'énergie multipliée par 100 : un sacré changement !

Si l'on compose la manière dont la démographie a évolué avec la quantité d'énergie consommée en moyenne par personne, on obtient des ordres de grandeur qui rendent légitime un débat qui n'avaient absolument pas lieu d'être il y a un siècle. Je le répète : tout

est ici une question d'ordres de grandeur. Notre consommation d'énergie a été multipliée par 10 en 60 ans, par 30 en l'espace d'un siècle – une partie significative de cette évolution ayant eu lieu pendant les Trente Glorieuses, nous l'avons déjà signalé. Qui plus est, 80 % de cette énergie est issue de stocks non renouvelables.

Autre remarque importante : aucune forme d'énergie n'a jamais décliné dès lors qu'on a commencé à s'en servir. C'est le cas par exemple du charbon. Contrairement à ce que les Français semblent croire, le charbon n'a jamais décliné. Sur les cinq dernières années, la croissance de la quantité de charbon consommée sur terre a été près de trois fois plus forte que celle du pétrole (l'électrification des économies en voie d'industrialisation se fait plus rapidement que leur accès au transport). Trois quarts du charbon extrait sur terre aujourd'hui sert à produire de l'électricité. Inversement, 40% de l'électricité mondiale est produite avec du charbon (et même 50% aux USA, par exemple), loin devant le gaz (20%), et le nucléaire et l'hydroélectricité (15% chacun).

Aujourd'hui, les hydrocarbures assurent donc à peu près 80 % de l'approvisionnement énergétique de l'humanité. Les esclaves mécaniques évoqués précédemment sont donc assurés, en moyenne mondiale, à 80 % par des hydrocarbures. Or ces derniers partagent deux caractéristiques : quand on les utilise, on produit du CO<sub>2</sub> – il n'y a pas moyen d'échapper à la chimie ! – ; ils sont puisés dans un stock fini. Il faut quelques dizaines de millions d'années pour faire du pétrole, et quelques centaines de millions d'années pour faire du charbon. Aux échelles de temps qui sont les nôtres, on peut donc considérer que ces énergies sont disponibles en quantité finie. Et là, les mathématiques sont reines. À partir du moment où l'on puise dans un stock fini, la consommation annuelle de ce stock est condamnée à passer par un maximum puis à tendre vers zéro. Les pics de production du pétrole, du gaz, du charbon – ou de n'importe quel minerai métallique – sont des objets mathématiquement certains. Le seul débat possible est : à quel niveau et quand au plus tard ? Si c'est dans quelques millions d'années, cela ne pose pas les mêmes problèmes qu'une échéance dans quinze ans. C'est toujours une question d'ordre de grandeur et de temps.

Le débat sur le développement durable et sur notre civilisation industrielle peut finalement se résumer à une digression autour de la relation chimique  $C_nH_p + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$  (mais la vapeur d'eau ne génère aucun inconvénient). Cette relation stocks d'hydrocarbures / émissions de CO<sub>2</sub> / énergie consommée – ou esclaves mécaniques disponibles – est à l'origine de la quasi-totalité de nos acquis sociaux. Sans esclaves mécaniques, il ne serait plus question de prendre sa retraite à 60 ans, ni de travailler 35 heures, d'avoir six semaines de congés payés, ou de divorcer – puisqu'il faut un pouvoir d'achat élevé des deux côtés pour se le permettre. La totalité de notre système socio-économique aujourd'hui est, on le voit, fondé sur un approvisionnement énergétique abondant. C'est pourquoi il est essentiel d'avoir les idées claires sur cette relation chimique toute bête et ce qu'elle implique : à la fois le débat sur les ressources énergétiques – combien de temps pouvons-nous jouer à « j'extrais de plus en plus de carbone du sous-sol » ? – et le débat sur le changement climatique – combien de temps pouvons-nous jouer à « je mets de plus en plus de carbone dans l'atmosphère » ?

### **De plus en plus de pétrole, pour combien de temps ?**

De quel stock de pétrole disposons-nous pour « jouer » encore ? Pour en avoir une idée, il suffit de s'intéresser au cumul des découvertes, ou plus exactement à la fraction de ce cumul que l'on estime extractible. Car avant d'extraire du pétrole, il est bon de pouvoir le découvrir ! La courbe des découvertes de pétrole indique, contrairement à une idée de beaucoup, que celles-ci décroissent depuis 45 ans. Ce n'est pas moi qui le dit, mais Exxon-Mobil.

#### **DIAPO 12**

Mathématiquement, le stock de pétrole à la disposition de notre civilisation industrielle est représenté par la surface grise sous la courbe. Sa hauteur peut être objet de spéculation : c'est la fraction extractible des découvertes. Il n'empêche, nous avons à faire à un stock fini. La production cumulée de pétrole, entre le moment où Francis Drake a commencé à creuser des puits à Tittusville en 1859 et le moment où il n'y aura plus personne pour en extraire, ne pourra en aucun cas dépasser la fraction extractible des découvertes cumulées. Une fois ce

fait posé, on peut se demander : à quand alors le maximum de production de pétrole au plus tard – même s'il est souhaitable, pour des raisons liées à l'environnement, de ne pas attendre le pic de production lié aux contraintes géologiques.

En matière d'extraction d'hydrocarbures, nul n'est plus proche des informations primaires que les opérateurs pétroliers et les techniciens qui travaillent dans ce domaine. Ce qu'ils nous disent mérite donc la plus grande attention. Les plus pessimistes estiment que nous sommes déjà au pic de production, les plus optimistes parlent de 2025. Les dirigeants de Total tablent entre les deux : 2020 au plus tard. Dans son petit livre *La vie (presque) sans pétrole*<sup>2</sup>, le journaliste Jérôme Bonaldi annonce en ouverture que le pic de production a eu lieu hier à 18h15. Il indique par là que nous n'aurons la confirmation physique du pic de production du pétrole que bien après la constatation de sa traduction économique. La production va forcément faire des zigzags. Il faudra du temps avant que la tendance sorte du bruit de fond. En tout état de cause, la prolongation tendancielle de la consommation est considérée comme invalide par de plus en plus d'opérateurs pétroliers. J'insiste alors sur un point : un monde dans lequel la production de pétrole décroît et la consommation croît, cela n'existe pas ! Si la production de pétrole décroît, quoi qu'il en soit de nos régimes spéciaux de retraite, des voitures chinoises, indiennes et du reste, la consommation décroîtra, point.

Que devient le prix de la ressource dans ce contexte ? Je vais repartir d'une évidence : on ne peut se poser la question du prix sur un marché qu'à partir du moment où il y a un marché. Si une partie de la régulation se fait en dehors – rationnement, restriction, fermeture des frontières, guerres... – la question ne se pose même plus. Je ne sais donc pas comment va évoluer le prix du marché à l'avenir. Il y a des scénarios avec hausse et sans hausse. Ce que je sais en revanche, c'est que la question du pétrole ne concerne pas des générations futures à venir dans un monde lointain que l'on a du mal à se représenter, mais cette génération que nous retrouvons tous les jours en rentrant à la maison.

### **La pénurie, c'est grave docteur ?**

Dans son ouverture, M.Camdessus a évoqué les plus déshérités qui allaient prendre la part la plus importante des ennuis futurs si nous ne faisons rien. Pour ma part, si le monde connaît une récession effroyable, je crains bien plus un coup de folie de nos sociétés riches que des déshérités. Rappelons-nous que les deux conflits les plus meurtriers du XX<sup>e</sup> siècle ont été le fait des pays riches, pas des pays pauvres. Car récession n'est pas un mot à laisser au vestiaire quand on parle de ce genre de sujets. La corrélation entre le prix du pétrole et le chômage, par exemple aux Etats-Unis, a été bien mise en évidence. En France, on peut aussi mettre en corrélation l'appel à la dette pour boucler le budget de l'Etat et l'augmentation du prix du pétrole. Le recours à l'endettement date du premier choc pétrolier et augmente à chaque récession. Cela pose la question des moyens que l'Etat, grosse machine qui ne sait pas réduire la voilure en fonction de l'évolution de ses recettes, aura à sa disposition dans un contexte de récession très sévère. Bien des personnes souffriront alors, mais l'Etat aura moins d'argent pour les aider.

Il n'y a pas que le pétrole : cela sera-t-il durable avec le charbon ? « On » nous dit que nous disposerions de 300 ans de ressources en charbon. Remarquons que ce n'est pas parce que les réserves représentent 300 fois la consommation de l'année écoulée qu'il y a 300 ans de charbon. On n'a jamais mesuré les réserves en durée mais en volume – volume que l'on peut consommer à vitesse constante ou croissante. Et c'est bien à vitesse croissante que nous consommons les énergies fossiles, avec plus 2% d'augmentation par an. A cette vitesse, nous aurons épuisé toutes les réserves trouvées, charbon compris, en 50 ans – tout au plus en un siècle si l'on prend le haut de la fourchette des réserves accessibles sur terre. Le service Recherche & Développement d'EDF prévoit le pic de production des énergies fossiles, quelles qu'elles soient, au plus tard juste après 2050, même avec des hypothèses hautes sur le charbon. En faisant abstraction de la question des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, se reporter du pétrole sur le charbon ne donnerait que 30 à 40 ans supplémentaires, guère plus – sans parler des goulets d'étranglement que sont les investissements pour construire des usines de transformation du charbon en carburant liquide de synthèse. Pour exploiter

---

<sup>2</sup> *La vie (presque) sans pétrole*, Plon, 2007.

aujourd'hui le pétrole que nous consommons, il faut à peu près 1000 raffineries dans le monde. Pour information, une raffinerie coûte de un à deux EPR (2 à 3 milliards de dollars). Si on voulait liquéfier le charbon – ce qui marche très bien, les Sud Africains quand ils étaient sous embargo en savaient quelque chose – afin de motoriser tout le monde comme actuellement, il faudrait construire 4000 unités de conversion à la surface de la planète et refaire les réseaux d'oléoducs à partir des bassins charbonniers. Parviendra-t-on à trouver des capitaux pour cela avant même que l'on parle de pic de production pour des raisons purement géologiques ? C'est aussi une question à se poser.

Le problème se complique plus encore pour nous européens, qui importons 99% de notre pétrole et 97% de notre gaz (cas de la France), lorsqu'on examine où se trouvent les réserves d'énergie fossile restantes. Les réserves de pétrole sont pour l'essentiel au Moyen Orient – l'Europe détiendrait 1% du pétrole. 30 % des réserves gazières de la planète sont détenues par la Russie. L'Iran possède le second stock. Même le charbon, qui semble bien réparti par continent, est concentré entre les mains de six pays pour plus de 80 % des réserves : les Etats-Unis (25% des réserves mondiales, ce qui explique beaucoup mieux que le pétrole ses réticences à signer Kyoto), puis la Russie, la Chine, l'Inde et l'Australie, et enfin l'Afrique du Sud – tous des pays qui soit n'ont pas d'engagement contraignant dans Kyoto, soit ne l'ont pas ratifié, à l'exception de la Russie. Ces six pays nous vendront-ils leur charbon lorsque les tensions sur l'approvisionnement en hydrocarbures liquides se feront encore plus sentir ?

## 2. Et le climat ?

Toutes ces considérations sur les ressources énergétiques ont été faites jusqu'ici sans prendre en compte les menaces que font peser sur le climat les émissions de CO<sub>2</sub>, principal gaz à effet de serre. Et le climat ? Il faut comprendre d'abord que le climat, ce n'est pas juste les hommes, ni juste l'atmosphère. (Diapo n°21). Le climat n'est bien entendu pas la météo : à l'échelle de la semaine, l'élément principal de variabilité du système, c'est effectivement l'atmosphère. Mais quand on s'intéresse à des évolutions sur des échelles de temps long – le siècle par exemple – c'est l'océan qui domine.

INSERER DIAPO 21

S'il n'est pas le seul, l'homme est une des causes de perturbation du système climatique. Compte-tenu des ordres de grandeur en jeu, on peut se demander s'il n'est pas en train de devenir le facteur dominant de perturbation à l'échelle du siècle ? Cette perturbation est le fait de nos émissions de gaz à effet de serre, traduction aval de nos consommations d'hydrocarbures. Celles-ci sont donc tout aussi indissociables de la croissance économique pour l'instant. Les seuls hoquets que montrent les courbes d'émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde correspondent aux chocs pétroliers et aux périodes de récession. Quand la croissance va très mal, comme dans les pays de l'Est après la chute du mur de Berlin, les émissions de CO<sub>2</sub> dégringolent encore plus vite. Mais si l'on compare, pour un certain nombre de pays émergents, le taux de croissance annuel moyen des émissions de CO<sub>2</sub> par personne entre 1990 et 2003 et le taux de croissance annuel moyen du PIB par habitant sur la même période, on est en droit d'être plus inquiet encore : la croissance des émissions par tête est allée plus vite que la croissance du PIB.

Pour des raisons mathématiques et géologiques, cette courbe des émissions va forcément finir par redescendre. Il s'agit seulement de savoir si on préfère gérer cette baisse ou attendre qu'elle se fasse toute seule, c'est la seule question ! Quand on considère la nature des événements qui l'ont fait baisser involontairement de par le passé, on peut penser que l'on perdra beaucoup plus à attendre et laisser faire, plutôt que de gérer volontairement la diminution, aussi amère soit la potion. A l'évidence, il n'y a pas erreur de casting dans l'attribution du prix Nobel de la paix à Al Gore et au GIEC : un monde que nous déstabiliserions à vitesse accélérée avec un approvisionnement en hydrocarbures non assuré ou une perturbation climatique de grande ampleur serait à n'en pas douter un monde de violences et d'injustices encore plus grandes qu'un monde dans lequel nous gérerions correctement le problème.

## 5 degrés de plus, c'est un changement d'ère climatique

La pollution par les gaz à effet de serre que nous devons affronter est globale et irréversible. Nous ne pouvons rêver à aucun retour en arrière. Une fois libérés dans l'atmosphère, les gaz à effet de serre y restent en effet pour un siècle au moins. Si l'humanité disparaissait brutalement aujourd'hui et que toute émission de CO<sub>2</sub> cessait, l'augmentation de la température moyenne au 21<sup>e</sup> siècle n'en serait pas moins de 0,5 degré. L'enjeu est donc essentiellement de limiter l'ampleur et la rapidité du changement climatique, mais pas de le supprimer. Quelques degrés en un siècle serait un choc massif et ingérable. N'oublions pas que seuls cinq degrés nous séparent de la précédente ère glaciaire il y a 20000 ans. A cette époque-là, d'immenses glaciers épais de plusieurs kilomètres recouvraient l'Amérique et l'Europe du Nord. Le sol de la France ressemblait au nord de la Sibérie : il était gelé en permanence et inapte aux cultures. Le niveau de la mer était inférieur de 120 mètres au niveau actuel ; on passait quasiment à pied sec de France en Angleterre. La température de l'Europe était plus basse de 8 à 10 ° ; seule la température des Tropiques était à peu près la même. Réalisons bien que la transition vers notre climat s'est faite en 10000 ans, avec une population nomade estimée à cinq millions d'individus. Que signifierait un réchauffement de même amplitude en seulement un siècle pour une population sédentaire de plusieurs milliards d'habitants ?

La modélisation des différents scénarios d'émissions conduit à penser que nous sommes déjà « sortis des clous » avec le monde actuel. Avec des émissions restant constamment au niveau d'aujourd'hui durant le 21<sup>e</sup> siècle, les modèles nous indiquent que la température planétaire grimperait de deux degrés supplémentaires, peut-être plus – deux degrés, ce n'est pas rien. Si l'on souhaite que l'ensemble de la planète vive comme un polonais aujourd'hui – les Polonais sont les détenteurs des premières réserves de charbon en Europe, et si le monde veut essayer de prolonger la croissance aussi longtemps que possible sur les énergies fossiles, le mode d'approvisionnement polonais ressemblera à celui du monde dans son ensemble – on atteindra 4 à 6 degrés de hausse en 2100, scénario en lui-même mortifère, en dehors même des questions de ressources réellement disponibles.

## Où est le développement durable ?

On sait que les émissions de CO<sub>2</sub> vont augmenter, puis baisser soit grâce à notre sagesse, soit à cause des contraintes de ressources. A cause de l'inertie chimique du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, on sait aussi qu'il faudra attendre d'être revenu à la moitié de nos émissions de 1990 pour que le stock atmosphérique de CO<sub>2</sub> arrête de grimper. Il va donc falloir redescendre très en dessous des émissions auxquelles nous sommes habitués aujourd'hui pour simplement stabiliser le niveau atmosphérique du CO<sub>2</sub>. Osons le reconnaître : la question du développement durable ne se borne pas à savoir comment faire durer notre monde en l'état. Notre « monde » ne va pas durer.

INSERER DIAPO 28

Si nous attendons que la contrainte de ressources nous force à passer le pic, nous n'aurons alors pas un problème qui en aurait évacué un autre, mais deux en même temps : un problème croissant d'environnement, et des ressources décroissantes pour y faire face. Nos enfants apprécieront. Pour éviter d'en arriver là, il va falloir diviser en moyenne les émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde par deux. Soit à minima pour nous, une division par quatre si vous voulez respecter des principes d'équité – un « droit maximal » à émettre le même pour tous sur la planète. Concrètement les Français doivent donc rejoindre le niveau actuel d'émission d'un brésilien. Soit la nécessité pour chacun de nous de choisir un seul plat dans le menu suivant au cours d'une année, en l'état actuel des technologies. Une seule de ces activités suffit en effet à atteindre le « droit maximal à émettre sur une année » par personne à ce jour :

faire un aller retour en avion Paris New York

ou consommer 3.700 kWh d'électricité en Grande Bretagne ou 3.200 kWh en Allemagne, mais 24.000 kWh en France (consommation annuelle moyenne par Français : environ 8000 kWh),

ou acheter 50 à 500 kg de produits manufacturés,  
ou produire 2 tonnes de ciment (une maison moderne de 100 m<sup>2</sup> en nécessite environ 10),  
ou brûler 7.200 kWh de gaz naturel, en tenant compte des émissions amont (quelques mois de chauffage d'un logement).  
ou parcourir 5.000 à 6.000 km en 6CV en zone urbaine (2 fois moins en 4x4)

Une croissance « libérée sans » CO2 ?

La question de la croissance du PIB sans carbone, autre sujet récurrent dans le débat, est grande ouverte. Mais les données physiques connues sont rudes et les mathématiques des lois d'airain. Au vu de ce graphique de l'Agence Internationale de l'Énergie, il est facile de comprendre que découpler la croissance de l'augmentation du nombre de véhicule kilomètre par habitant en fonction du PIB par tête ne va pas être facile. Question : peut-on faire baisser les kilomètres roulés par personnes et par an en voiture sans faire baisser le PIB ? De même pour la demande en électricité : les courbes ci-dessous montrent les corrélations entre le PIB, l'énergie des transports et l'électricité en France de 1970 à 2006. Le PIB a triplé, tout comme la demande d'électricité, et la consommation d'énergie des transports a plus que doublé. Question : si on veut faire baisser ces émissions en valeur absolue, que se passe-t-il pour le PIB ?

INSERER DIAPO 31

Autre donnée significative : la corrélation entre l'évolution du PIB par personne et la consommation de viande par personne entre 1960 et 2002. Le prix de la protéine animale baisse en effet considérablement quand on augmente la consommation d'hydrocarbures. Dans un kilo de bœuf, il y a environ un kilo d'hydrocarbures – dont ceux qui ont été nécessaire pour les engrais qui ont permis de faire pousser les céréales pour alimenter les bestiaux etc. Sans parler des milliers à dizaines de milliers de litres d'eau... Les Français consomment aujourd'hui cinq fois plus de viande qu'il y a deux siècles : cela n'est possible qu'en raison de l'énergie abondante pour produire des protéines animales ou d'autres aliments, et cela s'est produit alors même que la part de l'alimentation dans le budget global a considérablement baissé. Nous n'y pensons pas mais nous mangeons littéralement du pétrole. Dernière donnée : la corrélation entre les flux d'information et les flux de marchandises à la surface de la planète. L'économie de l'information offre-t-elle une issue ? On aurait été tenté de penser que la civilisation Internet allait amener une baisse des camions sur les routes. Les données actuelles nous disent le contraire : plus on fait circuler d'informations, plus on a tendance à mettre des camions sur les routes. Un employé du tertiaire de 2006 – un employé de banque, de mairie, de la sécurité sociale, un agent de France Telecom – consomme presque autant d'énergie pour son seul travail qu'un Français de 1960 pour tous ses usages.

Au final, le problème à résoudre pour réconcilier croissance et développement durable est tout entier contenu dans l'équation suivante : Emission de CO2 = Contenu en CO2 de l'énergie x Intensité énergétique de l'économie x production par personne x Population.

Du côté gauche, on cherche à diviser par deux les émissions mondiales de gaz carbonique, et de toutes façons cela finira par arriver à cause de la contrainte de stock sur les combustibles fossiles mentionnée plus haut. De l'autre côté de l'équation, la population devrait plutôt augmenter de 50% d'ici 2050, ce qui implique un effort accru sur les autres termes pour boucler la division par 2 de l'ensemble des termes de droite. Ensuite personne n'envisage délibérément une baisse du PIB par habitant, et le scénario désirable est plutôt une production par personne continuant de croître en moyenne de 2% par an. Cela conduit mathématiquement à une multiplication par 2,7 en 50 ans – à 4 % de croissance annuelle, on arrive à une multiplication par 7 en 50 ans. Cela signifie que tout ce qui relève du progrès technique (contenu en CO2 de l'énergie et contenu en énergie de l'économie) doit gagner un facteur 10 en 50 ans. Prenons d'abord l'intensité énergétique de l'économie : peut-elle gagner un facteur 10 en 50 ans quand on sait qu'elle a gagné 30% en 35 ans, avec deux chocs pétroliers qui ont bien aidé ? Admettons une réduction de 50 % en 50 ans, et alors, mathématiquement, il faut que le contenu en gaz carbonique de l'énergie soit divisé par quatre en 50 ans (il a baissé de 10% en 35 ans), tout en multipliant la production d'énergie



par deux. Telles sont les données du problème. Les ingénieurs comme moi vont-ils être capable d'assurer un bouclage avec une division par 10 de la quantité de CO2 émise pour une unité d'énergie ? On peut être sceptique... et si ce n'est pas la technique qui permet d'assurer in fine la division par deux de l'ensemble de ce qu'il y a à droite, alors il faut se rendre à l'évidence : le respect de l'égalité sera assuré par une baisse - volontaire ou non - des termes « population » et/ou « produit économique par personne ».

### Et les énergies renouvelables ?

Pour assurer le bouclage ci-dessus il faudrait en particulier une progression de 4% par an pendant 50 ans des énergies renouvelables dans leur ensemble. La contribution des énergies renouvelable au bilan énergétique mondial est inversement proportionnelle à leur pagination dans le journal, au moins en France. Les deux premières énergies renouvelables dans le monde sont en effet le bois et l'hydroélectricité, et non pas l'éolien. Le photovoltaïque, les biogaz ou biocarburant sont des queues de cerise ! Imaginer augmenter telle ou telle source de 4 à 5 % par an pendant cinquante ans, c'est loin d'être trivial, cela fait une multiplication par 7 sur les cinquante ans qui viennent. Petit jeu mathématique : peut-on multiplier l'approvisionnement en bois par 7 en cinquante ans ? Cela voudrait dire que la totalité des forêts devrait être convertie en une immense plantation d'eucalyptus pour avoir du bois à brûler. Peut-on multiplier par 7 les lacs de barrage ? Quand on voit ce qu'a coûté le grand barrage des Trois-Gorges en Chine, on peut en douter. Va-t-on développer les biocarburants, qui produisent actuellement 20 millions de tonnes équivalent pétrole dans le monde, pour atteindre 7000 millions de tonnes équivalents pétrole – ce qui serait nécessaire pour doubler le parc de voiture en permettant à chacun de rouler avec les biocarburants ? A l'évidence, non. Aujourd'hui, on convertirait la totalité de la production céréalière mondiale en biocarburant que nous n'aurions que 1 milliard de tonnes équivalent pétrole, dans un monde qui consomme actuellement 4 milliards de tonnes de vrai pétrole. Au vu de ce que l'éolien représente aujourd'hui dans le monde (0,05% de notre consommation d'énergie, 50 fois moins que l'hydroélectricité), en faire ou ne pas en faire ne changera malheureusement rien au destin de nos enfants.

Ce qui peut changer le destin de nos enfants n'est pas de commencer par la technique, mais par le système de formation des prix, dans lequel l'énergie est invisible. La première chose à faire pour commencer à aller vers un début de solution au problème – évidemment il y aura d'autres actions à entreprendre – c'est d'augmenter le prix de l'énergie plus vite que le pouvoir d'achat. Développer les économies d'énergie aujourd'hui, cela ne s'apparente qu'à cela selon moi. Tant que l'on n'a pas donné un signal prix fort à l'énergie, on passe à côté du problème, donc à côté de la solution.

## Débats\*

*– Vous avez parlé du problème de l'information en ouverture de votre intervention. Les participants ont l'impression d'être soumis à des informations contradictoires, fausses et éventuellement manipulées. Beaucoup de doutes et de soupçons s'expriment. La plupart des prévisions du Club de Rome ne se sont pas réalisées. Que pensez de la fiabilité des prévisions actuelles ? Qu'est qui nous dit qu'on ne retrouvera pas du pétrole ?*

JMJ : Pour dire que les prévisions du Club de Rome étaient fausses, il faut attendre leur échéance : 2100. Il est donc trop tôt pour juger que leur signal d'alarme était infondé. Lisez vraiment le rapport, vous verrez qu'il n'est pas exactement conforme à ce qui en est dit en général.

La question de la confiance n'a pas de solution tant que l'on ne fait pas l'effort de remonter à l'information primaire. Et celle-ci ne se trouve que chez les gens qui sont au plus près du domaine concerné. Les informations dans les médias n'offrent hélas aucune garantie,

---

\* La séance était présidée par Michel Camdessus, Président xxx des Semaines Sociales de France. A la table des questions, Françoise Le Corre, Jean-Claude Escaffit, Inès Minin....

certainement en raison de leur logique de fonctionnement. Et sauf à les connaître personnellement et à connaître le domaine concerné, il est très difficile de distinguer les journalistes vraiment compétents sur ces questions.

Espérer des réserves cachées de pétrole, c'est n'avoir jamais discuté avec ceux qui ont déjà fait cinq fois le tour de la planète, et multiplié par dix les puits d'exploration qui coûtent terriblement cher. S'il existait des endroits où explorer rapporterait probablement plein de pétrole, les pétroliers ne seraient pas stupides au point d'aller creuser là où ça en ramène peu.

*- Vous n'avez pas vraiment parlé du nucléaire. Pourtant, votre exposé peut paraître finalement comme un plaidoyer en faveur du nucléaire...*

Le nucléaire représente actuellement 5 % de l'approvisionnement énergétique mondial. On ne pourra pas diviser les émissions de CO2 par deux en l'espace de 50 ans en se reposant uniquement sur le nucléaire dans un contexte de perpétuation de la croissance économique classique. Non pas parce que je suis contre – je suis plutôt favorable au nucléaire – mais parce que les capitaux et les vitesses de développement sont très longues. Je considère que l'urgence est de donner un signal prix au problème énergétique. Si l'on augmente le prix de l'énergie carbonée, 80 % de la solution arrivera par une diminution de la quantité d'énergie consommée et 20% par une substitution de l'offre, dont le déploiement du nucléaire dans une certaine mesure. Mais croire que le nucléaire va nous tirer d'affaire sans rien changer nous mène droit dans le mur.

*- N'avez-vous pas atténué ou négligé le clivage Nord Sud et le critère géographique et social ? Ou pour le dire autrement, l'écologie n'est-elle pas un luxe de riches ?*

L'écologie n'est pas plus un luxe que la préservation de la boîte de Pétri n'est un luxe pour les bactéries qui vivent dedans. Riches ou pauvres, si vous supprimez un air respirable, une biosphère qui nous fournit gratuitement la vie, la lumière solaire qui nous fournit gratuitement la photosynthèse, nous aurons du mal à vivre une vie confortable.

Pour bien situer le problème, il faut revenir à l'économie. Le système de prix que nous utilisons, dérivé de l'économie classique, ignore les ressources naturelles : la production est seulement une fonction du capital et du travail humains, les ressources naturelles sont non mesurées. Il n'y a pas de dotation aux amortissements pour destruction des minerais de fer, de cuivre ou autre, pas de provisions pour risque pour changement climatique futur non plus. Notre système de prix est donc faux du début à la fin, et il nous amène à des questions fausses. Les pauvres sont déjà riches d'une certaine manière. Enfin il faut se rappeler que la pauvreté se définit seulement de manière relative : elle s'applique aux 10 ou 15 % qui gagnent moins qu'une certaine fraction du revenu médian. Mathématiquement, la seule façon de supprimer la pauvreté est que tout le monde gagne la même chose. Il n'y en a pas d'autre !

La vraie question à se poser est : quel est le niveau de prédation sur l'environnement que l'on considère être le minimum socialement acceptable ? Voilà le cœur de tout. Ce niveau est pour moi très en dessous de ce que nous faisons aujourd'hui. Surtout si on raisonne en coût complet, c'est-à-dire en réintégrant la provision pour risque de changement climatique futur – ce que Nicholas Stern a essayé de faire. La question de savoir si l'écologie est un luxe est pour moi la même que de savoir si les primes d'assurance, payées y compris par les plus modestes, sont un luxe. Personnellement, je pense que non tant le risque est important.

*- Qu'avez-vous pensé du Grenelle de l'environnement ? Quel bilan en tirez-vous ?*

Je dois dire que j'ai été plutôt agréablement surpris par ce qui s'est passé au cours de ce Grenelle. Je fais partie des rédacteurs du *Pacte écologique* de Nicolas Hulot, en ayant notamment contribué au chapitre sur la taxe carbone. Or quand j'ai commencé à écrire le précurseur de ce plaidoyer<sup>3</sup>, je n'aurais jamais imaginé qu'il pourrait un jour alimenter une discussion en tête en tête entre deux Nicolas<sup>4</sup>. On m'aurait annoncé le débarquement des Martiens, j'aurais été aussi incrédule !

<sup>3</sup> Le Plein s'il vous plaît, 2006, Seuil

<sup>4</sup> Sarkozy et Hulot

Le départ d'Alain Juppé a créé quelque chose d'inattendu : comme le processus n'était plus piloté par quelqu'un qui avait les idées claires, les participants se sont sentis toute liberté pour parler presque en autogestion. C'est comme cela qu'il s'est passé cet événement sur lequel je n'aurai jamais parié un kopeck : de la CGT au MEDEF en passant par la Fondation Hulot, la CFDT, les collectivités locales et l'État, tous ont dit vouloir discuter de la taxe carbone. Le Grenelle a permis une avancée en terme de qualité de dialogue. Reste à voir ce qu'il en restera une fois passé sous les fourches caudines de Bercy, du Parlement et des arbitrages de l'Élysée. Le problème à mon sens est que la majeure partie des personnes qui vont finir par rendre des arbitrages politiques sur ces sujets n'ont que des connaissances journalistiques.