



Les principaux enjeux environnementaux du siècle

Dominique Dron

Dominique Dron est ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des mines de Paris (Centre énergétique et procédés), elle a notamment été présidente de la Mission interministérielle sur l'effet de serre et elle travaille depuis plusieurs années sur les questions liées à l'environnement.

Beaucoup pensent que l'avenir dont je vais vous parler est en même temps notre présent. Nous allons décrire des phénomènes dont les dynamiques sont telles qu'on est déjà arrivé soit à une situation où il y a nécessité préventive et curative dans un temps court, par exemple en ce qui concerne l'imprégnation chimique, soit à une situation dont les phénomènes sont d'une inertie telle qu'il faut aussi agir maintenant pour éviter qu'elle ne s'aggrave, comme c'est le cas pour le changement climatique.

I. Action de l'homme, réchauffement climatique et bouleversement des écosystèmes

Pour traiter de ces questions, chaque année gagnée compte. Pour commencer, je vais vous montrer que nous ne partons pas de rien et vous rappeler rapidement les grandes dates du développement durable.

La première prise de conscience des questions environnementales se situe dans les années 60, avec le livre *Silent Spring* (printemps silencieux) de Rachel Carson, qui montre que la dissémination des produits chimiques est capable de perturber les écosystèmes et les espèces à tel point qu'on risque la disparition de certaines espèces. Ce livre porte plus précisément sur l'effet des phytosanitaires sur les insectes et les oiseaux aux États-Unis. Mais c'est en 1972, à partir de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement à Stockholm, que la question de l'environnement s'est posée dans les termes suivants : « nous disposons d'un certain nombre de ressources et notre vie, comme celle de toute les espèces vivantes, dépend du bon fonctionnement de notre environnement ; or, ce bon fonctionnement est menacé ». Ce qui renvoyait à la fois à nos conditions de vie, puisque, comme toutes les autres espèces, nous avons besoin d'un environnement favorable pour vivre, et à la gestion des ressources naturelles, puisque le développement de l'humanité entraîne une augmentation de leur consommation.

C'est la problématique du Club de Rome, réactualisée lors du Sommet de la terre à Rio en 1992, puis lors du Sommet mondial sur le développement durable de 2002 à Johannesburg, et aujourd'hui complètement confirmée.

Les premiers auteurs de cette réflexion sur l'environnement ont été les scientifiques, les ONG et les États. Il s'agissait plutôt d'un niveau de discussion international. C'est à ce moment qu'est apparue la notion d'éco-développement : un environnement dégradé compromet le développement des

populations pauvres qui y vivent. Et les zones les plus pauvres attirent les facteurs de dégradation de l'environnement, comme on l'a vu récemment avec la cargaison de déchets toxiques transportée d'Europe jusqu'en Côte d'Ivoire.

Une fois la relation entre développement et qualité de l'environnement posée, la notion de développement durable est installée en 1980 par l'Union internationale de conservation de la nature, institution internationale à base scientifique. Cette notion est reprise par les politiques à partir de la Commission Brundtland de 1987. Avec le Sommet de Rio en 1992, on commence à catégoriser les grands problèmes à venir.

Trois grandes conventions sont signées au Sommet de Rio : la convention climat, la convention sur la biodiversité et la convention sur la désertification, qui couvrent trois des quatre grands problèmes environnementaux de la planète, le quatrième étant celui de l'imprégnation chimique. Chacun de ces problèmes renforce l'effet des autres.

L'Agenda 21 adopté au Sommet de la Terre, qui comporte l'incitation à développer des agendas 21 locaux, conduit à une prise de conscience progressive des enjeux environnementaux par les États. Ils sont suivis par les collectivités locales, puis les entreprises à travers la notion d'intégration dans leurs stratégies des trois piliers du développement durable : l'économique, le social et l'environnemental.

Enfin, au sommet de Johannesburg de 2002, après un constat de la poursuite continue d'une dégradation de la situation globale, c'est l'ensemble de la société qui est impliquée dans la recherche d'un développement soutenable, ou, plutôt, dans une tentative de freiner rapidement notre développement insoutenable.

Pour définir cet objectif, comme dans toute stratégie d'organisation publique ou privée, il faut des indicateurs. Un indicateur comme le PIB a plusieurs défauts, notamment il ne prend pas en compte les destructions de cet environnement qui est notre support vital. Quand une famille tient mal son budget et ne prend pas en compte un poste, c'est généralement par ce poste qu'elle fait faillite. Il en est de même au niveau mondial. Nous n'avons jamais tenu compte en termes économiques du poste consommation de ressources et ce poste pose problème aujourd'hui.

Parmi les indicateurs élaborés pour le développement durable, j'en ai retenu deux qui permettent de représenter graphiquement la position d'un certain nombre de pays par rapport à deux indicateurs qualitatifs : l'indicateur de développement humain élaboré par les Nations Unies et l'empreinte écologique, qui représente la pression sur l'environnement.

Le principe de l'empreinte écologique est d'essayer de trouver des équivalents en termes de surface des activités humaines. Par exemple, pour nourrir un végétarien, il faut environ un hectare en système conventionnel, plus pour quelqu'un qui mange aussi de la viande... Des scientifiques ont essayé de rapporter à l'ensemble des activités humaines une utilisation de surface. C'est, bien sûr, un indice très approximatif, mais il a été beaucoup diffusé parce qu'il est illustratif. On voit aujourd'hui que la plupart des États soit ont une empreinte écologique relativement faible mais un indice de développement humain peu satisfaisant, soit sont suffisamment développés mais pèsent en contrepartie trop sur l'environnement. Le problème est de faire évoluer tout le monde vers un niveau acceptable de développement durable. Si tous les pays suivent le modèle traditionnel de

développement, on consommera trop de ressources ; si le niveau d'empreinte écologique reste très faible dans certains pays, leur niveau de développement reste aussi insuffisant.

Première question : la population de la terre est nombreuse, et cela de façon extrêmement récente. La terre avait 1 milliard d'habitants en 1800, elle a atteint 2 milliards en 1930, puis elle suit une montée en flèche : 3 milliards en 1960, 4 milliards en 1975, 5 milliards en 1987 et 6 milliards en 2000. Compte tenu de la dynamique démographique actuelle, la population mondiale devrait plafonner à 9 milliards d'habitants en 2050. À l'échelle de l'écosystème planétaire, c'est un véritable choc instantané. Ce choc démographique, accompagné du développement d'un certain nombre d'activités, est à l'origine des quatre risques environnementaux spécifiques au XXI^{ème} siècle, qu'il faudra affronter et essayer de régler simultanément : le climat, la diversité biologique, l'eau et l'imprégnation chimique.

Le climat : l'effet de serre est la capacité d'un certain nombre de gaz de l'atmosphère à renvoyer vers la terre l'énergie solaire reçue sous forme d'infrarouges qui a réussi à traverser l'atmosphère. Normalement, une partie de cette énergie repart vers l'espace et une autre partie est renvoyée dans notre atmosphère par certains gaz à effets de serre. Lorsqu'on augmente la quantité de ces gaz à effets de serre, la partie de l'énergie renvoyée dans notre atmosphère s'accroît et la température du globe augmente. Or, au cours des dernières décennies, nous avons considérablement augmenté la quantité de gaz à effet de serre en raison de l'explosion de la consommation de charbon, de pétrole et de gaz naturel après 1945.

Les deux moteurs de cette explosion de consommation sont la production d'électricité et les transports. Depuis 1850, alors que la population mondiale est passée de 1 milliard à plus de 6 milliards, la distance annuelle parcourue par personne est passée de 1500 km à 4500 km par an et le trafic de marchandises pour chaque habitant a été multiplié par 1000, passant de 10 tonnes-km par an à 10 000 tonnes-km par an. Pendant un demi-siècle, nous avons eu l'illusion de disposer de ressources énergétiques abondantes, pas chères et infinies, et donc d'un transport abondant, pas cher et infini. Nous avons donc calé nos infrastructures territoriales, nos circuits de production et de consommation, et nos systèmes d'échanges internationaux sur la variable d'ajustement qu'est le transport, d'où l'augmentation extrêmement forte de la consommation de pétrole. Les transports constituent les 4/5^{èmes} de la production de carbone, le reste étant causé par la déforestation. On a souvent l'impression, en France, que la forêt augmente, mais c'est un des rares endroits sur terre où c'est le cas. Presque partout ailleurs, elle diminue considérablement, pas seulement à cause des modifications climatiques, mais, surtout, à cause des déforestations volontaires liées à l'urbanisation, aux infrastructures et à l'agriculture.

Pierre Veltz : pendant ce temps, il y a aussi une forte augmentation de la production industrielle.

DD : j'ai dit qu'il y avait deux moteurs de l'augmentation de la consommation de charbon, pétrole et gaz : la production d'électricité et les transports. Si la production d'électricité augmente, c'est bien parce que la consommation augmente.

Pierre Veltz : La production d'électricité est intermédiaire, mais la production industrielle finale est aussi un facteur important dans la consommation de ressources énergétiques.

DD : bien sûr, mais on verra que la façon de traiter les deux sujets n'est pas la même. L'approche consistant à modifier la production d'électricité et à réduire la consommation d'électricité est différente de celle qui concerne la modification et la réduction des transports, notamment du point de vue des territoires.

Le CO₂ constitue 55% des gaz à effet de serre injectés dans l'atmosphère. Il y a une injection de 6 gigatonnes (6 milliards de tonnes) de carbone par an. Bien que cette injection soit d'un ordre de grandeur 10 ou 100 fois inférieur aux échanges naturels qui ont lieu entre les différents compartiments de l'environnement, par exemple l'échange naturel entre l'atmosphère et la végétation qui est de 60 gigatonnes par an, ou l'échange entre l'atmosphère et les océans, elle est déterminante parce qu'elle n'a de contrepartie que pour la moitié de ce qu'elle représente : nous émettons plus de 6 gigatonnes de carbone par an, mais la terre n'est capable d'en absorber que la moitié. L'autre moitié s'accumule dans l'atmosphère. En outre, ce phénomène est répétitif et très rapide par rapport aux dizaines de milliers d'années qu'il a fallu pour que les équilibres environnementaux se mettent en place.

Ce qu'on découvre aujourd'hui, c'est que la planète terre est un système extrêmement optimisé, au sens d'une machine. Les relations entre espèces, entre compartiments, et la circulation des composants biochimiques à l'intérieur des cycles sont ajustées avec une extrême finesse. Lorsqu'on décale très peu les quantités en jeu, on peut induire des basculements très importants, soit en termes de quantité, soit en termes de désynchronisation du système. Nous vivons dans un système très délicatement ajusté et nous avons un peu trop joué avec les boutons dans un délai trop court.

Parmi les gaz à effet de serre additionnel, on trouve :

- le CO₂ pour 55% : utilisation de combustibles fossiles, quelques procédés industriels et déforestation ;
- le méthane pour 18% : agriculture, production de gaz naturel ;
- le N₂O pour 6% : utilisation d'engrais agricoles et d'un certain nombre de procédés industriels ;
- les gaz halogénés pour 13% : procédés industriels, notamment pour la fabrication d'isolants, climatisation ;
- l'ozone pour 8%.

Le pouvoir de réchauffement global de ces molécules est extrêmement différent. Aujourd'hui, dans le cadre de la rémunération par l'intermédiaire des marchés de quotas ou des mécanismes d'échanges prévus par le protocole de Kyoto, les entreprises essaient de trouver partout des gaz fluorés à éliminer, parce qu'en raison de leur pouvoir de réchauffement global, de l'ordre de 12 000 fois celui du CO₂, il est plus « rentable » d'agir sur ces molécules, même si elles constituent une part moins importante du réchauffement global que le CO₂. En outre, ces molécules ont une durée de vie longue. Les gaz fluorés ont justement été choisis par la chimie parce qu'ils étaient très stables. Ils restent malheureusement stables, y compris dans l'atmosphère. Même le CO₂ a une durée de vie moyenne de plusieurs siècles : au bout de mille ans, il reste 7% du CO₂ émis. On entre là dans la question de l'inertie du système : c'est ce que nous allons faire ou ne pas faire dans les dix années à venir qui va déterminer notre capacité à conserver des conditions de vie à peu près gérables sur la planète.

Que se passe-t-il aujourd'hui ? Nous en sommes à 382 particules par million (ppm) de CO₂ dans l'atmosphère. Sur le million d'années antérieures, la terre n'avait jamais dépassé des fluctuations comprises entre 180 et 280 ppm. La température du globe a fluctué en corrélation avec cette concentration de CO₂ : plus il fait chaud, plus le CO₂ augmente, et réciproquement. Nous savons qu'avec toutes les molécules de gaz à effet de serre que nous avons déjà injectées dans l'atmosphère, le réchauffement de la planète est inévitable. Le problème est de savoir jusqu'où.

Les données les plus récentes confirment que la température globale a augmenté de 0,8°C depuis la fin du XIX^{ème} siècle, dont 0,6°C depuis 1970. Non seulement la température augmente, mais elle augmente de plus en plus vite. Lorsqu'on regarde les années les plus chaudes depuis 1890, toutes se trouvent dans la dernière décennie : 2005, suivie de 1998, 2002, 2003 et 2004, 2006 étant bien partie pour figurer dans cette liste. L'été 2006 en France a été caractéristique de ce que les modèles prédisent : non seulement il y a des canicules, mais le réchauffement climatique ne se traduit pas par une translation pure de notre climat, avec simplement des saisons toutes un peu plus chaudes, mais par une perturbation du système climatique. Le mois de juin a été de 2°C plus chaud que la moyenne des mois de juin de 1960 à 1990, le mois de juillet de 4,2°C plus chaud et le mois d'août, qui a donné l'impression d'être beaucoup plus froid, de 1,7°C moins chaud. Cela a suffi pour entraîner des perturbations très fortes des récoltes de céréales et de légumes ainsi que des perturbations de la végétation.

De même, au niveau mondial, l'augmentation de la température de 0,6°C depuis 1970 entraîne des perturbations considérables, d'autant plus que ses effets sont très variés selon les régions : en Sibérie, le réchauffement est de 2°C, il est de 4°C en Antarctique. L'Arctique a perdu 40% de sa calotte glaciaire depuis 1960 et les glaciers du globe se sont réduits de 80%. Le niveau des océans s'élevait en moyenne de 1,5 à 2mm par an dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, il s'élève de 3mm par an aujourd'hui, avec des variations selon les océans. Cette hausse du niveau est due à la fonte des glaces et au fait que plus l'eau est chaude, plus son volume augmente.

Quand il y a une perturbation climatique, cela affecte tout le système.

La canicule de 2003 en Europe a entraîné une baisse de 20 à 30% de la production biologique. Certains croient qu'une plus grande présence de CO₂ dans l'atmosphère a un effet positif sur la croissance des arbres. C'est vrai dans une première approximation, mais ce n'est vrai que sauf accident. Or, ajouter de l'énergie dans un système est accidentogène. En 2003, on a perdu en un été l'équivalent de 4 ans de stockage de carbone par la végétation.

Une autre perturbation induite par le changement climatique concerne les cyclones atlantiques, dont l'énergie a doublé entre 1930 et 2004, les plus forts passant de 18% du total en 1970 à 35% en 2004.

On assiste également à une modification de la faune et de la flore. Par exemple, en Mer du Nord, le remplacement de 80% de plancton caractéristique du Nord par du plancton caractéristique du Sud a des effets négatifs sur la population des morues, dont les alevins se nourrissaient de plancton du Nord. C'est un exemple de désynchronisation des systèmes vivants.

Dans le cadre du groupe intergouvernemental d'étude sur les climats, les scientifiques ont essayé de savoir ce qui nous attend. Tous les laboratoires climatologiques du monde travaillent entre eux depuis le milieu des années 80 pour essayer de peaufiner leurs modèles et d'améliorer la précision de leurs travaux. En matière d'environnement, c'est le seul sujet sur lequel il y ait une telle concertation scientifique et une telle rigueur appliquée à l'examen des assertions des uns et des autres.

Sur la base de modélisations en secteurs qui essaient d'intégrer tout ce qui se passe depuis la haute atmosphère jusqu'aux courants océaniques, on montre que, si nous continuons à envoyer des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la température du globe va augmenter de 3 à 5°C. En étudiant différentes possibilités en fonction de scénarii socio-économiques, on a des prévisions de gaz à effet de serre auxquelles on peut associer des prévisions d'échelle de température. C'est ce qui conduit à l'échelle des prévisions à la fin du XXI^{ème} siècle, comprise entre 1,5°C et 6°C d'augmentation de température en fonction des mesures qui seront prises ou non.

Les travaux qui vont bientôt être publiés par le Giec observent un certain nombre de phénomènes accélérateurs qui font que la fourchette de la fin du siècle sera plutôt comprise entre +2°C et +8°C. Trois éléments se dégagent : en premier lieu, les ordres de grandeur de ce changement climatique sont considérablement supérieurs à ceux des autres épisodes de bouleversement climatique comme celui du petit âge glaciaire. En outre, les ordres de grandeur des chaleurs du XXI^{ème} siècle n'ont absolument rien à voir non seulement avec ce que nous avons observé dans l'histoire, mais avec ce que l'homme a vécu depuis que l'espèce humaine existe. La température la plus élevée que l'espèce humaine ait connue est autour de 2°C de plus que ce que nous avons aujourd'hui. Enfin, cette échelle n'est pas une échelle d'incertitude au sens où on ne sait pas où on sera. La moitié de cette fourchette dépend des politiques que l'humanité va suivre pendant le prochain demi-siècle et notamment dans les 20 années à venir. L'autre représente la sensibilité du système terre à ces injections de CO₂.

Quelle est la différence entre un monde à +2,5°C et un monde à +4,5°C ? Dans le premier cas, il y aura +2,°C sur une bonne partie des continents, mais entre +4°C et +6°C sur les zones les plus élevées, ce qui signifie entre autres la fonte de la banquise, du Groenland et du permafrost. Je fais ce rappel parce que les sceptiques soulignent souvent que les prévisions du Giec disent que ces choses sont probables, au lieu d'être certaines. Mais ce sont des conventions de langage pour éviter d'écrire à chaque ligne qu'un événement est à 99% sûr. Lorsque le Giec dit que quelque chose est certain, la probabilité est de 100%, lorsqu'il écrit « quasi certain », cela signifie 99%, « très probable » correspond à une probabilité comprise entre 90 et 99%, et « probable » à une probabilité comprise entre 60 et 90%. On parie en bourse pour beaucoup moins que cela. Par ailleurs, il est bien entendu que pour une température donnée, les modèles donnent des résultats qui ne sont pas tout à fait les mêmes. Ainsi, en scénario A2 (+4,5°C d'augmentation de la température du globe en 2100), on a des difficultés à dire ce qui va se passer exactement dans une partie de l'Asie en termes de températures et de précipitations, parce que les régimes de moussons sont extrêmement difficiles à modéliser. Il y a donc des estimations d'ampleur différente, mais le bouleversement climatique est indéniable. Qui dit augmentation de l'énergie dit augmentation des circulations, notamment des cellules de convection atmosphérique. Tant qu'elles restent à la place où elles sont aujourd'hui, les régions pluvieuses verront encore plus de pluie, alors qu'il fera encore plus sec dans les régions sèches. Au-delà des variations entre modèles, il y a un point sur lequel les modèles sont tous convergents : 1) on va avoir trois bandes d'augmentation des précipitations : deux aux latitudes élevées et une autour de l'Équateur, 2) on aura trois points d'assèchement importants autour de la Méditerranée jusqu'à la Mer Caspienne, le Sud des Etats-Unis et l'Australie ; un quatrième endroit est très difficile à prévoir : la Chine du Nord. Sur certains modèles, cette région s'assèche complètement, alors que d'autres modèles ont plus de mal à faire des prévisions. Il en est de même pour l'Inde. Mais vu ce qu'on enregistre en ce moment, il semblerait qu'il y ait quand même un assèchement dans ces deux zones. Toujours pour la fin de ce siècle, les modèles prévoient une augmentation du niveau des océans comprise entre 20 cm et 1 m, ce qui condamne un certain nombre de zones, notamment le delta du Gange, le delta du Mékong, qui rassemble 20% de la population du Vietnam, et une partie du

Bangladesh. Au final, avec la sécheresse dans certaines zones et la montée des eaux dans d'autres, il risque d'y avoir entre 100 et 200 millions de migrants dans le demi-siècle à venir.

Qui dit modification des conditions thermiques dit aussi modification des conditions d'agriculture. Les Russes pensaient que le réchauffement leur permettrait de faire pousser du blé en Sibérie, ce qui explique en partie leurs réticences à signer le protocole de Kyoto. Mais le problème est que toutes ces modifications vont beaucoup plus vite que ce que les écosystèmes sont capables d'encaisser : on parle d'une augmentation de température comprise entre 2°C et 8°C en cent ans, alors que la différence entre une ère glaciaire et une ère interglaciaire est de 4°C ou 5°C en dix mille ans. Si l'écosystème ne peut supporter ce choc, cela veut dire que des cultures ne seront plus possibles aux mêmes endroits.

Quelques effets du réchauffement climatique sont prévisibles. Il y aura d'abord des phénomènes naturels accélérateurs de la perturbation. L'augmentation de la température de l'océan entraînera une réduction de sa capacité à absorber le CO₂ et une acidification, ce qui causera une réduction du plancton et d'un certain nombre de coquillages, ce qui signifie une perturbation des chaînes alimentaires. C'est une des raisons pour lesquelles l'idée d'injecter du CO₂ dans l'océan profond est mauvaise, parce qu'on l'acidifierait directement, ce qui entraînerait des problèmes en chaîne. Au-delà de 3°C d'élévation de température, les puits terrestres vont devenir des sources. La Toundra en Alaska est déjà un peu dans cette situation : au lieu d'avoir un bilan net d'absorption du CO₂ venant de l'absorption par les végétaux en surface de la respiration du sol, la respiration deviendra supérieure à la captation, non seulement à cause de la stimulation de la respiration, mais aussi parce qu'avec les aléas comme les canicules, la croissance végétale est bouleversée. Dans les régions arctiques, plus la glace fondra, plus la surface blanche qui renvoie la lumière sera remplacée par une surface sombre qui l'absorbera, ce qui accélérera le réchauffement. Au-delà de 2,7°C d'augmentation, il semblerait que la forêt amazonienne devienne une savane. Tout cela illustre qu'on ne peut pas attendre du système naturel qu'il se régule tout seul. C'est à nous de le faire. La bonne nouvelle est qu'on peut le faire, et ce n'est pas une question de technique. Au lieu d'avoir une tendance à multiplier par deux les quantités de gaz à effet de serre, nous avons déjà les moyens de les diviser par deux.

Cette situation inquiète déjà un certain nombre d'acteurs économiques, les réassureurs en premier. Le niveau des catastrophes climatiques a beaucoup augmenté dans les dernières années. Dans les années 70, le montant total des dommages climatiques était de moins de 150 milliards de dollars. Dans les années 90, il a atteint 704 milliards de dollars, et rien que sur les deux années 2004-2005, qui ont connu de nombreux cyclones, il est déjà de 350 milliards de dollars. Une liste des 10 catastrophes mondiales les plus coûteuses pour l'assurance de 1970 à 2005 montre que : 1) huit d'entre elles sont des catastrophes climatiques (ouragans), les deux autres étant l'attentat contre le World Trade Center de 2001 et séisme de Northridge en 1994. 2) Elles ont toutes eu lieu dans les 16 dernières années. La 11^{ème} catastrophe la plus coûteuse est la tempête Lothar de 1999, ce qui confirme cette tendance.

Les travaux du Giec qui seront rassemblés à l'automne 2007 montrent que :

- au-dessus de 2,7°C, nous avons l'assurance de la fonte de la calotte du Groenland, ce qui entraînera une montée du niveau des océans de 6 à 7 m, 2,5 milliards de personnes seront en pénurie d'eau au lieu de 1,1 milliard aujourd'hui, et la forêt amazonienne sera remplacée par la savane.

- Si on dépasse 3°C d'augmentation, la calotte Ouest antarctique va elle aussi fondre, ce qui ajoutera 6 à 7 m, il y aura une inversion généralisée des puits de carbone végétaux et plus de 3 milliards de personnes seront en pénurie d'eau.
- Si on dépasse 4°C, il y aura 30% de risques d'arrêt du Gulf Stream avant 2 100 contre moins de 10% de risques à +2°C d'augmentation.
- Si on dépasse +4,5°C, on risque de perdre 30 à 60% des cultures majeures sur le globe.

II. Les mesures à mettre en œuvre pour limiter ces changements

Un certain nombre de gouvernements, s'appuyant sur ces travaux, ont décidé qu'il fallait éviter de dépasser 2°C d'augmentation. Au-dessus de ce chiffre, on risque de déclencher des phénomènes qu'on ne pourra pas maîtriser. Vous connaissez les chiffres du rapport Stern, qui sont assez parlants mais qui ne concernent que les conséquences économiques. Tous ces changements vont, en outre, se dérouler dans un monde où les terres arables et l'eau deviendront de plus en plus rares, ce qui entraînera une augmentation des conflits.

Le fait de limiter l'augmentation de la température à 2°C ne coûterait pas cher. Si on fait la moyenne des modèles économiques, par rapport au scénario de référence dont on sait qu'il est le seul qui ne se produira pas, à savoir une croissance économique tendancielle sans dommages particuliers jusqu'en 2050, tenir cet objectif n'entraînerait, dans le pire des cas, qu'une perte cumulée de 4% du PIB mondial en 2050. Le secrétaire d'État britannique à l'environnement a fait remarquer que cela correspondait, en gros, à une perte de 6 mois de croissance sur 50 ans, alors que le rapport Stern montre que le changement climatique non maîtrisé risque d'entraîner une perte du PIB mondial de 5 à 20%, conflits non compris.

Ce qui est vertigineux, c'est que pour éviter de s'engager dans des phénomènes d'une inertie trop forte, nous n'avons que 10 ans devant nous. Lorsque nous allons commencer à réduire nos émissions de gaz à effet de serre, il faudra un à trois siècles pour que le CO₂ déjà présent dans l'atmosphère se stabilise, plusieurs siècles pour que la température se stabilise et plusieurs siècles à plusieurs millénaires pour que le niveau des océans arrête de monter.

Il faut préciser que les coûts dont on parle ne prennent pas en compte la capacité des sociétés à engranger les bénéfices d'une anticipation technologique et organisationnelle. Si l'ensemble du contexte évolue, les coûts seront bien moindres parce qu'il ne faudra pas contrebalancer les effets pervers du contexte précédent. Par exemple, si le prix du pétrole reste bas et qu'on dit qu'il faut arrêter de consommer du pétrole, il faudra consentir des investissements qui apparaîtraient comme très coûteux par rapport à un prix faible du pétrole. Mais si on est dans un contexte où le prix du pétrole augmente parce que les réserves baissent, et, surtout, parce que le prix du carbone augmente, les mêmes investissements paraîtront moins coûteux. Sans compter l'effet d'entraînement dû au fait que tous les acteurs s'organiseront pour s'adapter. Il y a une différence entre un coût calculé toutes choses étant égales par ailleurs, sans changement technologique induit, et un coût calculé en tenant compte des changements technologiques induits, parce que le contexte change aussi.

Cela renvoie à la sphère politique, dont le rôle est, entre autres, de mettre en cohérence les signaux au niveau international. Mais le politique n'est pas seul à s'en préoccuper. Les premiers à le faire ont

été les réassureurs. Dès 2003, Swiss Re a décidé de ne plus assurer la responsabilité civile des entreprises qui laisseraient déborder leurs émissions de gaz à effet de serre. En 2004, l'association des assureurs britanniques a décidé qu'elle jugerait de la rentabilité des entreprises, entre autres, en fonction de leur capacité à réduire les gaz à effet de serre, et qu'elle déciderait de l'assurabilité des biens situés sur un territoire en fonction de la politique de réduction des expositions aux risques climatiques que les autorités de ce territoire mettraient en place.

Du côté des grands investisseurs, le Carbon Disclosure Project, qui regroupe 95 investisseurs internationaux pesant plus de 10 millions de milliards de dollars, exige des 500 plus grandes entreprises américaines qu'elles rendent public leur niveau d'émission de gaz à effet de serre. CalPERS, le premier fonds de pension américain, a décidé de prendre en compte les risques financiers des entreprises qui manquent de politique environnementale dans leurs choix d'investissements. En effet, un fonds de pension, qui est censé payer les retraites de ses membres, n'est crédible que s'il travaille à ce qu'il y ait un avenir. On sent bien qu'en termes de *benchmark*, il faut commencer à s'occuper du long terme.

À ces risques se superpose la tension sur les ressources fossiles. Pour les pessimistes, qui sont plutôt des géologues, le pic pétrolier, c'est-à-dire le moment où le robinet de la production coulera moins vite que la bonde de la consommation, sera atteint en 2010. Les optimistes, qui sont plutôt des économistes, pensent qu'il sera plutôt vers 2030. Dans tous les cas, cette date n'est pas éloignée, sauf si on réduit considérablement la consommation de pétrole. On ne peut pas simplement attendre que les ressources fossiles s'épuisent en pensant que cela réglera le problème des émissions de gaz à effet de serre. Si on convertit en équivalent carbone émis les réserves de pétrole, de gaz et de charbon qui restent, il reste trois fois trop de fossiles par rapport à un scénario d'augmentation de la température ne dépassant pas +2°C. Sauf stockage de tout ce CO₂, ce qui est impossible, il faudrait ne consommer qu'un tiers des réserves fossiles.

Pour ne pas dépasser les 2°C, il faudra, d'ici 2050, diviser par 4 à 5 les émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés pour diviser par 2 les émissions mondiales. Mine de rien, le protocole de Kyoto en 1997 a été une révolution. C'est la première fois que la communauté internationale a dit à l'ensemble des pays qu'il faudrait entrer dans une économie du rationnement si on voulait conserver des conditions de vie acceptables, sans trop de conflits sur la planète. Comme tous les ménages dont le budget financier ne doit pas être dépassé sous peine de problèmes, nous avons un budget capacité de régulation de l'atmosphère. Ce budget est estimé scientifiquement et il faudra faire avec. On ne peut pas faire qu'une molécule de gaz à effet de serre supplémentaire dans l'atmosphère ne cause pas de réchauffement supplémentaire. Cette obligation de réalisme se retrouve sur un certain nombre de ressources naturelles qu'il faudra partager.

Mais le protocole de Kyoto n'est qu'un début. Au niveau de l'Union européenne, les États sont dans des situations diverses pour respecter leurs objectifs de 2008 – 2012, mais, de toute façon, il faudra respecter l'enveloppe globale.

Diviser par deux la moyenne mondiale des émissions par habitant revient à diviser par dix dans certains pays. Par exemple, l'Inde émet 1 tonne de CO₂ par habitant et se trouve donc en dessous du seuil d'émission, la Chine émet presque 3 tonnes par habitant, la France 7, l'Europe en moyenne 8,5,

le Japon 9,5 tonnes, la Russie 11 à 12 tonnes, et les États-Unis 20 tonnes. D'où viennent ces différences ?

La production électrique est le premier poste d'augmentation des gaz à effet de serre, puisque le charbon constitue la plus grande partie de la production mondiale d'électricité, suivi par le fuel et le gaz, avec des variations suivant les pays. C'est, certes, une affaire de technique, mais cela n'explique pas tout, comme on le voit quand on observe le poste transports : alors que le PIB des États-Unis n'est certainement pas le double de celui de l'Europe de l'Ouest, leur consommation de carburant est double, pour deux raisons : la première est que, pendant très longtemps, le carburant était bon marché aux États-Unis et n'était quasiment pas fiscalisé ; la deuxième raison est que la structure des territoires n'est pas la même et que les régimes énergétiques des territoires sont extrêmement dispersés. Si on rapporte à la densité des grandes villes la consommation énergétique en transports par habitant, on voit qu'aux densités les plus élevées correspondent des consommations par habitant plus faibles. Les villes américaines, très étendues, consomment beaucoup plus que la plupart des villes européennes. La bonne nouvelle est que les sociétés facteur 4 sont les plus riches, non seulement directement mais indirectement : lorsqu'on consomme moins de combustibles fossiles, on cause moins de pluies acides, et donc moins d'acidification et de perte de fertilité des sols.

Autre élément de difficulté dans les négociations internationales : les efforts que devraient faire les pays en développement. En 1992, la Convention Climat a dit que les pays industrialisés avaient été les premiers à utiliser les énergies fossiles et qu'ils devraient faire des efforts de réduction avant les autres, d'autant plus qu'ils étaient les plus riches. Lors du protocole de Kyoto, les pays industrialisés sont les seuls qui se sont vu imposer un plafonnement. Mais cette logique repose sur une catégorie « pays en développement » qui est toujours celle de 1975 : Singapour et la Corée du Sud sont censés être des pays en développement, ce qui ne correspond plus à la réalité actuelle. Il n'est pas sain que des pays qui ont des niveaux de vie développés se cachent derrière les autres pour ne pas contribuer au sauvetage de la planète. En outre, il y a des disparités énormes à l'intérieur même de certains pays. En Chine, c'est le jour et la nuit entre la Chine du Nord, d'un côté, et Shanghai - Pékin de l'autre, deux villes où des fortunes colossales se créent. Il n'est pas raisonnable de continuer à considérer qu'une ville comme Shanghai, dont le niveau d'émission est de 20 tonnes de CO₂ par habitant, n'est pas concernée par le même type de régulation qu'un pays industrialisé. Certes, quand on fait des moyennes des PIB par États, la Chine n'est pas au niveau des pays industrialisés. Mais quand on regarde une image par satellite des utilisations d'énergie primaire et d'éclairage, on constate qu'il y a en Asie du Sud-Est des zones extrêmement éclairées et donc extrêmement développées.

Quand aux solutions, l'efficacité énergétique, la réduction des consommations et l'allègement énergétique de nos modes de vie règlent la moitié du problème. Les substitutions énergétiques et le stockage de carbone constituent le reste. Nous avons bien la clé de nos problèmes à travers l'allègement des consommations.

III. Les défis du XXI^{ème} siècle

En plus des efforts pour limiter le changement climatique, nous devons, en même temps, faire face à un certain nombre de défis. L'érosion du vivant est un de ces défis importants. Aujourd'hui, le risque d'extinction moyen d'une espèce est de 100 à 1000 fois supérieur aux niveaux enregistrés par les paléontologues. On estime que cinq espèces par jour disparaissent aujourd'hui. Sont menacés

d'extinction rapide 25% des mammifères, surtout en forêt tropicale, 30% des poissons pêchés et plus d'un cinquième des amphibiens. Les stocks de pêche de l'Atlantique Nord ont été divisés par trois en 10 ans et une espèce comme la morue est considérée comme bientôt perdue puisque le rythme de pêche ne baisse pas.

Les espèces disparaissent pour plusieurs raisons. La première est que l'espèce humaine s'étend et prend de plus en plus de place en termes d'habitation, d'agriculture, de déforestation, d'artificialisation de l'environnement et d'imprégnation chimique. La première cause de déforestation de l'Amazonie est la consommation européenne de bœuf, puisque la forêt fait place à des plantations de soja qui produisent les tourteaux de soja dont se nourrissent les bœufs. La deuxième cause, qui devient de plus en plus importante, est la fabrication d'agri carburants produits à partir de canne à sucre ou de soja. L'érosion est également un facteur général de destruction des espèces, tout comme la surexploitation et les trafics, l'introduction d'espèces invasives qui dégradent l'écosystème et le changement climatique rapide. Pour toutes ces raisons, 20 à 40% des espèces pourraient disparaître dans les 50 ans à venir.

Le changement climatique pèse directement sur les végétaux, avec une modification des précipitations et des températures erratiques. Or, ces écosystèmes sont non seulement nos supports, mais aussi des défenses naturelles que nous affaiblissons. Lors du tsunami de 2004, les photos aériennes montraient que les zones qui avaient toujours des mangroves avaient été préservées, les mangroves ayant arrêté la vague, alors que sur les zones où les mangroves avaient été arrachées, la vague était entrée sur des kilomètres à l'intérieur des terres.

L'érosion biologique entraîne aussi une vulnérabilité alimentaire. La révolution verte a permis d'augmenter les rendements dans tous les pays du monde, mais elle a été réalisée avec un système de standardisation des variétés qui les rend extrêmement vulnérables aux modifications climatiques ou aux invasions de ravageurs. Par exemple, l'Indonésie a perdu 1500 variétés de riz en 15 ans. Dans le monde, trois espèces (maïs, blé, riz) constituent 60% des calories végétales humaines. Quand on standardise une espèce uniquement en fonction du critère du rendement, la sélection lui fait perdre certaines résistances et une partie de sa robustesse ; c'est le cas du maïs, ce qui rend nécessaire l'utilisation en grande quantité d'insecticides.

Il faut aussi prendre en compte les effets dominos qui surviennent quand on touche aux écosystèmes. Par exemple, au Venezuela en 2005, la déforestation a entraîné l'érosion, qui a entraîné l'envasement des lagunes, dont l'assèchement a causé l'effondrement du nombre de poissons puisqu'ils se reproduisent dans les lagunes. Cela a bien sûr affecté la pêche et les populations qui en vivent. Certains pensent que dans de telles situations, il faut simplement refaire les écosystèmes. Il est vrai que la restauration de la nature est obligatoire aux États-Unis : quand il y a des zones humides sur leur domaine, les agriculteurs n'ont pas le droit de les drainer, parce que leurs fonctions de rétention des inondations et d'épuration des eaux sont très importantes.

Mais si on décide de restaurer un écosystème déséquilibré, avec quelles connaissances peut-on le faire ? Un écosystème est constitué de millions d'interactions entre des centaines de milliers d'espèces qu'on ne connaît pas toujours bien. On a dépensé beaucoup d'argent aux États-Unis pour restaurer des écosystèmes déséquilibrés, mais il y a toujours quelque chose qui ne va pas. Il est

préférable d'entretenir notre biosécurité en réduisant la pression sur les écosystèmes et sur leur appauvrissement.

Depuis une quinzaine d'années, les États-Unis ont également investi dans l'éco-mimétisme, qui revient un peu à faire du judo avec la nature plutôt que de la boxe. Par exemple, l'écosystème de la grande prairie produit naturellement une énorme quantité de biomasse. On a donc essayé de voir comment un écosystème pouvait trouver des ressources en lui-même pour fournir autant de biomasse sans avoir recours à des engrais, comme en agriculture conventionnelle. Les programmes développés consistent à faire l'échantillonnage intégral de ces écosystèmes et à essayer de repérer les rôles d'un certain nombre d'espèces afin de dégager des phénomènes qui seraient directement transférables à l'agriculture. Il s'agit d'utiliser ce que la nature sait faire au lieu de lui imposer ce que nous croyons savoir faire, avec les impasses d'imprégnation chimique que nous constatons aujourd'hui. Cette année, la FAO a tiré la sonnette d'alarme et indiqué que les rendements en Inde plafonnent ou baissent et que la révolution verte a atteint ses limites en termes de rendement, de pollution chimique et de résidus pesticides. Puisqu'il sera nécessaire d'augmenter les rendements pour nourrir une population croissante, il faudra passer à l'agribio intensif, qui part de principes opposés à ceux de la révolution verte.

L'autre défi auquel nous devons faire face concerne les conflits de l'eau. Plus les températures montent et plus les zones sèches s'assèchent, notamment dans le pourtour méditerranéen et dans une partie de l'Afrique. En 2004, 1,1 milliard d'êtres humains (17% de la population mondiale) étaient privés d'eau potable. En 2050, on prévoit qu'au moins une personne sur quatre vivra dans une zone affectée par des pénuries d'eau douce, surtout l'Asie de l'Ouest, le Maghreb et l'Afrique subsaharienne. Dans d'autres régions comme le delta du Mékong et une partie du Bangladesh, la montée des eaux risque d'entraîner des migrations en chaîne.

Le dernier défi est l'imprégnation chimique. Quel que soit l'être vivant ou l'endroit où on en cherche, on trouve du DDT partout. On trouve des retardateurs bromés et organochlorés électroniques dans le lait maternel, avec des concentrations qui doublent tous les 4-5 ans. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques, qui sont utilisés dans la fabrication d'aluminium, sont responsables de 23% des cancers chez les bélugas du Saint-Laurent. Partout sur le globe, que l'on prenne un échantillon d'eau de mer ou de sédiments, on trouve des microparticules de plastique qui mettront des centaines ou des milliers d'années à se décomposer et dont les éventuels effets toxiques à long terme sont inconnus. Ce qu'on sait, en revanche, depuis la loi *Toxic Use Reduction* adoptée par le Massachusetts en 1989, c'est que les entreprises finissent par réduire leurs niveaux d'émission quand on les oblige à les afficher. Avec un rapport obligatoire publié sur Internet et une taxe à payer, cette loi a permis de diviser par dix les rejets et les emplois de toxiques de 800 entreprises, ce qui leur a permis de faire 14 millions de dollars d'économies.

Depuis 2004, il y a un projet d'interdiction mondiale des jouets en PVC souples contenant des phtalates, dont la présence dans l'environnement perturbe notre physiologie. En effet, les molécules chimiques que nous absorbons passent toutes par nos systèmes de désintoxication que sont le foie et la rate, qui les transforment en molécules proches de molécules hormonales, ce qui induit des perturbations hormonales et des cancers.

Un certain nombre de réactions ont aussi lieu du côté des ONG. Cette année, Greenpeace a annoncé le classement des quatorze principaux producteurs d'ordinateurs et de téléphones portables dans le monde en fonction de leur utilisation de substances dangereuses et de leur recyclage des déchets. De même, le parlement européen est sur le point d'adopter la directive Reach sur l'observation des effets de 30 000 substances chimiques.

Les produits chimiques dans l'environnement ont aussi des effets diffus. D'après l'INVS, 2/3 des cancers sont dus à l'environnement au sens large (35% étant dus à la nutrition et le reste à l'environnement proprement dit). La présence de produits phytosanitaires dans les cours d'eau et les nappes phréatiques s'aggrave aussi bien en nombre de substances qu'en pourcentage d'eaux contaminées. Les statistiques de l'Union européenne montrent que le pourcentage de fruits, légumes et céréales qui dépassent les limites maximales autorisées augmente, passant de 3% en 1996 à 5,5% en 2002. Les liens épidémiologiques entre les phytosanitaires présents dans l'environnement et un certain nombre de maladies sont de plus en plus nets. En 2006, Harvard a publié les résultats d'une étude de plus de 10 ans sur 143 000 américains dont 7 000 manipulateurs réguliers de phytosanitaires. Il s'est avéré que la manipulation de pesticides accroît de 60% le risque de maladie de Parkinson.

Les OGM ne résolvent pas le problème. En effet, les utilisations de pesticides et d'herbicides ont augmenté de 30% à 100% sur les parcelles OGM aux États-Unis et en Argentine parce qu'il s'est passé ce qui avait été prédit : des résistances sont apparues et il a fallu augmenter les doses. Lorsque cette toxicité se reporte sur l'imprégnation des sols, cela donne des sols en risque phytotoxique, sur lesquels les plantes auront du mal à pousser. On sait maintenant que, quand il y a trop d'engrais dans les sols et donc dans les eaux, cela entraîne des booms d'algues vertes sur les côtes et la sécrétion de phytotoxines qui font qu'on ne peut plus consommer d'huîtres et de coquillages pendant un certain temps.

Devant tout ces résultats, sachant que, sur plus de 100 000 substances chimiques inventées par l'homme et répandues partout, on n'a des connaissances que sur un quart d'elles, l'Union européenne a décidé qu'il fallait regarder de plus près les liens entre ces molécules chimiques et la santé. D'où la directive Reach.

Plusieurs confédérations industrielles ont estimé que cette directive aurait pour conséquence de stimuler l'innovation. Prenons les détergents. Les plantes méditerranéennes qui vivent en bord de mer, se protègent du sel et évitent de transpirer en se couvrant d'une pellicule cireuse. Or, les détergents, qui attaquent les graisses, détruisent cette pellicule et, sur tout le pourtour méditerranéen, on constate une nécrose de ces plantes. D'après l'INRA, ce problème pourrait être évacué en un an si les détergents devenaient à 100% biodégradables. Mais, la définition européenne actuelle de la biodégradabilité s'applique aux produits dont il reste 40% dans l'environnement dans de l'eau douce à 30°C après 28 jours.

Autre domaine : les toxiques. Certains produits anti-termites et fongicides seront interdits à partir de 2008. Un laboratoire toulousain a montré qu'on pouvait fabriquer un produit non toxique protégeant le bois à partir d'huile de colza ou de tournesol. On peut aussi remplacer des dérivés pétroliers à travers ce qu'on appelle la « chimie verte », par exemple le raffinage végétal du maïs. Je mets des guillemets autour de cette expression, parce que si l'on produit du maïs avec des méthodes agricoles

traditionnelles, beaucoup de phytosanitaires et d'irrigation, ces solutions ne sont pas si « vertes » que cela. La bonne nouvelle est qu'il y a déjà beaucoup de pistes ouvertes depuis une quinzaine d'années pour développer des méthodes de culture qui font partie de la « révolution doublement verte », mais il faudrait diffuser ces méthodes au niveau mondial et augmenter considérablement le nombre de variétés utilisées.

Je conclurai en rappelant qu'on entend parfois des gens dire que le premier problème n'est pas le climat, mais l'eau. C'est un raisonnement complètement stupide. Là où il y a déjà des problèmes d'eau, le changement climatique les aggravera. Il accroît les problèmes d'eau et menace de rupture les écosystèmes. Quand des écosystèmes sont appauvris, par exemple en cas de sécheresse, ils sont encore moins capables de s'adapter que les autres. Il faut donc essayer de ne pas handicaper le travail d'adaptation que fait la nature. En outre, quand on dégrade un écosystème, on dégrade aussi les ressources en eau, et quand on pollue l'eau, on dégrade la diversité biologique. Quand on est dans une région pauvre et que l'on doit faire face à tout en même temps, le changement climatique ne peut qu'aggraver la situation. Il y a une vraie synergie entre les questions de conservation des fonctionnements environnementaux et celles de pauvreté et de développement.

Le développement durable, c'est constater que nous sommes extrêmement puissants et que nous avons la capacité d'analyser ce que notre puissance est capable de faire. Contrairement aux habitants de l'île de Pâques, nous sommes capables de comprendre ce que nous faisons endurer à notre environnement et d'anticiper ce qui va se passer si nous continuons. Cela signifie que nous avons une responsabilité pour l'avenir de la planète, que nous devons être réalistes et savoir distinguer ce sur quoi on peut agir et ce qu'on ne peut changer. Il est impossible de changer les lois de la physique, de la chimie et de la biologie : on ne peut faire en sorte que la production de gaz à effets de serre n'entraîne pas un réchauffement, et on ne peut pas faire en sorte que ce réchauffement n'entraîne pas une série de bouleversements climatiques et environnementaux. Mais on peut changer beaucoup d'autres choses, comme les comportements, les organisations humaines les approches culturelles. Il faut se mettre dans l'idée que nous devons nous adapter à un certain nombre de changements, même si notre héritage culturel occidental ne nous facilite pas ce retournement.

Discussion

Q : En ce qui concerne la qualité de l'air, existe-t-il aussi des observations inquiétantes ?

DD : Oui. Quand j'ai parlé d'imprégnation chimique, j'ai surtout donné des exemples concernant l'eau et le sol. J'aurais pu vous dire qu'en 2005, un institut de Stockholm a publié une étude sur la pollution des grandes villes montrant que, quand on sépare les facteurs, le risque de maladies cardiovasculaires augmente de 30% du fait de la pollution de l'air, notamment à cause des micro-particules. L'imprégnation chimique se retrouve aussi dans l'air, comme le montre, entre autres, le trou dans la couche d'ozone. L'un des problèmes est la stabilité des molécules : sont-elles capables ou pas d'engendrer un effet cumulatif ? Si elles ne le peuvent pas, leur effet cesse dès qu'on décide d'arrêter de les émettre. Mais si elles ont un effet cumulatif, la situation est beaucoup plus ennuyeuse.

Dans l'imprégnation chimique, le problème est notamment celui des molécules lipophiles, qui se stockent dans les graisses et qui restent dans la chaîne alimentaire. En ce qui concerne le trou dans la couche d'ozone, nous l'avons en fait échappé belle. Ce trou est causé par les chlorofluorures de carbone utilisés pour les aérosols ou les réfrigérants. On a choisi des fluorés parce que, comme tous les halogénés, ce sont des composés très stables, mais on aurait très bien pu prendre des bromés pour les mêmes usages. Or, ceux-ci auraient eu un effet beaucoup plus rapide sur la couche d'ozone, avec une inertie beaucoup plus forte. Si, au moment où on a découvert le trou dans la couche d'ozone, celui-ci avait été causé par des bromés, il aurait déjà été trop tard pour réagir vu leur durée de vie dans l'atmosphère. Le fait d'avoir choisi des fluorés a été une chance, mais cela montre qu'on ne peut se désintéresser des effets induits par les produits que l'on met en circulation.

Q : Comment réagissez vous aux propos comme ceux de Claude Allègre, qui s'élèvent contre la pensée unique à propos du réchauffement climatique et qui affirment que celui-ci n'est pas dû à l'homme ?

DD : Il y a deux façons de répondre. La première est de dire que la pensée unique le concerne plutôt, parce qu'il est seul à penser cela. La deuxième est de lui demander s'il a une meilleure solution. Des pays comme les États-Unis et l'Arabie saoudite aimeraient bien avoir des arguments valables pour expliquer que le réchauffement planétaire n'a rien à voir avec les hydrocarbures.

Les premières idées sur le réchauffement climatique induit par les gaz à effet de serre datent d'avant les années 40. Des années 40 aux années 70, on s'est beaucoup occupé de rayonnement solaire et de glaciation et on a évacué la question de l'effet de serre, d'autant plus qu'après 1945, ce sont les ressources fossiles qui ont « boosté » l'économie mondiale. Mais ensuite, avec les carottages de la calotte glaciaire, la comparaison entre les rythmes solaires et les températures enregistrées au XX^{ème} siècle, la question de l'effet de serre est revenue sur le devant de la scène. Dans toute la communauté internationale, poussés par les pays de l'OPEP, les États-Unis, le Canada et l'Australie, les climatologues ont essayé de trouver d'autres explications au réchauffement climatique. Ils se sont aperçus que, quand on donne une autre explication que les émissions humaines de gaz à effet de serre comme moteur principal du réchauffement, il faut énoncer de nombreuses hypothèses supplémentaires pour arriver à rendre compte des phénomènes observés. En revanche, la seule théorie de l'activité humaine comme moteur principal du réchauffement rend compte de ces phénomènes, ce qui est déterminant en termes scientifiques. Enfin, quand George W. Bush a sorti les États-Unis du protocole de Kyoto, il a demandé à la *National Science Academy* de lui fournir un rapport expliquant tout ce qu'il y avait d'incertain dans le rapport du Giec. La réponse a été que les conclusions du Giec sur les causes humaines du réchauffement climatique étaient ce qu'on savait dire de mieux en matière scientifique sur la question. Personnellement, je préférerais que tout le monde se trompe. Mais, en termes de vraisemblance, il vaut mieux parier sur le fait que c'est la réalité.

Pierre Veltz : Certains avancent l'argument du volcanisme, dont l'activité aurait contribué à maintenir des températures globales relativement basses. Ils pensent qu'on sous-estime son impact et que la baisse récente de l'activité volcanique dans le monde contribuerait au réchauffement climatique.

DD: Il est exact que l'activité volcanique, en masquant le soleil, contribue à la baisse de la température. Mais ce facteur ne suffit pas à expliquer l'ampleur du réchauffement climatique.

Henri de Navacelle : Sur un des graphiques que vous avez montrés, on voit une augmentation quasi exponentielle de la concentration de CO2 dans l'atmosphère. Mais le réchauffement n'augmente pas au même rythme.

Dominique Dron : Ce graphique date de 1995. Il montre les concentrations de CO2 dans l'atmosphère et les écarts de températures depuis 400 000 ans. Entre 1970 et 2005, la température moyenne du globe a augmenté de 0,6°C. J'ai dit tout à l'heure que la température maximale que l'être humain ait connue est de +2°C par rapport à l'ère pré-industrielle, c'est-à-dire +1,2°C par rapport aux températures actuelles. Aujourd'hui, en termes de températures moyennes, nous sommes dans une situation que nous connaissons déjà. Il existe des régions dans le monde qui connaissent depuis longtemps un climat plus violent que celui de l'Europe et qui le supportent bien. Le problème est que nous ne sommes pas dans un état stable. Nous connaissons des modifications extrêmement rapides. Les températures continuent à augmenter et, si on regarde la capacité des écosystèmes à s'ajuster, agriculture comprise, on entre dans l'inconnu.

Une des raisons pour lesquelles on a oublié les gaz à effet de serre des années 40 aux années 70 est que l'on a assisté à une baisse de la température, due à une série d'éruptions volcaniques qui ont injecté de la poussière dans l'atmosphère. Pendant ces 30 années, le signal d'augmentation tendancielle de la température du globe n'était plus visible. Dans les discussions sur le changement climatique, ces 30 années font l'objet d'une empoignade mondiale parce que les indices sont brouillés. Mais depuis la fin des années 70, ce phénomène est terminé et on a rattrapé la courbe d'augmentation des températures.

Mari-Noëlle Jego-Laveissiere : Si ces travaux sont connus dans le monde scientifique et sont portés à la connaissance du public, pourquoi le principe de précaution a-t-il tant de mal à s'imposer ?

DD: Je pars du principe que l'humanité n'est pas suicidaire. J'ai pu observer que ce qui est vraiment déterminant pour que les populations réagissent, c'est la représentation mentale du risque. Or, la vision concrète du changement climatique est extrêmement récente. Les acteurs sociaux et économiques qui en ont une représentation forte parce qu'ils vivent sur des séries longues sont les réassureurs.

Et ce n'est pas parce qu'on connaît les données scientifiques que les comportements changent, comme le montre la consommation de tabac. Il faut des convergences d'éléments. Parmi celles-ci, on trouve le fait que l'opinion publique commence à être sensibilisée à cette question, qu'un certain nombre d'acteurs commencent à rencontrer des problèmes. J'ai été frappée de voir qu'en Bourgogne, les travaux sur l'adaptation territoriale au changement climatique avaient commencé relativement tôt parce que les viticulteurs bourguignons voyaient monter les teneurs en sucre de leurs raisins, voyaient se modifier la prévisibilité météorologique et se demandaient ce qu'allait devenir leur vin.

Michel Magimel : Il n'est plus chaptalisé.

DD: Plus il y a de sucre dans le raisin, plus le vin est flatteur en goût, mais en termes de qualité, le résultat est moins évident.

Michel Magimel : On est passé d'un système où on chaptalisait beaucoup le vin à la situation actuelle, où il l'est beaucoup moins, ce qui est une bonne chose.

DD: C'est exact aujourd'hui, mais la situation actuelle n'est pas stabilisée. Pour les vins de Champagne, on en est déjà à des indices limites pour que le vin reste acide.

Citons d'autres acteurs. Un certain nombre de gros investisseurs financiers commencent à se dire que leur rentabilité se joue aussi sur le long terme. Si la prise de conscience ne va pas plus vite, c'est non seulement à cause des représentations mentales, mais aussi parce que les gagnants aux règles du jeu précédentes n'ont pas envie qu'elles changent rapidement.

Geneviève Lecamp : Les pays avancent plus ou moins vite sur ces questions. Quel est l'élément déclencheur ?

DD: Il peut s'agir d'une catastrophe. L'ouragan Katrina a beaucoup fait bouger les esprits aux États-Unis, pas au niveau du président, mais au niveau d'une prise de conscience nationale.

Des configurations différentes peuvent aussi expliquer ces différences, comme le montre la façon dont certains pays européens ont réagi au premier choc pétrolier. La France a vu qu'il y avait un problème d'énergie et a donc décidé de remplacer une énergie par une autre en se tournant vers le nucléaire. Cette réponse s'explique par une organisation étatique centralisée, une communauté technico-scientifique qui avait déjà une avance sur le nucléaire, une opportunité industrielle, une opinion publique peu sensibilisée aux questions environnementales et une structure de rapports patronat-syndicats qui ne permettait pas de faire ce que l'Allemagne a fait. L'Allemagne est un État fédéral et décentralisé, et les Länder n'étaient pas capables de conduire des programmes de cette importance, l'opinion publique allemande est fortement anti-nucléaire, les relations entre patronat et syndicats sont organisées sur un mode beaucoup plus collaboratif qu'en France. Il y a donc eu accord entre patronat et syndicats pour accepter la montée du prix du pétrole et décider de la compenser en devenant les premiers exportateurs. En même temps, l'Allemagne a tenté de trouver d'autres sources d'énergie. C'est de là que date l'essor de l'énergie solaire et l'investissement sur les énergies renouvelables en général. Cela explique aussi que l'Allemagne ait porté une plus grande attention à l'efficacité énergétique des bâtiments.

Pierre Veltz : Cela reste marginal.

DD: C'est vrai, mais ils ont commencé à travailler sur ces questions il y a longtemps.

Olivier Coussi : La labellisation de l'habitat existe depuis déjà longtemps en France. Il ne faut pas oublier que l'Allemagne consomme beaucoup de charbon pour le chauffage, ce qui renforce l'effet de serre. Le nucléaire n'a pas cet inconvénient.

DD: Bien sûr. Je n'ai pas dit que les uns étaient meilleurs que les autres. Je suis simplement en train d'expliquer comment une structure sociale et une histoire et une organisation différentes peuvent expliquer que des pays prennent certaines routes. Si les Britanniques sont en pointe sur le changement climatique, c'est à cause de Margaret Thatcher, et non des syndicats. Elle a compris que le pétrole de la Mer du Nord s'épuiserait et qu'il fallait préparer la suite. De la même manière que Bush père était son homologue pour lancer le Giec en 1986 et mettre la question du changement

climatique sur la table des discussions internationales, il fallait trouver des convergences de motivations pour l'ensemble des acteurs afin de réduire les consommations de pétrole à un moment ou à un autre. Et il se trouve que le sujet scientifique du climat fait partie des arguments objectifs convergents avec la nécessité de préparer un après pétrole. Les Britanniques se sont donc lancés beaucoup plus tôt sur ces questions.

Conséquences du changement climatique en France et adaptations territoriales

Dominique Dron

Il faut avoir en tête qu'il n'est pas raisonnable de développer des réponses au changement climatique qui aggraveraient les trois autres problèmes. Sinon, on handicaperait notre capacité même à répondre au changement climatique.

Notre réflexion va partir du fait que la température de la terre augmente de manière hétérogène. L'augmentation de 0,6°C de la température moyenne mondiale depuis 1970 correspond à une augmentation de 0,8°C ou 0,9°C de la température moyenne en France. Sur une carte de la position thermique des vignobles français de 1972 à 2002, caractérisée par la température minimale et la température maximale, on constate qu'en trente ans, les vignobles de Dijon, Colmar et Angers sont passés à la latitude de Bordeaux, le vignoble de Bordeaux est à la latitude d'Avignon et de Montpellier des années 80 et les vignobles de Montpellier sont à la latitude de l'Italie.

Ces 0,6°C d'augmentation globale ne se traduisent pas par un transfert simple de température, mais par un côté chaotique des températures. Après l'été 2006, caractérisé par un mois de juin et un mois de juillet très secs et très chauds et un mois d'août pluvieux et moins chaud que d'habitude, nous avons eu un déficit de production de céréales et de légumes compris entre 5% et 50% selon les légumes. Quelques modèles Météo France de la France au siècle prochain en scénario A2 (+4,5% d'augmentation de la température du globe), qui est considéré comme le scénario tendanciel si nous ne changeons rien, montrent qu'il y aura beaucoup plus de précipitations en hiver, des températures hivernales plus élevées, les températures négatives étant confinées à l'Est de la France. En été, il fera plus sec et il y aura plus de vagues de chaleur.

I. Les effets de la vulnérabilité climatique

La traduction écosystémique des changements climatiques se verra dans la répartition de la végétation en France. En scénario B2 (+2,5°C d'augmentation de la température du globe), sur les années 2070 – 2100, les conditions thermiques méditerranéennes remonteront jusqu'au Nord de la France. On trouvera des pins maritimes jusqu'à Dunkerque et il n'y aura presque plus sur le territoire français de conditions thermiques propres à la croissance des chênes et des hêtres. Les espèces végétales ne peuvent pas migrer assez vite par rapport à la rapidité du changement climatique. Il faudra donc que nous les aidions. En termes d'aménagement du territoire, cela signifie de ménager des couloirs suffisamment larges et des zones suffisamment connectées pour que celles qui ont besoin de remonter vers le Nord ne soient pas bloquées par les surfaces urbanisées ou par des surfaces très imprégnées de produits chimiques (régions de monoculture intensive) et qu'elles puissent migrer.

On constate aussi un accroissement des vagues de chaleur. Une carte des nombres de jours d'été ayant des températures supérieures à 35°C montre qu'en 1976, il n'y avait jamais plus de huit jours successifs avec de telles températures. En 2003, on a dépassé 30 jours successifs dans plusieurs endroits de la France. Quand on regarde le nombre de jours avec une température supérieure à

40°C, la situation est encore plus claire : en 1976, il n'y en avait aucun, en 2003, il y a plus de 10 jours dans plusieurs régions françaises.

L'été 2003 est significatif. D'après le modèle Arpège–Climat de Météo France, ce modèle d'été est parfaitement improbable dans le système climatique dont nous sommes récemment sortis. En revanche, il devient extrêmement probable dans le système où nous entrons, a fortiori en scénario A2 tendanciel, puisque, selon ce scénario, il correspondra à l'été moyen de la deuxième moitié de ce siècle.

Parmi les conséquences entraînées par ce réchauffement, on constate une augmentation des incendies spontanés de forêts, y compris dans des régions où il n'y en avait jamais. On constate aussi une accélération de la croissance de la plupart des espèces forestières, ce qui introduit plus de CO₂ dans l'atmosphère. En revanche, chaque fois qu'il y a un choc de type été 2003, la végétation est fortement endommagée, avec de nombreuses morts et atrophies de végétation, ce qui entraîne des pertes de plusieurs années de stockage de carbone.

Par ailleurs, l'intensification d'événements extrêmes exige de porter une attention beaucoup plus forte en termes d'anticipation de moyens financiers et de moyens d'intervention pour restaurer le fonctionnement des territoires endommagés. Un territoire qui ne fonctionne pas n'est attractif ni pour les populations ni pour les entreprises. Prenons l'exemple de la crue de 1910 à Paris. En 2005, le Commissariat général du Plan a fait une évaluation de ce qui se passerait si une telle crue se renouvelait avec le même niveau de pluies qu'en 1910. Le niveau des eaux serait de 70 cm au-dessus de celui de 1910 parce que le sol est tellement urbanisé et imperméabilisé qu'il y aurait moins d'absorption. En supposant qu'on arrive à boucher à temps toutes les entrées d'air du métro et du RER et qu'ils ne soient pas inondés, il y aurait quand même des perturbations extrêmement importantes, avec un coût global estimé à 30 milliards d'euros et 10% du PIB de l'Île-de-France. Or, on sait qu'une telle crue finira par se produire. Les assureurs et les réassureurs commencent à porter une attention accrue à toutes les zones où l'artificialisation des sols augmente les risques d'inondation.

La vulnérabilité climatique touche tous les secteurs d'activité : la modification des régimes hydriques et la hausse des températures affectent l'agriculture, les écosystèmes et le tourisme. Les glissements de terrain et la sécheresse des sols affectent les infrastructures et la stabilité des bâtiments. Les événements plus intenses compromettent directement la robustesse des infrastructures, des bâtiments et des organisations, et les disponibilités en eau ont des conséquences en matière d'énergie, d'agriculture et d'incendies.

Aujourd'hui, le réchauffement climatique et la montée des océans affectent la qualité des terres, puisqu'on perd chaque année en moyenne mondiale 8% des terres irriguées en raison de la salinisation. Une nouvelle répartition des budgets publics et privés est donc nécessaire puisqu'il faut augmenter le poste prévention des risques et réparation des dommages. Ce n'est pas forcément une catastrophe que d'habiter dans un monde dans lequel les événements climatiques sont plus intenses. Les États-Unis y sont habitués depuis longtemps. Mais nous devons nous adapter au fait que nous sommes sortis du climat tempéré qui a bien servi l'Europe pendant des siècles.

II. Des mesures d'adaptation nécessaires à tous les niveaux

La question de l'adaptation et de la robustesse physique se couple à celle de la robustesse socio-économique. Une étude de Jean-Pierre Orfeuil en 1994 sur la part de la dépense logement et transport en Île-de-France en fonction du coût du m² de logement montre que la part du budget des ménages pris par le logement reste comprise entre 25 et 30% quelle que soit la zone où on habite, alors que la part du budget transport passe de 5% à plus de 25% dans les zones d'habitat moins chères, qui sont moins bien desservies et impliquent des trajets plus longs en voiture. L'augmentation d'aléas comme les prix de l'énergie fait que les ménages qui dépendent de l'automobile sont beaucoup plus vulnérables dans le monde à venir.

Pierre Veltz : Ces chiffres ne sont pas actualisés, mais la courbe est restée similaire. Toutefois, ces éléments ne sont valables que si l'on considère les déplacements pendant les jours de travail. Une autre étude de Jean-Pierre Orfeuil montre que, si on prend l'ensemble des déplacements, en comptant les week-ends, on constate que les parisiens qui habitent au centre dépensent autant en transports que les gens qui habitent dans des zones moins bien desservies, parce qu'ils partent plus en week-end et en déplacements professionnels. De même que le coût total consacré au logement est relativement stable et proportionnel aux revenus, le coût total consacré à la mobilité est aussi proportionnel aux revenus.

DD : Tout à fait. Mais s'il y a une augmentation du prix du transport, il est plus facile de décider de moins prendre l'avion que de ne pas aller au travail en voiture.

Pierre Veltz : Quand on voyage beaucoup pour des raisons professionnelles, on ne peut pas vraiment réduire ses déplacements. Il n'est pas si facile d'évaluer tout cela.

DD :

Les secteurs responsables des émissions de gaz à effet de serre en France se répartissent de la façon suivante en 2002 :

- les transports : 26%,
- l'industrie manufacturière : 21%,
- l'agriculture et la sylviculture : 20%
- le résidentiel tertiaire : 18%
- l'industrie de l'énergie : 12%.

Cette dernière part est relativement faible en France du fait de l'importance de l'énergie nucléaire. Les postes qui augmentent aujourd'hui sont les transports et le résidentiel tertiaire. Quand on dit qu'il faut réduire les émissions de gaz à effet de serre, cela ne s'applique pas seulement aux entreprises, mais à la totalité du système et, donc, aussi aux ménages.

Pour tenir l'objectif facteur 4, ce qui sera « autorisé » en 2050 représente un tiers de moins que ce que les transports à eux seuls émettent aujourd'hui. Il faudra donc regarder chacun poste, comme on le fait quand on doit adapter un budget à une contrainte extérieure. Dans les émissions d'un ménage français, une petite moitié est due à la vie quotidienne chez soi et une grosse moitié à l'organisation du travail, qu'il s'agisse du tertiaire, des procédés ou du transport de marchandises.

Le monde dans lequel on vit aujourd'hui n'a pas grand chose à voir avec celui des années 60. De même, quand on pense au facteur 4, il faut imaginer qu'il ne s'appliquera pas à la même structure de consommation que celle d'aujourd'hui, avec un tiers en alimentation, confort et équipements lourds, un tiers en produits manufacturiers et tertiaires et un tiers consacré à l'électronique de loisirs et aux transports.

La Mies a développé 17 scénarios d'atteinte du facteur 4. Si on regarde les technologies dont on dispose, on a énormément de possibilités de réduction des consommations énergétiques et de développement des énergies renouvelables. En matière de « mix » énergétique, des possibilités existent tout de suite, mais il faudra encore quelques années pour savoir quelles grandes options choisir.

Dans la comparaison des émissions de CO₂ par secteur, la partie la plus spectaculaire reste la partie transports. D'une manière ou d'une autre, il faudra réduire cette part en fonction de la structure d'énergie qu'utiliseront le transport et les autres secteurs.

Je tiens à insister sur le fait qu'à partir du moment où on fait une enveloppe commune plafonnée pour les émissions de CO₂, on ne peut plus considérer qu'on a des ressources illimitées : quand un secteur utilise quelque chose, il le prend comme marge de manœuvre à un autre secteur. La question qui va se poser à tous les territoires est de savoir comment répartir les progrès à accomplir entre les secteurs, parce qu'il n'y aura pas d'émission de CO₂ sans conséquence.

Mais il faut aussi retenir l'idée que la réduction du risque climatique rapporte à l'économie, même sans tenir compte des dégâts climatiques évités. Si on reste à 2°C d'augmentation, on évite 80% des dégâts d'un scénario à +5°C. Mais, en plus, les entreprises bénéficieront d'un surplus lié aux économies d'énergie, d'où une capacité d'investissement supplémentaire chiffrée aux environs de 600 euros par tonne de carbone évitée.

Pour prendre des décisions aujourd'hui, on a besoin de tenir compte de leur portée à moyen et long terme. Soit on choisit d'adapter dès maintenant le territoire au monde à venir, soit on choisit de lui faire supporter des handicaps quand ces changements inévitables surviendront. Si on prend l'hypothèse d'un pic pétrole en 2020 et d'un pic gaz en 2030, entre ces deux dates, la dépendance énergétique de l'Union européenne passera de 50 à 75% du fait de la baisse des ressources en mer du Nord. En 2050, il faudra avoir atteint le facteur 4 et, en tout état de cause, la température du globe aura augmenté de 1°C à 2,5°C. En 2100, la température du globe dépendra des décisions qui seront prises maintenant.

On doit aujourd'hui décider de la création d'infrastructures de transport qui fonctionneront dans un monde sans comparaison avec celui d'aujourd'hui. Si on plante une forêt de feuillus, elle sera productive dans 80 ans, donc dans un monde beaucoup plus chaud. Les bâtiments construits aujourd'hui traverseront le pic pétrole, le pic gaz et devront participer au facteur 4 sous des températures plus élevées qu'aujourd'hui. Les sites d'industries lourdes connaîtront les mêmes contraintes.

Mais il faut aussi faire évoluer les comportements. La Commission européenne a constaté que les mesures prises aujourd'hui nous permettent de stabiliser les émissions de gaz à effet de serre mais, pour respecter les objectifs de Kyoto, des efforts supplémentaires seront nécessaires.

Pour atteindre le facteur 4, tous ces éléments sont à contrôler en même temps, sans faire l'impasse sur un d'entre eux : des transports qui ne dépendent plus que pour un tiers des hydrocarbures et sont 2 à 4 fois plus économes ; des bâtiments le plus possible sans fuel et 3 fois plus économes dans leur conception et leurs usages — la transition dans le bâtiment devrait être beaucoup plus facile que dans les transports, et devrait ainsi donner une marge de manœuvre sur l'utilisation de fuel — ; une production électrique très peu émissive ; une efficacité énergétique maximale des biens et services — aujourd'hui, le système énergétique français a un taux de rendement de 35% qui doit encore être amélioré — ; des énergies renouvelables diversifiées et soutenables, d'autant que la population mondiale va augmenter ; des comportements économes généralisés et facilités, par exemple en évitant de laisser les appareils électriques en veille.

Il existe des questions sur lesquelles il n'y a pas encore de réponse aujourd'hui :

- le stockage de CO₂, parce qu'on ne sait pas jusqu'à quelle limite on peut le stocker. La capture du CO₂ est déjà possible, elle continue à être améliorée, mais on ne sait pas quoi en faire, sauf à imaginer de le recycler en en faisant autre chose.
- le stockage de l'électricité. Il pourrait y avoir là une marge de manœuvre à l'usage de l'électricité dans les transports et à l'usage des énergies intermittentes (vent, soleil).
- l'avenir du nucléaire. Avec la génération actuelle de réacteurs (génération 3), il n'y aura pas assez d'uranium pour tout le monde. Le problème de la prolifération du nucléaire se pose également. Si on veut créer une génération 4 de réacteurs non proliférants et plus économes d'ici 2025, avec une utilisation possible vers 2040, il faut résoudre toutes ces questions.
- le stockage et la distribution de l'hydrogène.

Ce sont des interrogations à dix à trente ans, dont les résultats ne se feront pas sentir avant vingt à quarante ans. Or, ce que nous ne ferons pas dans les vingt prochaines années ne sera pas récupérable ensuite, puisque le CO₂ reste des siècles dans l'atmosphère.

Il y a en outre des questions difficiles qui se posent dans l'immédiat, en premier lieu celle du carburant utilisé pour le fret routier à longue distance, le trafic maritime et de l'aviation.

Enfin, il y a la question de la robustesse institutionnelle et sociétale.

Après 2030, nos outils seront différents parce que nous aurons avancé sur un certain nombre d'interrogations techniques. Mais il faut agir avant, avec les technologies existantes, et, sur les dix à vingt années, dans un contexte difficile de tensions fortes sur les ressources énergétiques.

Il n'y a pas de solution miracle et il faudra faire un peu de tout en tenant compte de l'inévitable inertie des systèmes. Par exemple, il n'est pas possible de simplement remplacer le pétrole par des biocarburants, le territoire français n'y suffirait pas. Autre exemple, dans le secteur automobile, une nouvelle technologie a besoin de quinze ans pour percoler dans la moitié du parc et vingt-cinq ans pour atteindre le reste du parc. Il y a cependant une façon simple de limiter une partie des émissions dues au transport : changer de voiture. Entre une voiture censée rouler à 240 km/h, ce qui est de toute façon interdit, et une voiture qui ne dépasse pas 140 km/h, la différence est considérable : la deuxième émet deux fois et demi moins de CO₂ et utilise deux fois moins de carburant.

Avez-vous une idée du pourcentage de voitures neuves achetées tous les ans par les entreprises (entreprises de location de voitures comprises) ? En Grande-Bretagne, ce pourcentage est de 60%. En France, il est de 40%, parce que les régimes fiscaux sont un peu moins favorables.

Un auditeur : En Grande-Bretagne, les voitures de fonction sont très répandues.

DD : Tout à fait. Ces voitures sont souvent utilisées pendant trois ou quatre ans par les entreprises, puis elles sont revendues. À la fin des années 90, la moyenne de la consommation des voitures achetées par les entreprises était supérieure d'un demi litre au 100 km à la moyenne du parc. Si ces entreprises décidaient de fonctionner avec des voitures dont la consommation moyenne serait réduite d'un litre au 100 km, et si l'on tient compte de leur revente à des particuliers, l'ensemble de la France économiserait 1 million de TEP.

De même, on peut essayer d'agir sur la densité des villes, sur les choix d'urbanisme commercial. Ainsi, l'Adème a évalué trois scénarii d'approvisionnement des ménages. Le premier, typique pour une banlieue, consiste à faire dix kilomètres en voiture jusqu'à un hypermarché de périphérie, faire ses courses et rentrer chez soi. Le deuxième est celui d'un ménage qui habite en centre-ville et fait ses courses à pied dans une supérette de proximité alimentée deux fois par semaine par un camion qui fait dix kilomètres depuis l'entrepôt du grossiste. Le troisième scénario est celui d'un ménage qui habite en centre-ville et se fait livrer à domicile. Toutes logistiques confondues (approvisionnement des marchandises et déplacements des consommateurs), l'hypermarché de périphérie utilise soixante fois plus de CO2 et de carburant que la supérette de proximité et quinze fois plus que la livraison à domicile. Il y a donc des choix urbains qui sont plus consommateurs que d'autres.

Il existe d'autres marges de manœuvre. Pour livrer des marchandises, on passe du facteur 2 à 4 en remplaçant la livraison en parallèle par douze camionnettes d'une capacité de cinq cents kilos par une tournée de livraison par un seul camion de six tonnes. Pour le transport de voyageurs, on peut jouer sur les avantages du TGV par rapport à la voiture et à l'avion en termes d'émission de carbone. Pour le transport de marchandises, le transport ferroviaire émet moins. On peut faire du transfert modal en recourant au transport combiné eau ou rail. Le transport combiné est rentable économiquement sur des distances de plus de cinq cents kilomètres. Or, 25% du transport intérieur en tonnes au kilomètre, 80% de l'import-export et la quasi totalité du transit font plus de cinq cents kilomètres. Si les chemins de fer fonctionnent bien, il y a là des marges de manœuvre intéressantes, y compris en termes économiques.

Revenons à l'aspect socio-économique des déplacements. Quand on habite dans des zones où le foncier est peu cher, on a vraiment besoin d'une voiture pour se déplacer. Une courbe du nombre d'emplois accessibles en région parisienne à quarante minutes et à une heure du domicile selon que l'on prend la voiture ou les transports en commun montre que, si on habite Paris, un peu plus d'emplois sont accessibles à quarante minutes de voiture qu'à 40 minutes de transports en commun, mais la différence est faible. En revanche, le nombre d'emplois en grande couronne accessibles en quarante minutes en transports en commun est très faible. Dans certaines entreprises mal desservies, pour des emplois relativement peu qualifiés, le directeur des ressources humaines vérifie que le candidat possède une voiture avant de regarder si le profil convient. Avec un temps de trajet d'une heure, plus d'emplois sont accessibles mais la différence entre avoir une voiture ou pas est beaucoup plus significative en grande couronne.

Dans les années 90, l'évolution de la situation des emplois et de la situation des logements est allée dans le sens d'une ghettoïsation des territoires, avec un déplacement majoritaire des métiers de type employé par rapport aux métiers de type cadre. Les travaux de Jean-Pierre Orfeuillont montrent que dans les années 90, les déplacements de résidence des cadres se sont faits pour les deux tiers vers des zones de bonne accessibilité, avec une desserte importante de transports en commun. L'évolution des résidences des employés s'est faite en sens inverse, vers des zones moins chères et moins bien desservies. L'évolution est similaire pour les emplois. Les nouveaux emplois de cadres ont été créés pour moitié dans des zones plus accessibles et pour moitié dans des zones relativement peu accessibles, mais, pour les employés, les emplois perdus l'ont été dans les zones les plus accessibles alors que les emplois créés l'ont été dans des zones moins accessibles. Les choix faits pour des raisons de taxe professionnelle ont accentué ces difficultés.

Pierre Veltz : Une thèse récente a repris le graphique sur le pourcentage d'emplois accessibles à quarante minutes et à une heure, en les distinguant par grandes catégories (cadres, employés, ouvriers). Elle fait apparaître encore plus clairement les inégalités sociales. Approximativement, les cadres ont une plus grande part de leur marché du travail accessible en quarante minutes par les transports en commun qu'en 1990. Pour les employés et les ouvriers, la part du marché du travail accessible à quarante minutes est toujours plus faible et beaucoup plus dépendante de l'automobile

DD: Je vais terminer en abordant la question de l'adaptation de l'agriculture et de la sylviculture.

Il y a aujourd'hui une certaine révolution à l'INRA et à l'ONF. Il faut adapter les espèces et les modes de gestion et entrer dans ce que la FAO a appelé la révolution doublement verte. Je vous conseille la lecture du livre de Michel Griffon publié en juin 2006 et intitulé *Nourrir la planète*. Quand on a des changements de politiques d'usage du sol dans l'agriculture et la sylviculture, on change la capacité du sol à capter le carbone. Lorsque l'on passe d'une forêt ou d'une prairie à une zone cultivée, on perd 50 à 60% du contenu en carbone du sol en quelques années. Si on replante une forêt, il faut cinq fois plus de temps pour regagner le carbone du sol. Il y a plusieurs corrections et adaptations à réussir : il faut moins dégrader les ressources, régler les questions sanitaires, notamment en ce qui concerne l'imprégnation chimique, adapter les variétés et les sélectionner aussi en fonction de leur robustesse, et mener une gestion spatiale. En effet, la robustesse d'un agrosystème ne se construit pas seulement sur la parcelle mais dans les relations entre la parcelle et ce qui l'entoure, ce qui demande une gestion territoriale. Aux Etats-Unis, par exemple, il a fallu tenir compte des problèmes de contamination par les pollens d'OGM. En 2002, un « Yalta » entre la Biotechnology Industrial Organization et la Food Industrial Organization a décidé que dans trois États à agriculture alimentaire, on ne planterait pas d'OGM pharmaceutiques pour éviter les contaminations.

Toutes les solutions à trouver au niveau des transports, de l'habitat, de l'industrie, de l'agriculture, des économies d'énergie, ne pourront être abordées de manière purement sectorielle et devront être traitées dans l'interdépendance. Il faut gérer un ensemble de points (le climat, l'eau, l'imprégnation chimique et l'érosion biologique) en tenant compte des activités économiques induites par nos organisations. Ce qui peut être économiquement bénéfique pour la communauté. Rien qu'avec ce qu'on a fait après le premier choc pétrolier, on a réussi en quatorze ans à réduire notre consommation énergétique, ce qui a permis d'enregistrer 1,5 point de PIB en plus. Par rapport aux Américains, nous avons la chance de savoir ce que c'est que de développer des politiques de réduction des consommations. Il faudra le faire un peu plus.

On parle beaucoup d'attractivité des territoires et de compétition, mot que j'ai en horreur. La vraie question est celle de la robustesse générale de notre système. Un territoire non robuste n'attirera personne. Son attractivité est liée à sa fiabilité, à la robustesse des fonctions environnementales, à l'organisation de la transition, au développement d'activités qui répondent aux tendances longues.

La transition ne sera pas facile et nécessitera l'adhésion de tous. Je pense que, si on explique bien aux populations quelle serait l'alternative, ils seront prêts à faire leur part. Mais ils accepteraient mal que certains aient à faire des sacrifices quand d'autres passent entre les gouttes. Tous les secteurs économiques et tous les responsables des organisations territoriales doivent s'adapter à ce nouveau contexte.