

Les cahiers de



Les utopies technologiques :

Alibi politique, infantilisation du
citoyen ou lendemains qui chantent ?



N° 20 – Février 2005 – ISSN 1270-377X – 15 Euros

Global Chance

Association loi de 1901
à but non lucratif
(statuts sur simple demande)
17 ter rue du Val
92190 Meudon
globalchance@wanadoo.fr

Le Conseil d'Administration
de Global Chance
est composé de :

Samir ALLAL : Économiste,
secrétaire de l'association

Edgar BLAUSTEIN : Économiste,
trésorier de l'association

Pierre CORNUT : Économiste

Benjamin DESSUS : Ingénieur
et économiste, président de
l'association

Yves MARIGNAC : Consultant
scientifique

Jean-Claude RAY : Biophysicien

Les cahiers de
Global Chance
N° 20
Février 2005

Directeur de la publication :
Benjamin DESSUS
Rédaction : Benjamin Dessus
Maquette : Philippe Malisan
Imprimerie : Reproduction Service

Sommaire

Editorial

Appel à la raison pour une solidarité planétaire

5

De quoi s'agit-il ?

La civilisation hydrogène : mythe ou réalité ?

Benjamin Dessus, Global Chance

8

Les utopies généticiennes...

Jacques Testart, INSERM

13

Com', ou information scientifique ? Le cas d'ITER.

Jacques Treiner, Université Pierre et Marie Curie

17

Problèmes d'effet de serre, réponses des sciences de la terre.

Jacques Varet, Association 4D

21

**Nucléaire de quatrième génération :
l'utopie comme stratégie de survie.**

Yves Marignac, Wise Paris

25

Les limites de l'utopie photovoltaïque décentralisée pour les PED.

Bernard Devin et Edgar Blaustein, Global Chance

31

**Un triporteur à hydrogène pour sauver la planète
du réchauffement ?**

Michel Colombier, Global Chance

36

Pourquoi un tel engouement

**D'une confiance aveugle en la technologie
à la nécessité d'une science en conscience.**

Christine Zelem, Certop

40

**Scientifiques, journalistes, citoyens :
un jeu de rôle aux règles confuses.**

Dominique Chouchan, journaliste scientifique

45

Traquer l'Utopie.

Bernard Devin

49

Comment réagir ?

Débat entre Marie Blandin (Sénatrice), Jacques Testart (chercheur à l'INSERM, membre de Science citoyenne), Guillaume Duval (journaliste à Alternatives économiques), Yves Marignac (Wise Paris). Animation Benjamin Dessus (Global Chance).

54

Ce numéro des Cahiers de Global Chance est consultable sur le site
<http://www.agora21.org>, rubrique Bibliothèque, Editions sur Agora 21

Editorial

Un vingtième numéro des Cahiers de Global Chance, presque deux par an depuis 12 ans, c'est évidemment un motif de satisfaction et de fierté pour notre association qui s'est fait une place dans le débat citoyen. Mais c'est aussi l'occasion de rappeler les préoccupations de notre premier numéro largement consacré aux réactions suscitées par « l'Appel d'Heidelberg », lancé pendant la conférence de Rio par 264 scientifiques, dont 94 Français, certains prestigieux, qui s'alarmaient de « l'émergence d'une idéologie irrationnelle qui s'oppose au progrès scientifique et industriel et nuit au développement économique et social ». Avec le groupe de Vézelay, nous avons lancé un contre-appel « L'appel à la raison pour une solidarité planétaire » bientôt signé par plus de 200 de nos collègues chercheurs (voir page) pour nous élever contre l'impérialisme scientifique que révélait ce texte et rappeler que la science et l'industrie, malgré leur utilité reconnue, ne pouvaient à eux seuls sauver la planète.

Douze ans et 20 numéros plus tard, où en sommes-nous, alors que quelques scandales comme la vache folle sont venus nous rappeler les limites et les effets pervers d'un progrès technique mal maîtrisé? Il nous a semblé utile d'y revenir alors qu'à la fois :

- L'administration américaine vient de renouveler à Buenos Aires son refus d'entrer dans le processus de Kyoto en arguant des ruptures technologiques qu'elle attend dans les prochaines années et qui sont censées résoudre le problème des émissions de gaz à effet de serre sans nécessiter aucune mesure de restriction de consommation d'énergie.
- Les chercheurs du domaine nucléaire clament l'urgence de la constitution d'un stock de plutonium important pour pouvoir disposer vers 2040 ou 2050 d'assez de combustible pour déployer en grand et mondialement les réacteurs de la génération IV dont ils nous assurent l'arrivée, vers 2040, à condition bien sûr, qu'entre temps, ils disposent des budgets indispensables aux recherches nécessaires.
- L'analyse descriptive des génomes sert à justifier diverses manipulations dont la maîtrise n'est absolument pas assurée, et un nouveau concept (nanobiotechnologie) fait miroiter une fabrique révolutionnaire du vivant.
- La plupart des multinationales promotrices de ces utopies technologiques s'engagent dans des opérations lourdes de communication sur le « développement durable ».

En ce début de siècle, les chercheurs, les ingénieurs et les industriels ne manquent pas de projets enthousiasmants: fusion thermonucléaire, hydrogène, captation et stockage souterrain du CO₂, thérapies géniques, OGM... Autant de « solutions technologiques » présentées au citoyen comme « la » réponse dans chacun des domaines concernés, énergie, santé, alimentation, au double défi d'un développement exponentiel, mais égalitaire de l'humanité, et de préservation de la planète.

Les promoteurs de ces technologies potentielles du futur, qu'on pourrait appeler des « utopies technologiques » dans la mesure où la démonstration de la possibilité technique, économique et sociale de leur emploi à grande échelle reste encore du domaine de la simple conjecture, leur attribuent des caractéristiques évidemment alléchantes :

- Leur capacité potentielle à résoudre entièrement ou presque et pour des siècles, voire pour l'éternité, les problèmes croissants auxquels l'humanité va se trouver confrontée dans chacun des domaines considérés.
- Leur totale innocuité environnementale, la très faible probabilité d'occurrence et la bénignité des accidents qui pourraient éventuellement survenir.
- Leur très faible coût, dès les étapes indispensables de la démonstration de faisabilité et du développement industriel franchies.

Mises en avant, non seulement par des communautés scientifiques passionnées, ou parfois plus prosaïquement, en quête de crédits récurrents, ou des lobbies industriels, mais aussi par les politiques dans leurs déclarations, et largement répercutées sans analyse critique par les médias, elles apparaissent bien souvent comme un élément majeur de réponse aux questions les plus délicates qui se posent à l'humanité.

Tout le monde ou presque semble admettre sans discussion l'ampleur des enjeux qui s'attachent à leur développement. Le débat se cantonne donc aux chances du succès, à son échéance et aux coûts de mise au point. Par contre pas de débat sérieux sur l'adéquation de la « solution » proposée au problème qu'elle est censée résoudre, ni sur les causes et les implications du problème en question.

Ce cahier de Global Chance se propose d'essayer d'apporter un éclairage objectif sur un ensemble de questions soulevées par l'engouement très largement partagé qui se révèle pour ces « utopies technologiques ».

Nous y abordons plusieurs questions :

Comment tout d'abord apprécier la réalité des enjeux affichés, la dynamique temporelle d'implantation possible des technologies, leurs effets potentiellement pervers, etc.? Faisant nôtre la devise d'Auguste Detœuf « Ce n'est pas au pied du mur qu'on voit le maçon, c'est en haut! » nous tentons de mieux apprécier pour chacune des technologies étudiées, à partir d'exemples concernant l'énergie et l'environnement global, la fusion, l'hydrogène, la captation et le stockage du CO₂, la géothermie et le photovoltaïque, et plus marginalement la santé et l'alimentation (OGM et thérapies géniques), les conséquences physiques, économiques, sociales et environnementales d'un éventuel succès, avec une attention toute particulière pour les pays en développement.

Nous nous interrogeons ensuite sur les raisons de l'engouement général d'un certain nombre d'acteurs (hommes politiques, médias, pouvoirs publics, communauté scientifique, industriels, organisations professionnelles et citoyens).

Trouve-t-on des caractéristiques communes à l'engouement pour ces différentes technologies (la fascination devant la science, le besoin de rêve, etc.)? Devons-nous suivre Philippe Roqueplo quand il nous dit que « *ce qui oriente concrètement le développement technique et scientifique n'est pas sa fécondité mesurée raisonnablement et collectivement par l'ensemble du corps social, mais mesurée ponctuellement par des chefs de guerre inéluctablement en lutte les uns contre les autres et se condamnant les uns les autres à transformer cette fécondité des sciences et des techniques en une fabrique d'armes pour dominer chacun ce champ de bataille que l'on nomme marché* »? Ou ceux qui défendent ces utopies au nom de la mobilisation qu'engendrent « les grands projets » et de leurs retombées bénéfiques, ou de la nécessité de proposer des rêves à l'imagination des hommes dans un temps où les utopies idéologiques ont du plomb dans l'aile? Ou encore ceux qui balayent toutes les objections en jetant l'anathème du passéisme sur tous ceux qui auraient l'outrecuidance de poser des questions sur la finalité du progrès technique?

Quelles sont les motivations ou les intérêts des différents acteurs de la société dans la promotion de ces utopies?

Pour clore ce numéro, devant les risques de dérive constatés, Global Chance a réuni des personnalités d'horizons et de préoccupations diverses qui s'interrogent sur les moyens de lutte et de contrôle à mettre en place pour éviter de faire fausse route et d'entraîner l'humanité sur des pistes irréversibles, sans pour autant récuser les avancées scientifiques et techniques. ■

Benjamin Dessus

Appel à la raison pour une solidarité planétaire

Paru dans « Libération » du 23 juin 1992

Scientifiques et intellectuels impliqués dans la réflexion et l'action pour un développement durable, nous nous élevons tout autant contre les comportements d'extrémisme écologique qui sacrifient l'homme à la nature que contre les comportements d'impérialisme scientifique qui prétendent sauver l'humanité par la science seule.

La démarche des scientifiques qui ont publié, à la veille du sommet de Rio, une déclaration connue sous le nom d'Appel d'Heidelberg, relève de cette seconde approche. Le message est clair: faisons pleine confiance à la science et à l'industrie pour résoudre l'ensemble des problèmes, évitons de les brider. En attaquant « une idéologie irrationnelle qui s'oppose au progrès scientifique et industriel et qui nuit au développement économique et social », les signataires jettent indistinctement la suspicion sur tous ceux qui s'interrogent sur le progrès technique et ses conséquences.

Au nom de la raison, nous refusons autant l'irrationalité écologique qu'ils condamnent que l'intégrisme scientifique qu'ils proposent. Nous affirmons au contraire la nécessité de prendre pleinement en compte l'ensemble des critères culturels, éthiques, scientifiques et esthétiques pour engager le monde dans la voie d'un développement équitable et durable.

La démarche scientifique a largement contribué à attirer l'attention sur les menaces globales pour l'environnement auxquelles l'humanité se trouve confrontée et à la prise de conscience des indispensables solidarités à développer pour les surmonter.

Mais aujourd'hui, l'urgence est à l'action:; les techniques qui permettraient un développement plus juste et respectueux de l'environnement, à commencer par la réduction des gaspillages d'énergie et de matières premières par le Nord existent pour la plupart; Il faut les adopter. D'autres sont à inventer.

Les percées scientifiques et techniques sont certes nécessaires. Mais ce dont l'humanité a le plus urgent besoin, c'est bien d'une volonté de solidarité planétaire au service de quelques objectifs clairs: faire reculer la pauvreté dans le monde et promouvoir un développement diversifié et durable des sociétés humaines dans le respect de l'environnement. C'est ainsi que le progrès technique, démocratiquement débattu et maîtrisé, permettra à l'humanité de faire face aux menaces globales que les scientifiques ont mis en évidence en cette fin de siècle.

Global Chance, Groupe de Vézelay

De quoi s'agit-il ?

Nous avons choisi d'aborder la question des utopies technologiques à travers une série d'exemples qui portent sur l'énergie, l'environnement, la santé et l'alimentation, pour tenter de mieux en cerner les contours et les caractéristiques: hydrogène, fusion thermonucléaire, réacteurs nucléaires de quatrième génération, stockage du CO₂ dans le sous-sol, géothermie assistée, thérapies géniques et plantes génétiquement modifiées, photovoltaïque pour les pays en développemnt, autant de projets technologiques dont nous analysons dans ce chapitre les atouts et les limites,

aussi bien en termes techniques ou économiques que sociaux ou environnementaux.

Deux articles attirent particulièrement l'attention du lecteur sur le mirage dangereux que peuvent constituer pour les dirigeants et les citoyens des pays en développement un certain nombre d'utopies présentées souvent par les pays du Nord et leurs entreprises comme des solutions particulièrement adaptées aux difficultés spécifiques qu'ils rencontrent dans leur développement.

La « civilisation Hydrogène » mythe ou réalité ?

Benjamin Dessus, Global Chance

Parmi «les ruptures technologiques» régulièrement évoquées et censées résoudre définitivement la crise énergétique et environnementale que devra affronter à moyen terme l'humanité, l'hydrogène est actuellement bien placé. On sait bien en effet que la croissance très rapide du trafic automobile observée dans les pays riches, et son développement dans les grands pays comme la Chine, l'Inde ou le Brésil va créer une situation intenable aussi bien en termes de ressources énergétiques que d'émissions de gaz à effet de serre, en particulier du gaz carbonique CO₂.

L'hydrogène est souvent présenté comme «la» solution. Les constructeurs automobiles y voient la garantie de leur pérennité et les gouvernements une solution élégante pour éviter d'imposer des mesures restrictives à la circulation automobile dont ils connaissent l'impopularité.

Les propos introductifs de Jérémie Rifkins dans son livre « L'économie hydrogène » donnent le ton: « L'hydrogène est l'élément le plus léger, le plus simple et le plus répandu de l'univers. Exploité sous forme d'énergie, il devient un combustible éternel. Inépuisable, il est aussi non polluant puisqu'il ne contient pas un seul atome de carbone... Les fondations de ce que nous pouvons appeler « l'économie hydrogène » sont déjà là, sous nos yeux... L'hydronet, le réseau énergétique mondial alimenté à l'hydrogène, est la prochaine révolution technologique, commerciale et sociale de l'histoire... Dans la mesure où l'hydrogène est universellement répandu et inépuisable, l'exploitation judicieuse de cette ressource permet à terme d'envisager l'émancipation de chaque être humain, inaugurant ainsi le premier régime énergétique véritablement démocratique de l'histoire humaine. Nous nous trouvons au seuil d'un nouvel âge de l'histoire, riche de possibilités. L'hydrogène, la matière même dont sont faites les étoiles et notre soleil, est aujourd'hui à la portée de l'esprit humain et au service de l'homme ».

Éternel, inépuisable, pur, mondial, démocratique, émancipateur; les grands mots fédérateurs sont lâchés. Comment ne pas s'enthousiasmer pour cette perspective de sortie de crise énergétique et environnementale par la technologie? Le couple hydrogène (combustible ou carburant) pile à combustible serait-il « la » solution?

Des progrès incontestables.

Il est bien vrai que la recherche, engagée depuis le début des années 50, a permis des progrès importants depuis une dizaine d'années, en particulier sur les piles à combustibles. Elles transforment aujourd'hui l'hydrogène en électricité avec des rendements bien meilleurs que nos vieux moteurs à essence (60 % contre 35 à 40 % pour les moteurs à essence), dans des machines qui ne comportent aucune pièce tournante, ne font aucun bruit et produisent de l'eau pure à l'échappement. On peut donc envisager d'équiper les automobiles, mais aussi de fournir de l'électricité aux immeubles. Dans ce dernier cas, on pourra même utiliser les 40 % de pertes de chaleur de la pile pour chauffer l'immeuble, une cogénération électricité chaleur en pied d'immeuble.

Reste que les piles à combustibles sont encore 5 à 10 fois trop chères. De nombreux développements sont donc encore à réaliser pour passer de la démonstration à la réalité industrielle, faire chuter les prix des matériels et concurrencer nos chaudières ou nos moteurs traditionnels. Mais l'histoire récente montre bien que « l'apprentissage industriel » doit permettre en vingt ou trente ans d'atteindre cet objectif de

compétitivité, si on y consacre les efforts nécessaires. L'engouement actuel des industriels et des gouvernements, s'il se maintient, est à ce propos de bon augure.

Alors pourquoi boudier notre plaisir ?

Tout simplement parce que ne regarder l'hydrogène que du côté de son utilisation revient à occulter la plupart des problèmes. Certes il y a pléthore d'hydrogène sur notre planète. Mais on pourrait en dire autant des électrons, ou même du carbone qu'on trouve partout, y compris dans l'atmosphère, où il y en a plutôt trop, nous disent les climatologues. Le problème tient au fait que l'hydrogène se trouve principalement dans la nature sous forme d'oxyde, H_2O , l'eau qui nous entoure, ou d'hydrocarbures, qui contiennent du carbone, de l'hydrogène et plus ou moins d'oxygène. Pour disposer d'hydrogène, il faut donc casser les molécules pour n'en garder que l'hydrogène qui, en brûlant, donnera de nouveau de l'eau.

Et cette opération de séparation de l'hydrogène de l'eau ou des hydrocarbures coûte de l'énergie, beaucoup d'énergie.

Si l'on part d'un hydrocarbure, le méthane CH_4 par exemple, on obtient par réaction dans un « réformeur » qui peut être embarqué dans une automobile, de l'hydrogène avec un rendement de l'ordre de 60 %. On consomme alors une ressource fossile qui, elle, n'est pas inépuisable, et d'autre part la réaction dégage du gaz carbonique qu'on voudrait bien justement éviter d'émettre dans l'atmosphère. Dans ce procédé, il faut dépenser 5 kWh de chaleur pour obtenir 1 m³ d'hydrogène, à son tour susceptible de fournir 3 kWh de chaleur par combustion ou 1,8 kWh d'électricité dans une pile à combustible. Le rendement de production d'électricité ne dépasse donc pas 36 %.

On peut aussi partir de l'eau. Deux méthodes se présentent :

Le plus simple est de la décomposer par électrolyse pour séparer l'oxygène de l'hydrogène. Mais il faut aujourd'hui environ 5 kWh d'électricité pour obtenir 1 m³ d'hydrogène. Et la production de l'électricité nécessaire entraîne à son tour des pertes. Si l'électricité est d'origine fossile, on peut la produire avec un rendement de 35 à 50 %. La dépense totale d'énergie par m³ atteint donc 10 kWh dans le meilleur des cas et le rendement de l'électricité produite finalement par la pile à combustible au maximum de $1,8/10 = 18\%$. Si elle est d'origine nucléaire, le rendement est encore plus faible (12 %) puisque l'électricité nécessaire à l'électrolyse est produite dans nos réacteurs actuels avec un rendement de 33 %. Par contre, avantage évident, pas d'émissions, mais les risques spécifiques du nucléaire. Si elle est d'origine renouvelable, (hydraulique, éolienne etc.), pas non plus d'émissions de gaz à effet de serre, mais reste le problème du rendement global, de la dispersion et de l'intermittence de certaines de ces sources (solaire, éolien) dont les procédés industriels d'électrolyse s'accommodent mal dans l'état actuel des techniques.

L'autre solution imaginée est de décomposer la molécule d'eau par apport de chaleur à haute température. On espère en effet, à condition de mettre au point industriellement les réactions et les catalyseurs adaptés, pouvoir décomposer l'eau à des températures de l'ordre de 800 ° avec un rendement de l'ordre de 50 %. Ce serait évidemment un progrès important puisqu'on n'aurait plus besoin de passer par l'électricité et qu'on se rapprocherait du rendement global de la filière ex-hydrocarbures.

Mais comment produire cette chaleur à haute température sans faire brûler de combustibles fossiles et donc émettre ces fameux gaz à effet de serre qu'on veut justement éviter ? On peut brûler du bois, utiliser un four solaire à concentration, ou un réacteur nucléaire à très haute température. Ce dernier projet mobilise les promoteurs du nucléaire qui y voient un débouché potentiel majeur à long terme pour leur industrie. Mais il y a encore loin de la coupe aux lèvres, puisque les réacteurs en question ne sont encore qu'à l'état de projet et qu'il n'existe pas à ce jour de démonstration d'une production industrielle d'hydrogène à 800°. On est donc encore là dans le domaine de la recherche amont, les cycles de réaction envisageables ne sont pas encore choisis ; il n'y a donc pas réel espoir de voir déboucher une solution industrielle avant vingt-cinq ou trente ans, voire plus. Et puis cette solution que certains présentent comme la voie royale, si elle devenait un jour possible, imposerait une très vaste dissémination d'installations nucléaires avec les risques que cela comporte.

Enfin, quelle que soit la méthode employée pour décomposer l'eau (électrolyse ou procédé thermique) il ne peut pas être question d'effectuer l'opération à bord d'un véhicule. L'opération se fera donc dans des installations fixes à partir desquelles il faudra transporter et distribuer l'hydrogène aux usagers. Reste enfin à trouver des solutions de stockage, au niveau des véhicules ou des habitations, de quantités d'hydrogène compatibles avec l'autonomie recherchée. Pour le transport, pas de problème majeur, l'industrie en a déjà l'expérience. Pour le stockage par contre, en particulier à bord des automobiles, l'affaire est moins claire : on peut stocker l'hydrogène sous pression à plusieurs centaines de bars, le liquéfier, ou ten-

ter d'utiliser des matériaux très adsorbants capables d'emmagasiner de grandes quantités d'hydrogène à la pression atmosphérique. Dans le premier cas, le poids des réservoirs capables de résister aux pressions envisagées pose un problème, la liquéfaction entraîne quant à elle des dépenses énergétiques importantes. Les solutions à basse pression sont encore à l'état de projet. Bref, les perspectives et le bilan global de l'opération ne sont pas aussi brillants qu'on veut bien nous le dire.

Résumons-nous.

Dans le cas des transports automobiles, considérés comme la voie royale par les promoteurs de l'hydrogène, c'est avec les piles à combustible utilisant un carburant embarqué (méthanol, méthane, etc.) qu'on obtient les meilleurs rendements globaux « du puits à la roue », de l'ordre de 30 %. C'est un progrès sensible par rapport aux meilleures technologies diesel actuelles (le diesel common rail atteint 21 à 23 % de rendement). Aucune pollution locale, ce qui est évidemment un avantage important, mais l'inconvénient d'une production simultanée de gaz carbonique encore importante (de l'ordre de 60 à 70 % des émissions actuelles du diesel).

Avec l'électrolyse, à partir d'électricité nucléaire ou renouvelable, on évite cet inconvénient. Mais avec le nucléaire actuel, le rendement global de l'opération « du puits à la roue » tombe nettement au-dessous de 15 % ce qui grève d'autant les coûts de production. Même avec les coûts d'électricité de nuit particulièrement bas du nucléaire en France ou de l'hydraulique dans certains pays comme le Canada, l'hydrogène électrolytique coûte en effet deux fois plus cher que l'hydrogène produit à partir du méthane.

Restent les réacteurs nucléaires à haute température qui pourraient permettre de meilleurs rendements globaux. Mais là on est encore en pleine incertitude sur la faisabilité même du procédé et, bien entendu, sur ses coûts.

Et les autres technologies ?

Mais, entend-t-on bien souvent, si nous n'avons plus d'autre choix, il faudra bien en passer par là, même au prix fort, quand les carburants pétroliers auront aussi atteint des sommets. C'est oublier qu'il existe des solutions alternatives, dont certaines émergent déjà sur le marché et qui ont des caractéristiques de rendement et d'émission du même ordre de grandeur que la pile à combustible. C'est le cas en particulier des véhicules hybrides, équipés de deux moteurs, l'un classique à essence ou diesel et l'autre électrique. On peut envisager de les utiliser de différentes façons :

- Par exemple en chargeant les batteries du véhicule la nuit sur le réseau, et en effectuant la plupart des trajets en ville avec le moteur électrique (c'est l'hybride parallèle). Le moteur thermique ne se met alors en route que pour les longs trajets.
- Ou bien en faisant marcher constamment le moteur à essence pour charger la batterie du véhicule, mais dans ses meilleures conditions de performances (c'est l'hybride série). Le moteur et la transmission électriques, dont les performances ne varient pas avec le régime auquel on les soumet, associés à la récupération de l'énergie de freinage permettraient d'obtenir des performances globales bien meilleures que les performances actuelles, voire même que celles qu'on peut espérer des véhicules à piles à combustible (voir par exemple le dossier « La voiture à hydrogène », la Recherche Octobre 2002).

Dans ces deux cas d'utilisation de l'hybride essence ou diesel, les performances énergétiques sont légèrement supérieures à la solution pile à combustible, sans pour autant entraîner de changement dans le circuit de distribution du carburant automobile.

Il en est de même pour les émissions de gaz à effet de serre, sauf si l'on cumule les difficultés de l'installation d'un réseau diffus d'hydrogène permettant l'alimentation à la pompe et du développement d'une filière entièrement nouvelle de production d'hydrogène à haut rendement fondée sur des réacteurs haute température.

Pour les applications fixes, l'affaire se présente mieux puisque la cogénération d'électricité et de chaleur permet d'augmenter sensiblement le rendement global et d'amortir sur des temps plus longs l'investissement de la pile à combustible. Mais là encore d'autres technologies apparaissent déjà sur le marché, en particulier les petites turbines à gaz, également en cogénération.

Quelles conclusions tirer de ces différents éléments ?

Une bonne façon de se faire une idée réaliste des enjeux à moyen et long terme de l'hydrogène est d'analyser le travail auquel s'est livré Stéphane His de l'IFP (Quelles alternatives énergétiques à moyen et long terme? Revue de l'énergie février 2004) et qui concerne les transports. S'appuyant sur un scénario

de croissance des trafics routiers de passagers et de marchandises mondiaux à l'horizon 2060 dont les principales caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous, il compare les conséquences énergétiques et environnementales de la pénétration de différentes technologies (piles à combustibles, hybrides à carburants fossiles, carburants de substitution, etc.) par rapport à l'évolution des technologies « au fil de l'eau » (une amélioration progressive des performances des moteurs, mais sans rupture technologique).

Évolution de la demande de transports routiers de 1988 à 2060

	Transports de personnes milliards de km			Transports de marchandises milliards de txkm		
	1988	2020	2060	1988	2020	2060
Total pays du Nord	4 630	7 900	10 400	3 100	8 100	12 420
Total pays du Sud	640	7 430	25 780	1 460	8 960	29 110
Total monde	5 270	15 330	36 180	4 560	17 060	41 530

La pénétration mondiale envisagée de ces technologies en rupture est très volontariste : à partir de 2020, leur rythme est analogue à celle du diesel au cours des 30 dernières années. Dans ces conditions, en 2060, 40 % des parcs mondiaux de voitures et de camions relèvent de ces technologies nouvelles.

Le tableau ci-dessous décrit les conséquences de ces stratégies pour quelques-unes des technologies étudiées, dont la pile à combustible, à l'horizon 2060.

Consommations d'énergie et émissions de CO₂ pour différentes technologies en 2060.

Scénario	Consommation d'énergie		CO ₂	
	1988	2060	1988	2060
Fil de l'eau (Technologie traditionnelle)	1 115	4 120	3 480	12 860
PAC à hydrogène électrolytique*		4 075		11 470
Véhicules hybrides		3 650		11 390

* Électricité produite par turbine à cycle combiné.

Premier constat: dans tous les cas de figure, les consommations d'énergie et les émissions de CO₂ augmentent d'un facteur qui se situe autour de 4 entre 1990 et 2060, alors que le trafic automobile est multiplié par 7 et le trafic de marchandises par 8. C'est dire que le progrès technique permet des économies importantes, d'un facteur deux environ, par rapport à une évolution à technologie constante.

Deuxième constat: en 2060, les différences entre les scénarios « ruptures technologiques » et le scénario « amélioration des technologies traditionnelles » restent encore très modestes, de l'ordre de 10 %, aussi bien en consommation d'énergie qu'en émissions de gaz à effet de serre. L'avantage va aux véhicules hybrides qui présentent le meilleur bilan énergétique et un bilan CO₂ un peu meilleur que celui des piles à combustible hydrogène.

L'auteur fait remarquer que « les résultats des PAC (piles à combustible) en termes d'émissions pourraient s'améliorer si l'électrolyse était majoritairement réalisée à partir d'électricité nucléaire. Mais la production de 2 à 3 000 Mtep annuelles d'électricité nucléaire (23 000 à 35 000 TWh) suppose avec les technologies actuelles la mise en place de plus de 4 000 centrales de 1 000 MW dans le monde sur la période (une centrale par semaine d'ici 2060), pour n'alimenter que 40 % de la demande de ce secteur d'activité. Ceci pose bien évidemment des problèmes industriels et environnementaux considérables, sans compter les questions de réserves d'uranium. »

Dernier point: quelle que soit la rupture technologique envisagée, si la croissance des trafics se poursuit au rythme indiqué dans le scénario, on reste très loin des objectifs de réduction des consommations d'énergie et de CO₂, d'un facteur deux environ par rapport à 1990, qui sont considérées comme indispensables pour éviter la catastrophe climatique.

Et l'auteur de nous rappeler malicieusement que, « entre 1983 et 1997, le gain de consommation sur une voiture moyenne aurait pu être de 28 %, alors qu'il n'a été que de 8 %; c'est la conséquence de l'évolu-

tion des automobiles vers plus de poids (plus de confort, plus de systèmes de sécurité active ou passive) mais aussi de la course à l'amélioration des performances de vitesse et d'accélération. »

En bref, donc :

- Oui, la pile à combustible fait partie des technologies qui peuvent dans les décennies qui viennent, contribuer à améliorer les performances nominales de consommation et d'émission de nos voitures et de nos systèmes de production de chaleur et d'électricité fixes. Mais ce n'est pas la seule et certaines de ses concurrentes posent beaucoup moins de problèmes industriels et organisationnels. Elle a donc très probablement un avenir industriel et commercial important, mais limité à des applications où les problèmes de pollution locale sont essentiels.
- Non, il n'est pas raisonnable d'envisager pour les 60 ou 80 ans qui viennent, le grand soir de la « civilisation de l'hydrogène » que nous propose Jérémie Rifkins. Non seulement pour des raisons techniques et économiques, mais aussi parce que le réseau mondial hydronet qu'il imagine, tout aussi capitalistique que le réseau électrique, impliquera très probablement des rapports de force et des sujétions de même nature que celui-ci vis-à-vis des producteurs décentralisés et des consommateurs. Et, quand on sait que le réseau électrique ne progresse pas assez vite aujourd'hui pour compenser la démographie des populations sans électricité, on peut émettre de sérieux doutes sur le réalisme de l'idée proposée.

Alors, faire croire que l'hydrogène et la pile à combustible sont « la » solution à moyen et long terme à nos problèmes énergétiques et environnementaux est non seulement fallacieux mais dangereux et démobilisateur pour les citoyens consommateurs, trop enclins à continuer comme si de rien n'était à consommer de l'énergie sans compter, en se rassurant à bon compte de propos trompeurs. C'est d'autant plus dommage que cette technologie mérite sûrement d'être développée et utilisée à bon escient. ■

benjamin.dessus@cnrs-dir.fr

Les utopies généticiennes

Jacques Testart, INSERM

On peut raconter l'histoire (vraie) de la découverte du génome comme un gag : il y a 10 ans les généticiens annonçaient 120 000 gènes dans le génome humain et ajoutaient avec satisfaction « on en connaît déjà plus des deux tiers! ». En 2000, ils corrigeaient l'évaluation, la ramenant à 30 000, et estimaient alors en connaître 90 %... En 2003 la carte complète du génome est dite « achevée » avec 20 000 à 25 000 gènes. Cherchez les erreurs! La surévaluation du nombre des gènes démontre, pour le moins, qu'on est incapable de les définir par leur structure; quant au triomphalisme affiché sur la proportion des gènes déjà connus, il prouve que le bluff est partie intégrante du « miracle génétique ».

La génétique formelle avait eu recours à une invention utile, il y a un siècle: la notion du gène qui permettait d'imaginer un support matériel, quoiqu'invisible, aux caractères hérités. La génétique moléculaire a ensuite parcouru l'anatomie du génome en quête de ces structures, investies comme constituant la pierre philosophale du vivant.

L'imagerie généticienne a longtemps été puissamment réductionniste. Les étudiants apprenaient à l'université que chaque gène code pour une et une seule protéine, laquelle détermine un unique caractère. Et réciproquement: tout caractère résulte de l'effet d'une protéine, laquelle est le message délivré par un gène. Pourtant, en même temps que l'on assistait aux extraordinaires avancées techniques dans la dissection du génome et aux premières approches de mécanismes explicatifs de pathologies génétiques, se faisait jour une complexité imprévue.

Par exemple: l'ADN apparaît finalement surtout composé de parties apparemment non codantes (« introns », un peu vite taxés d'« ADN poubel-

le »); par ailleurs, de nombreux « exons » (parties codantes), plutôt qu'un seul, peuvent être impliqués dans la fabrication d'une seule protéine et/ou dans la manifestation d'un caractère.

Mais ce sont surtout des faits surprenants (surprenant du moins l'orthodoxie théorique des généticiens...) qui soulevèrent de sérieux questionnements. C'est en clinique médicale que sont apparus ces faits, relativisant le rôle des gènes: certains d'entre eux, considérés jusqu'alors comme déterminant certaines pathologies, se sont révélés absents chez certains malades et présents chez des personnes saines.

Il fut également démontré que certains syndromes pathologiques considérés comme génétiquement transmissibles, pouvaient sauter des générations, ou que des gènes eux-mêmes pouvaient sauter d'un locus (lieu occupé sur un chromosome) à un autre. L'évidence d'une gradation individuelle dans la gravité des atteintes par une maladie génétique fut également source de remise en question. Comment, enfin, expliquer qu'une protéine pathologique, le prion de la « vache folle », soit issue d'un gène normal, d'une part, et capable d'induire la pathologie de protéines saines, d'autre part?

S'ajoutant à ce premier cortège de démentis de la théorie du « tout génétique », des manipulations réalisées sur le vivant sont venues récemment aggraver le trouble des zélés du génome. Alors que la thérapie génique ne parvient toujours pas à assumer son ambition de guérir les maladies monogéniques, la transgénèse animale amène à s'interroger. On a, par exemple, voulu ajouter au génome un gène codant pour l'hormone de croissance afin d'augmenter le rendement du vivant (viande, lait...). La souris de laboratoi-

re, ainsi modifiée pour la première fois, s'était montrée stérile et sujette à diverses fragilités. La même manipulation réalisée récemment chez des animaux d'élevage a conduit à des moutons ou vaches diabétiques et à des saumons difformes, sans qu'on puisse expliquer le rapport entre la modification introduite dans le génome et l'effet négatif obtenu.

Plus accablant: par recours au « clonage thérapeutique » chez la souris, on a pu obtenir des cellules souches à partir d'embryons possédant le même génome que la souris malade (après transfert d'un de ses noyaux cellulaires dans un ovule énucléé). Pourtant ces cellules ont été rejetées après leur greffe chez cette même souris alors qu'elles étaient supposées éminemment compatibles...

Citons enfin la principale leçon du « clonage reproductif »: quand un noyau cellulaire, naturellement bridé pour assurer les seules fonctions du tissu où on l'a prélevé, est introduit dans un ovule énucléé, il se montre totipotent, c'est-à-dire capable de contribuer à toutes les fonctions nécessaires à la vie d'un nouvel individu, révélant que son activité dépend largement de son environnement. Ainsi c'est la partie non génomique de l'ovule qui se comporte en chef d'orchestre, une fonction jusqu'ici attribuée au génome.

Quelques brèves conclusions qui devraient être tirées de ces observations: le génome n'est pas un Meccano dont les pièces seraient aisément interchangeables, il n'est pas la seule source d'informations dans l'organisme vivant, il n'est pas un « programme du vivant » mais seulement une base de données parmi d'autres.

C'est dire que le génome est à la fois plus complexe et moins directif qu'on l'avait cru. Cette conclusion est aujourd'hui partagée par la plupart des biologistes moléculaires, mais ils rebondissent en lançant de nouveaux enjeux, et toujours sans analyser leurs responsabilités dans l'utopie scientifique et technologique du dernier demi-siècle. Certes, il est raisonnable de s'intéresser aujourd'hui à la fonctionnalité du génome (« protéomique ») ou à sa dépendance vis-à-vis de l'environnement (facteurs épigénétiques) mais ces pistes risquent d'ouvrir de nouveaux programmes géants sans qu'un bilan critique du passé soit disponible, c'est-à-dire sans qu'on ait tiré des leçons permettant de limiter les erreurs à venir.

Pendant trente ans « on » (les chercheurs, les industriels, les politiques et médias qu'ils manipulent) a fait croire que le génome constituait le « programme » du vivant, on a vendu l'idée du « gène-médicament » et celle d'une nature (bêtes et plantes transgéniques) complètement maîtrisée au service de l'homme. Des opérations rituelles

avec sacrifices (« courir contre la maladie ») et professions de foi à répétition (« on est presque au but ») ont culminé avec le Téléthon, attisant la pitié publique au point de recueillir en 36 heures des dons d'un montant équivalent au budget de fonctionnement annuel de toute la recherche médicale française. Devant l'échec de la stratégie de thérapie génique, le lobby scientifique et industriel se précipite vers une stratégie de traitement grâce aux cellules-souches, entretenant la confusion entre gènes et cellules comme pour éviter de présenter un bilan. Certains diront que ces recherches-là ne sont pas critiquables quels qu'en soient les résultats. C'est oublier que les laboratoires de biologie, de plus en plus privés de dotations publiques récurrentes, sont facilement enrôlés sous cette bannière biotechnologique grâce à une manne providentielle, sacrifiant ainsi d'autres voies de recherche dont l'intérêt public pourrait être supérieur. Surtout, il est navrant que la science serve de caution à ces opérations alors qu'il y a détournement de l'outil public de recherche (personnels, locaux, matériels...) vers des besoins certes authentiques mais minoritaires: un groupe de pression impose sa propre priorité, qui échappe aux procédures usuelles et à un véritable contrôle par l'institution. La rigueur scientifique est aussi mise à mal par une mystification organisée du public (et des malades) selon des pratiques qui empruntent plutôt au marketing.

L'important dispositif médiatique qui encadre la génomique ne cesse de proclamer ses prétentions hégémoniques: la nouvelle médecine sera celle qui enquête sur le génome pour établir son diagnostic, et utilise les « gènes-médicaments » pour guérir. Cela doit être indiscutable (J. Testart: *Le désir du gène*, Flammarion, coll. Champs, 1994). Dès lors, tout investissement de recherche hors du génome ne pourrait être que palliatif, en attente de la bonne solution, voire un gaspillage. L'avenir dira ce que cette attitude comporte d'illusions mais l'actualité permet de constater sa volonté globalisante, voire totalitaire. L'exemple des plantes transgéniques est riche d'enseignement à cet égard.

Plantes transgéniques : l'hégémonie de l'absurde

On peut s'interroger sur les raisons qui ont fait regrouper sous l'intitulé commun « OGM » (pour Organismes Génétiquement Modifiés) des chimères transgéniques aussi différentes que des cellules individualisées ou des microorganismes d'une

part, et des plantes ou animaux entiers d'autre part. S'il est bien montré que les cellules isolées peuvent être génétiquement modifiées de façon assez bien maîtrisée, les exemples donnés plus haut pour les animaux recevant un gène d'hormone de croissance indiquent les limites de la maîtrise pour les organismes plus complexes. De plus, les microorganismes transgéniques sont cultivés en fermenteurs, selon de strictes obligations de sécurité alors que les animaux (ex: poissons), et surtout les plantes, occupent l'espace public. Il est alors tentant pour les défenseurs de la transgénèse animale ou végétale de se référer aux cultures cellulaires pour illustrer les bienfaits des « OGM » (« déjà plus de la moitié des vaccins sont produits par des OGM ») et en démontrer la maîtrise (l'effet obtenu est bien l'effet recherché et il est permanent; les règles de sécurité empêchent toute contamination...). Alors que la commercialisation d'animaux transgéniques commence à peine, celle des plantes (qu'il est sage de nommer PGM = plantes génétiquement modifiées) a envahi l'agriculture depuis 1996 et couvre aujourd'hui 70 millions d'hectares, ce qui autorise un bilan d'étape.

Notons d'abord que les PGM le plus souvent citées dans la propagande n'ont pas d'existence réelle: la tomate à longue conservation, première production transgénique commercialisée (1994), a été vite abandonnée, son goût rebutant même les consommateurs des USA (mais les conditions douteuses de son homologation, malgré l'avis des experts scientifiques, expliquent aussi ce prudent retrait); le riz produisant la provitamine A est en échec, aucune personne ne pouvant absorber les 9 kg quotidiens nécessaires pour obtenir la dose requise de vitamine; les plantes capables de pousser en terrains très riches en sel ou désertiques en sont toujours au stade de la recherche. Quant aux « plantes-médicaments » supposées capables de fournir l'industrie pharmaceutique en substances variées, elles n'ont jamais produit ces molécules en quantités suffisantes pour arriver au stade de commercialisation (contrairement aux OGM de laboratoire).

Qu'en est-il des PGM réellement cultivées (sur le continent américain et en Chine essentiellement)? Il s'agit à 98 % de plantes capables soit de produire elles-mêmes un insecticide, soit de tolérer les épandages d'herbicides. Dans les deux cas, l'effet bénéfique initial s'atténue en quelques années parce que les pestes ainsi combattues se sont adaptées: insectes parasites mutants capables de résister à l'insecticide; plantes adventices résistantes parce qu'auto sélectionnées ou devenues elles-mêmes porteuses du transgène. Or, la variété des constructions génétiques susceptibles de transformer les végétaux cultivés dans le sens

recherché n'est pas très grande et le risque existe (comme avec les antibiotiques) de se trouver démuné devant une nouvelle configuration parasitaire. De plus, ces PGM ont des effets indésirables sur l'environnement. Dans le cas des plantes productrices d'herbicides, ces substances toxiques sont produites en continu, et par toutes les parties de la plante, ce qui, par rapport aux traitements conventionnels augmente considérablement, leur distribution à l'hectare (10000 fois selon certaines estimations), et donc leurs effets dévastateurs sur l'environnement, particulièrement les insectes ou les oiseaux. Dans le cas des plantes tolérantes à un herbicide, celui-ci est alors appliqué massivement (souvent en quantités doubles ou davantage) avec des conséquences stérilisantes pour la biologie du sol (microorganismes, vers, etc.).

Il est frappant de constater la volonté d'une action radicale exercée sur les pestes: éradiquer les mauvaises herbes et les insectes parasites, telle est la mission de ces PGM. Elle diffère sensiblement de l'attitude traditionnelle du paysan, résolu à préserver sa récolte mais par un « pacte armé » avec la nature plutôt que par éradication. Car le paysan sait que l'ensemble vivant auquel il appartient est beaucoup trop complexe, chargé d'interférences, pour s'autoriser des actions radicales au risque de catastrophes imprévues. C'est bien une logique totalitaire qui anime le système PGM, même si les éléments naturels résistent à cette ambition.

L'excès de pesticides présents dans les PGM, soit par génération autonome (insecticides) soit par imprégnation (herbicides) pourrait présenter des risques sanitaires pour les animaux ou les hommes qui les consomment. On peut aussi s'interroger sur l'éventuelle transmission aux bactéries qui peuplent notre tube digestif de propriétés nouvelles induites par les transgènes ingérés. Ces risques n'ont pas été sérieusement étudiés tant il est admis que les plantes transgéniques ne font que poursuivre le projet classique d'amélioration des espèces, lequel a fait ses preuves d'innocuité... C'est confondre la sélection variétale et les croisements traditionnels avec la production de chimères qui mélangent l'animal et le végétal (avait-on déjà mis des gènes de poisson dans les fraises?).

Afin de contrer les réticences (surtout européennes) à la culture et la consommation de PGM, deux types de mesures ont été proposées, fondées sur une apparence de démocratie. D'abord la « coexistence », c'est-à-dire une réglementation supposée capable de permettre la culture de plantes transgéniques et conventionnelles sur les mêmes territoires, pari qui semble impossible à

tenir durablement, du fait des phénomènes naturels de dissémination, qu'il est impossible de contenir. Ensuite l'étiquetage des produits issus de PGM, mais seulement quand ils sont destinés à la consommation humaine directe, afin de permettre le « libre choix » du consommateur. Là, l'utopie technologique rencontre l'utopie démocratique, qui laisse croire que tout citoyen, même sans avoir été correctement informé, pourrait faire un choix éclairé, mieux que les experts qui se contredisent...

Si des agriculteurs se lancent dans les cultures de PGM, c'est qu'ils en escomptent une économie de main d'œuvre, laquelle est bien réelle dans un premier temps: suppression des aspersion d'insecticides, diminution des passages d'herbicides (d'où les doses massives...). C'est aussi que les industriels consentent des avantages initiaux aux « pionniers du progrès » pour mieux les entraîner vers des pratiques difficilement réversibles. Mais l'illusion de miracles promis par la propagande, n'est certainement pas étrangère à cette disponibilité. Bien sûr, les PGM ne sont en aucune façon la solution aux famines, lesquelles relèvent d'une distribution inégale des produits agricoles, et non de leur insuffisante production. Au contraire, les « pays en développement » qui recourent aux PGM se priveront encore davantage de leurs ressources vivrières et aggraveront leur dépendance par rapport aux pays riches à qui ils achèteront des semences et fourniront de la nourriture. De façon générale, le progrès agronomique n'a aucun besoin des PGM. Il passe par la poursuite de la sélection des variétés les mieux adaptées à chaque terroir, et non l'adaptation de tous les terroirs à une variété unique, par la rotation des cultures, les associations variétales dans le même champ, le non-retournement des sols, (lire *impact des OGM sur les agrosystèmes. D'autres systèmes agraires sont possibles*. In: *société civile*

contre OGM. Collectif cc-ogm, Ed. Yves Michel, 2004.)

Au total, les PGM relèvent d'un énorme bluff technologique auquel participent les institutions, et, au premier rang, de nombreux chercheurs, malgré un fiasco déjà évident. C'est qu'un vaste marché est en jeu, celui des semences GM brevetées que les agriculteurs devront acheter cher, et renouveler chaque année puisqu'il est interdit de les ressemer... Pour les multinationales, qui ont ajouté à leur domaine d'origine (la chimie) celui des variétés végétales (par rachat des semenciers), il s'agit de créer un marché captif, faisant dépendre de leurs intérêts propres tous les aspects de l'alimentation mondiale (variétés utilisées, traitements phytosanitaires, travaux agricoles, commercialisation...).

Les défenseurs des PGM fuient de plus en plus les débats contradictoires. Ayant éprouvé la faiblesse de leur argumentation ils préfèrent les soliloques dans la presse bienveillante. De plus, ils reprochent à leurs opposants d'être presque tous « anti-nucléaires » en même temps qu'« anti-OGM », ce qui démontrerait leur passéisme généralisé. Comme si le souhait d'une humanité épanouie dans une société démocratique et un environnement sain était une conception passéiste! Mais il y a bien une attitude commune aux pro-nucléaires et aux pro-PGM: ils refusent de reconnaître les faits et les problèmes réels, au risque de créer des problèmes nouveaux et irréversibles, en se persuadant qu'une solution encore inconnue va miraculeusement survenir. Cela explique que les confrontations débouchent stérilement sur l'accusation de « pessimisme » ou « catastrophisme » proférée contre ceux qui ne veulent pas compter sur des miracles pour sauver la planète et ses habitants. ■

jacques.testart@cea.fr

Com', ou information scientifique ? Le cas d'ITER

Jacques Treiner, professeur à l'Université Pierre et Marie Curie
Chercheur au LPTMS, Paris 11, Orsay

Lorsque le projet international de fusion nucléaire ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) apparaît dans la presse ou dans les media, c'est pour évoquer les négociations qui opposent les Etats-Unis et le Japon d'une part, l'Europe, la Russie et la Chine d'autre part, concernant l'implantation de la machine: Rokkasho-Mura ou Cadarache. En septembre 2004, devant le blocage apparent des négociations, la France a décidé de doubler sa participation au financement du projet pour tenter de l'avoir à Cadarache. De 457 millions d'euros, cette participation directe passe ainsi à 914 millions d'euros, auxquels il convient de rajouter la participation française via Euratom. Au total, la France contribuera, si le site de Cadarache est finalement retenu, à plus de 25 % du coût du projet. Dans cette nouvelle configuration, où les Etats-Unis et le Japon ne figurent plus comme participants, les contributions de la France, de l'Europe, de la Russie et de la Chine ne couvrent que 80 % du coût du projet, les 20 % restant devant résulter de diverses « économies » réalisables (?). A cette somme il faut rajouter la participation au fonctionnement du projet sur vingt ans.

Ces grandes manœuvres internationales laissent penser au grand public que, techniquement, le projet est bien défini, et qu'au fond, les querelles à propos de l'implantation d'ITER sont du même ordre que celles concernant le marché de l'aéronautique, des lanceurs de fusée, du TGV ou des centrales nucléaires. Il n'en est pourtant rien.

De quoi s'agit-il ?

Sur le site du projet ITER (<http://www.iter.gov.fr>), on lit la présentation suivante: « La fusion contrôlée représente un défi scientifique et technologique majeur qui pourrait répondre au problème crucial de disposer, à plus ou moins long terme, de nouvelles ressources énergétiques. A côté de l'énergie de fission, l'énergie de fusion représente l'espoir d'avoir une source d'énergie propre et abondante au cours du XXI^e siècle. A l'heure où la raréfaction des énergies fossiles est prévue d'ici 50 ans, il est d'importance vitale d'explorer le potentiel de toutes les autres sources d'énergie. Avec 300 litres d'eau de mer, on pourrait fournir 1 gramme de deutérium (en note: l'un des noyaux utilisés dans la réaction de fusion). C'est-à-dire que l'eau des océans permettrait, à elle seule, de subvenir aux besoins mondiaux de l'humanité pendant, environ, un milliard d'années ». Puis: « La fusion est la source d'énergie du soleil et des autres étoiles ».

La fusion, c'est le Soleil dans votre cuisine, c'est la purification, par l'association avec l'image bienfaitrice du Soleil, de l'énergie nucléaire: comment résister à cela? L'image installée, il est difficile de s'en défier, et d'évaluer correctement les difficultés du projet. C'est ce que nous avons essayé de faire, avec Sébastien Balibar et Yves Pomeau, dans un récent article au Monde (20 octobre 2004).

S'il est vrai que l'énergie solaire trouve sa source dans les processus de fusion nucléaire par lesquels quatre protons donnent finalement un noyau d'hélium en libérant de l'énergie, il faut se défaire de l'idée que la fusion sur Terre est semblable à celle du Soleil:

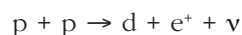
- les réactions de fusion ne sont pas les mêmes,
- l'énergie produite n'apparaît pas sous la même forme.

De là résulte une cascade de questions à résoudre avant qu'un réacteur fonctionnant en continu puisse être envisagé. De plus, l'idée selon laquelle on pourrait sérier ces questions comme relevant pour certaines de la physique fondamentale (celles relatives au comportement du plasma), pour les autres de la physique appliquée ou de la physique de l'ingénieur (sous-entendu: la technique suit toujours) est erronée: lorsqu'on réalise une machine pour la première fois, il s'agit toujours de physique fondamentale.

Voyons comment les choses s'enchaînent.

La fusion dans le Soleil.

Au centre du Soleil, dont la température est de l'ordre de 10 millions de degrés, une cascade de réactions aboutissent à la nucléosynthèse de noyaux d'hélium. C'est la grande vitesse des particules, liée à leur agitation thermique, qui permet de surmonter la forte répulsion existant entre les particules électriquement chargées que sont les protons. La première de ces réactions consiste en la fusion de deux protons, donnant un noyau de deutérium (noyau constitué d'un proton et d'un neutron, c'est donc un isotope de l'hydrogène):

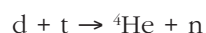


Mais ce processus implique la transformation d'un proton en un neutron, avec émission d'un positron e^+ et d'un neutrino ν . C'est un processus gouverné par l'interaction dite faible, extrêmement peu efficace. C'est donc cette réaction qui règle principalement le taux de production de l'énergie, car c'est la plus lente (les autres réactions impliquent l'interaction forte seulement, sans changement de nature des particules: les protons restent des protons, les neutrons restent des neutrons). Il résulte de l'ensemble des réactions de fusion que le taux de production de l'énergie est extrêmement bas: au centre du Soleil, la production est de 800 W/m³. Par comparaison, le métabolisme du corps humain produit une puissance de 100 W au repos, et 500 W sous effort!

L'énergie E libérée dans le Soleil apparaît sous forme de rayonnement lumineux, et correspond à une diminution de la masse de l'étoile Δm , selon la formule $E = \Delta mc^2$, d'environ 640 millions de tonnes à chaque seconde. Le Soleil est un réacteur peu efficace, mais sa masse est gigantesque! Au rythme de production de l'énergie, il a fonctionné pendant 4,56 milliards d'années, et il fonctionnera encore pendant 5 milliards d'années environ. C'est l'interaction faible qui garantit cette longévité.

La fusion sur Terre

Sur Terre, il est indispensable de sauter la première étape de synthèse du deutérium. D'ailleurs, elle est tellement peu probable qu'elle est inobservable en laboratoire. Il faut donc partir du deutérium. Or, si l'on envisage les diverses réactions possibles conduisant à la synthèse de l'hélium, il apparaît que la réaction de fusion de deux noyaux de deutérium est 40 fois moins efficace que la réaction de fusion d'un deutérium et d'un tritium. Le tritium est un autre isotope de l'hydrogène dont le noyau contient un proton et deux neutrons. La réaction envisagée est donc la suivante, conduite à 150 millions de degrés:



Dans le Soleil, le gaz extrêmement chaud de protons et d'électrons, le plasma, est maintenu ensemble par l'attraction gravitationnelle. La masse de l'étoile est tellement grande que la gravitation permet de compenser la pression du plasma. Le Soleil est en quelque sorte un réacteur de fusion à confinement gravitationnel. Sur Terre, la masse n'est pas suffisante pour assurer le confinement du plasma. On utilise donc un confinement magnétique: un fort champ magnétique contraint les particules chargées à tourner à l'intérieur d'une enceinte qui a la géométrie d'un pneu (un tore), et les réactions de fusion ont lieu au sein du plasma en rotation. C'est la géométrie adoptée au JET (Joint european torus) en Angleterre, à Torre Supra à Cadarache, et au TFTR de Princeton. Le comportement d'un tel plasma est un problème difficile, car il est hautement turbulent, donc non-linéaire. Cela signifie que le comportement d'une grande machine ne peut être obtenu à partir du comportement d'une machine réduite, par simple extrapolation. C'est une des différences importantes avec les réacteurs à fission. Avec la fusion, il faut étudier les comportements en vraie grandeur.

A ce point de l'analyse, deux problèmes apparaissent:

- Si, comme le dit la présentation du projet ITER sur le site gouvernemental, le deutérium peut être trouvé en abondance dans la mer, il n'en est pas de même du tritium, qui n'existe pas à l'état naturel! C'est un élément instable, ayant une durée de vie de 12 ans, et qu'il faut donc produire in situ.
- L'énergie dégagée par la fusion se trouve sous forme d'énergie cinétique de l'hélium formé et du neutron produit. Sous forme de rayonnement, comme dans le Soleil, sa récupération ne poserait pas de

problème difficile. Sur Terre, il faut extraire l'hélium produit, et gérer les neutrons, très énergétiques : 14 MeV, soit dit fois plus que les neutrons émis dans une centrale à fission.

La régénération du tritium

Le tritium est actuellement un sous-produit de l'industrie d'armement. Il entre en effet dans la fabrication des bombes thermonucléaires. Les réserves actuelles, environ 26 kg, situées au Canada, peuvent suffire pendant la phase exploratoire, mais ne suffiront pas au fonctionnement d'un réacteur de fusion : un seul réacteur de un gigawatt devrait consommer 56 kg de tritium par an. Il faut donc concevoir de produire du tritium en grande quantité in situ. On envisage pour cela d'utiliser les neutrons de 14 MeV issus de la réaction de fusion. Ces neutrons viennent casser des noyaux de lithium que l'on fait circuler dans la paroi de l'enceinte de confinement. Mais comme tous les neutrons ne seront pas efficaces pour cela, il faut d'abord les multiplier en provoquant une réaction de fission sur du béryllium. On devine la complexité d'une telle paroi.

La tenue des matériaux

Mais ce n'est pas tout. Lorsque les neutrons viennent frapper les matériaux de la paroi (acier, soudures etc.), leur énergie est telle qu'ils sont susceptibles de déplacer les atomes de plusieurs fois la maille du réseau, d'y provoquer des défauts et même des réactions de fission. Ces réactions de fission sont hautement indésirables car elles produisent toujours des noyaux d'hélium. Aux températures de fonctionnement d'un réacteur (quelques centaines de degrés), cet hélium parasite migre dans le métal, se concentre sous forme de bulles de gaz qui font gonfler le matériau, lequel devient poreux et perd ses propriétés mécaniques. A l'heure actuelle, on ne connaît aucun matériau capable de résister à ces neutrons dans les conditions de fonctionnement d'un réacteur, c'est-à-dire en continu. Or les neutrons de fusion ont une énergie dix fois supérieure à celle des neutrons « rapides » d'un surgénérateur. Signalons au passage qu'il est inexact de prétendre que la fusion sera une source d'énergie « propre » : la quantité de matériaux radioactifs produits est du même ordre de grandeur que dans une centrale à fission. Le seul avantage, qui n'est pas négligeable, est que l'on ne produit pas d'éléments à longue durée de vie (plutonium : 24 000 ans), mais seulement des éléments dont la durée de vie est de quelques centaines d'années (au prix, cependant, d'une activité de radioactivité plus grande).

L'écologie des grands projets

L'énergie de fusion présente des avantages incontestables. C'est la plus concentrée de toutes les formes d'énergie : une centrale de 1 000 MW consommerait environ 50 kg de tritium par an par fusion ; par fission, il faut 27 tonnes d'uranium ; dans une centrale thermique, 170 tonnes de fuel ou 260 tonnes de charbon à l'heure ; dans une centrale hydraulique, 1 200 tonnes d'eau tombant de 100 m de haut *par seconde* ; pour fournir la même énergie électrique annuelle, il faut 30 km² de panneaux solaire ou 3 000 éoliennes de 1 MW. D'autre part, elle ne présente pas de risque d'emballement, et il n'y a pas production d'éléments radioactifs à longue durée de vie.

Mais pour qu'une centrale à fusion fonctionne de façon industrielle, les questions rappelées ici doivent trouver des solutions. Ces questions ne sont bien sûr pas nouvelles, et elles sont évidemment bien connues des responsables des projets de fusion. Voilà bientôt 10 ans, dans un article publié par la revue La Recherche, Yves Pomeau, alors délégué français au « Comité consultatif pour le programme fusion » de l'Union européenne, attirait l'attention sur le fait que les études concernant la régénération du tritium et la tenue des matériaux, pourtant moins coûteuses que celles concernant les propriétés du plasma, étaient très insuffisantes. ITER, du reste, n'a pas pour fonction d'étudier ces questions. Il s'agit dans un premier temps d'étudier les propriétés d'un plasma dépourvu de tritium, puis de produire des réactions de fusion en régime pulsé (et pas en continu comme dans un réacteur commercial) avec du tritium provenant d'une source extérieure, et en fin de vie seulement (d'ici trente ans environ) d'aborder les questions relatives aux parois. Parallèlement à ITER, un projet de construction d'une machine produisant des neutrons de haute énergie pour l'étude des matériaux est prévu (projet IFMIF) en Allemagne. Dans une seconde étape, d'ici une trentaine d'années, la construction d'un véritable prototype de réacteur fonctionnant en continu, DEMO, est envisagée. Lorsqu'on demande aux responsables du projet ITER pourquoi les études concernant la régénération du tritium et la tenue des matériaux ne sont pas plus avancées, la réponse qui vient est qu'on ne peut convaincre les « décideurs » de financer ce genre d'études que si on leur montre que les problèmes relatifs au plasma sont maîtrisés. Les problèmes de matériaux sont consi-

dérés comme secondaires, comme de ces problèmes d'ingénieur qu'on finit toujours par résoudre. Mais il n'est pas sûr que ces réponses soient les bonnes.

D'une part, il existe parfois des problèmes d'ingénieur qu'on a du mal à résoudre. Prenons l'exemple de la voiture électrique. Si elle ne connaît pas plus de succès, ce n'est pas à cause de difficultés concernant les moteurs. Ceux-ci sont bien au point. Le blocage provient des accumulateurs. On ne parvient pas à construire des accumulateurs rechargeables plus d'une centaine de fois: les électrodes se dégradent, et les performances se perdent. C'est une question d'électrochimie connue depuis plus de cent ans, et pourtant, malgré le marché potentiel, on ne trouve pas de solution. A l'évidence, si l'on envisage le fonctionnement d'un dispositif dans un contexte industriel, tout doit fonctionner: il ne sert à rien d'avoir un moteur extrêmement performant si le circuit électrique, les freins ou la suspension ne marchent pas. On reste avec un moteur performant, mais immobile.

Pour en revenir à la fusion, c'est *l'écologie* du projet qui semble mal engagée. Parmi les quatre types de questions à résoudre: *production de réactions de fusion, extraction de l'énergie, régénération du tritium, tenue des matériaux*, l'accent est mis jusqu'à présent principalement sur le premier, un peu sur le second, très peu sur les deux derniers. Pourtant, dans une perspective de fonctionnement industriel, toutes les questions sont également fondamentales, du moment qu'on n'en connaît pas la solution actuellement. Le fait qu'il en soit ainsi tient certainement à l'histoire du projet, dont la composante politique a été essentielle. En 1988, lorsque la décision de construire ITER a été prise, il s'agissait de symboliser la nouvelle détente Est-Ouest sanctionnée par le sommet Gorbatchev-Reagan de novembre 1985. Aujourd'hui encore, l'essentiel des débats porte sur des questions politiques concernant l'implantation de la machine. Il est temps de *remettre la physique au centre de la discussion*, et d'éviter que les effets d'annonce prennent le pas sur la réalité des questions qui se posent. C'est la condition pour tenter de faire mentir le dicton qui court sur le sujet: « Fusion is the energy of the future, and it will always be so ». Et cessons de faire croire, en l'état actuel des connaissances, que la fusion figurera, à l'échelle de ce siècle, parmi les sources d'énergie permettant de répondre aux besoins d'une population mondiale qui, dans le meilleur des cas, devrait se stabiliser autour de 10 à 11 milliards d'habitants d'ici 2100.

Il n'y aura pas de solution miracle. Il faudra marcher sur plusieurs jambes à la fois, et explorer, en précisant à chaque fois les échelles de temps mises en jeu, les différentes sources d'énergie possibles, y compris celles qui résultent de modifications de comportements sociaux, et déterminer les financements en fonction des urgences. La France s'apprête à investir au moins 130 millions d'euros par an pendant dix ans pour la construction d'ITER. C'est le prix d'un avion de combat. Mais c'est plus que la contribution de la France au CERN, c'est le double de l'ensemble des moyens financiers de tous les laboratoires de physique et de mathématiques associés au CNRS (57 millions d'euros en 2003), ou de ceux des laboratoires de biologie (65 millions d'euros). La notion d'urgence repose sur l'évaluation quantitative des échelles de temps en jeu. Il n'y a pas d'urgence pour un projet technique dont l'échelle de temps n'est pas précisée, ou trop lointaine. Souligner la difficulté de placer une échéance temporelle n'est évidemment pas une critique, cela signale simplement le fait que le domaine relève encore de la recherche fondamentale. Aurait-il été raisonnable, il y a cinquante ans, d'imaginer ce que serait la technologie aujourd'hui? En attendant, il est nécessaire de faire évoluer les centrales nucléaires classiques, d'investir dans le développement du solaire thermique ou photovoltaïque, et, particulièrement, dans l'incitation massive aux économies d'énergie. ■

jacques.treiner@noos.fr

Problèmes d'effet de serre, réponses des sciences de la terre

Jacques Varet, BRGM et association 4D

La question du changement climatique induit par les émissions de CO₂ résultant de la combustion effrénée des combustibles fossiles aurait-elle une solution géologique? En d'autres termes, les géologues sont-ils capables de prendre leur part de responsabilité pour tirer l'humanité de ce pétrin dont elle a bien profité à court terme?

Les géologues savent bien que, avant les périodes d'accumulation de biomasse qui ont permis de séquestrer une quantité considérable de carbone dans la croûte terrestre, notre planète baignait dans une atmosphère torride. Ils savent aussi que les ressources fossiles sont stockées en quantité limitée, notamment pour ce qui concerne le gaz et le pétrole. On ne sait pas si la courbe de demi-vie établie en son temps par K. Hubbert (1956) sera atteinte en 2010 ou en 2030, mais il est sûr qu'un certain nombre d'entre nous pourront le vérifier. On sait que le charbon est plus abondant, et servira quelques centaines d'années encore. Mais on sait aussi qu'il est encore plus émissif en CO₂ que le pétrole...

Les géologues ont-ils des solutions à proposer ou du moins des contributions à apporter pour l'avenir? C'est à cette question que nous allons tenter de répondre.

La séquestration géologique du CO₂

Après tout, contemplant maintenant le verre à moitié plein, on peut se rassurer en se disant que nous n'avons consommé que la moitié des ressources d'hydrocarbures. Et il nous reste encore de très grandes quantités de charbon

La tentation est grande, et l'humanité n'y résistera sans doute pas, de taper sans vergogne dans ces stocks-là au cours des prochaines décennies.

Mais pour que la planète le tolère, et qu'en fin de compte, la facture à payer ne soit pas supérieure à l'économie qu'on croit faire, en différant encore le recours aux renouvelables, il faut régler le problème des émissions de gaz à effet de serre. Trouver le moyen de continuer à brûler - avec une modération nouvelle qui découlera naturellement de cette obligation - sans émettre de CO₂. D'autant que, si l'on parle de la « société de l'hydrogène », on n'est pas près de faire de l'hydrogène par hydrolyse de l'eau, même avec un nucléaire à bas prix! Pendant des dizaines d'années encore, il sera beaucoup moins cher de produire l'hydrogène à partir des carburants hydrogénés. Et quand il n'y aura plus ni méthane ni pétrole, il sera toujours plus économique d'utiliser le charbon comme source d'hydrogène plutôt que de l'eau. Bien entendu, cette solution ne pourra être mise en œuvre sans régler le problème des émissions de CO₂.

En fin de compte, dans les filières hydrocarbures, charbon et hydrogène de demain, la séquestration géologique du CO₂ fera partie des solutions possibles. La question est: où, comment et à quel prix?

C'est faisable géologiquement

Stocker du gaz en formation géologique n'est pas une approche nouvelle. Elle est largement répandue, et exploitée sur plusieurs sites en France. Concernant le CO₂, si l'on doit se contenter actuellement de deux sites expérimentaux sous le plancher de la Mer du Nord et à terre au Canada, on sait que la géologie a naturellement produit des réservoirs de CO₂, que les recherches d'hydrocarbures ont notamment permis de découvrir (à défaut de pétrole ou de gaz). Plusieurs gisements de gaz sont faits de méthane, de CO₂ et

d'autres gaz. C'est notamment le cas du gisement de mer du Nord qui fait l'objet du programme européen.

On connaît dans le Sud-Est de la France une vaste région géologique carbo-gazeuse, où des réservoirs scellés depuis des millions d'années voisinent avec des sources dont plusieurs sont exploitées.

C'est maîtrisable technologiquement

Ce sont les services géologiques européens qui ont lancé l'idée en 1993-1995 dans le cadre du Programme JOULE II avec un projet intitulé « The underground disposal of carbon dioxide ». Les principaux résultats ont été la validation du concept, l'existence de gisements naturels de CO₂, l'identification d'un potentiel important de stockage (800 Gt, comparé à des émissions industrielles européennes de 1 Gt/an), et le fait que beaucoup de maillons technologiques nécessaires à une filière de stockage ont déjà fait leurs preuves.

Une forte relance des programmes de recherche européens a suivi Kyoto. Bien entendu, le développement de ces technologies sera lié au développement des échanges de permis d'émissions. Au plan européen, une étape a été franchie avec la Directive européenne établissant un système d'échanges de quotas d'émission de gaz à effet de serre (GES) puisque la capture et le stockage du CO₂ pourront être déduits du niveau calculé des émissions des installations industrielles couvertes par la directive.

Depuis, les projets se sont succédé et on est parvenu à développer une première expérimentation européenne en grandeur réelle en Mer du Nord à SLEIPNER. Les équipes européennes se sont aussi associées au projet Nord-américain de stockage de CO₂ émis par une centrale à charbon combiné à la récupération assistée de pétrole dans le champ de WEYBURN au Canada.

Les recherches se poursuivent en Europe, aux USA, au Canada, en Australie et au Japon pour préciser toute une série de points: processus physiques et chimiques dans les réservoirs, sélection des sites de stockage, impact du CO₂ sur le réservoir, évaluation des risques, réduction des coûts, etc..

Un enjeu important porte sur les aquifères salins terrestres, qui représentent le plus fort potentiel, notamment si l'on considère la géographie des sites de production fixes susceptibles de produire des quantités suffisantes de CO₂ pour justifier d'installations de stockage. C'est aussi sur cet

enjeu que se concentrent le plus de questions de sécurité à long terme.

C'est accessible économiquement

Au plan économique, les données disponibles permettent de mieux cadrer les différents coûts de capture, de transport et de séquestration géologique. Les coûts de capture représentent de 70 à 90 % des coûts totaux, soit 5 à 40 US \$/tonne de CO₂ capturé. Ceux de transport sont fonction de la distance, du diamètre des pipes et donc du volume des émissions. Ils varient de 1 à 3 US \$/t CO₂ et par 100 km. Lors de simulation sur des configurations réelles, les coûts de stockage varient de 1 à 2 US \$/t CO₂ injecté dans le sous-sol. Selon l'IEA, l'ordre de grandeur du coût global Capture + Transport + Stockage (océan ou sous-sol) est de 40 - 60 US \$/t CO₂ évitée.

Dans ce bilan, la part la plus élevée revient à la capture qui représente le champ de progrès le plus grand. On peut en effet jouer sur les technologies en bout de chaîne (à l'aval des turbines), comme on peut promouvoir des approches intégrées (oxy-combustion). Au total, les coûts de séquestration ne sont pas hors d'atteinte, et n'entraîneraient guère plus qu'un doublement des prix des énergies fossiles, ce qui peut paraître intolérable aujourd'hui, mais correspond mieux à la réalité à venir à laquelle on a tout intérêt à se préparer dès aujourd'hui.

Pour des coûts de **stockage** inférieurs à 20 US \$/t CO₂, les potentiels des réservoirs d'hydrocarbures (pétrole ou gaz) épuisés sont de 950 Gt CO₂ soit 45 % des émissions jusqu'en 2050, ceux des charbons inaccessibles ou inexploitable, 40 Gt CO₂ soit ~2 % des émissions jusqu'en 2050, ceux des aquifères salins profonds, 400-10000 Gt CO₂ soit 20 à 500 % des émissions jusqu'en 2050.

Toutes ces données montrent que le développement de la filière reposera sur la proximité des sites de stockage vis-à-vis des centres d'émission (centrales thermiques...). Des distances de plus de 1000 kilomètres deviendront rédhibitoires... Elles montrent aussi que les aquifères salins constituent l'enjeu majeur des R&D à venir.

C'est limité

Comme on le voit, si les ressources géologiques disponibles en matière de sites de séquestration sont importantes, il reste que leur répartition est aussi inégale que celle des ressources. On ne peut pas rêver de stocker en profondeur du CO₂ n'importe où. Comme pour les ressources fossiles, on devra développer la connaissance des gisements, dont la qualité physique, en terme de

sécurité à long terme, deviendra un atout économique.

On dispose de peu de scénarios chiffrés sur les quantités de CO₂ réellement stockables d'ici 2050 ou 2100. Mais une étude du Club d'ingénierie prospective (CLIP), à paraître, montre que l'industrialisation massive de cette technologie à partir de 2020 permettrait théoriquement d'éviter au maximum 45 % des émissions cumulées entre 2000 et 2050 (460 Gt de carbone), à condition d'atteindre l'objectif de division par deux des consommations énergétiques du procédé de capture en post-combustion (adapté aux centrales existantes) et celui de l'installation systématique à partir de 2020 de centrales à oxy-combustion pour le renouvellement et l'extension du parc.

Mais si l'on tient compte de la géographie, le bilan est nettement moins favorable. En effet, les régions bien dotées pour le stockage en gisements d'hydrocarbures ne représentent qu'une faible part du potentiel mondial de capture. La Russie ou le Moyen-Orient représentent à eux seuls 60 % des capacités de stockage alors que la capture de leurs émissions n'en représente que 10 %. Et la prise en compte d'un seuil de 1000 km entre source et site de stockage réduit de façon sensible le potentiel de la filière; c'est ainsi que les pays couvrant 80 % du potentiel de capture ne pourraient éviter plus de **16 %** de leurs émissions cumulées d'origine électrique de 2000 à 2050, de l'ordre **de 6 à 7 %** de leurs émissions totales de CO₂ dues à l'énergie.

Qu'en conclure ?

Une économie de la séquestration géologique est en passe de voir le jour, avec des opérateurs et des agents de contrôle de sécurité externes, mais limitée aux espaces dotés de caractéristiques géologiques adaptées. Elle repose sur l'hypothèse d'un doublement du prix des énergies fossiles.

Les incertitudes sur les enjeux à l'horizon 2050 reposent largement sur les capacités de stockage en veines de charbon et en aquifères profonds salins, notamment en Chine et aux Etats-Unis. Le déficit actuel de recherche et de pilotes sur ces gisements en fait un enjeu majeur pour la R&D.

Mais, en acceptant l'ardente obligation de doubler le prix des énergies fossiles, et de l'hydrogène dérivé, on participe en même temps à la solution de la question des émissions atmosphériques et à celle de la régulation par les prix, en aidant les renouvelables à passer le cap économique qui bride aujourd'hui leur développement. Ce qui nous amène à parler d'une autre utopie géologique: la géothermie

La géothermie assistée

(en anglais EGS: *enhanced geothermal systems*)

Comme le montre le drame asiatique, notre planète est bien vivante et dissipe en permanence une grande quantité d'énergie de l'intérieur vers la surface. En dehors du mouvement des plaques tectoniques, et des séismes qu'elles génèrent, l'énergie est essentiellement dissipée sous forme convective. Le flux de chaleur est en moyenne de 80 watts par km², et se traduit par une augmentation de température de 3 à 4 °C/100 m avec la profondeur. Les roches sont en conséquence portées à des températures moyennes de l'ordre de 200 °C à 5000 mètres de profondeur. En outre, dans les zones actives (frontières des plaques), la chaleur peut produire des flux bien supérieurs, de l'ordre du MW par km². On peut atteindre des températures de 250 à 300 °C à une profondeur de 1000 à 1500 mètres, et des fluides supercritiques à des profondeurs de 3000 à 5000 mètres.

La géothermie conventionnelle

Pour exploiter cette immense ressource, il est nécessaire de disposer en outre d'un bon échangeur de chaleur, et d'un dispositif permettant d'assurer le transfert de l'énergie depuis les profondeurs vers la surface. L'échangeur peut être, soit naturel, soit construit par fracturation hydraulique à partir de la surface.

Quoique relativement abondants, les gisements naturels sont encore peu utilisés. On compte en effet 8 GWe installés et une production annuelle de 49 TWh. Cela tient :

- Soit à leur coût. C'est le cas des aquifères profonds du bassin de Paris, dont le développement est handicapé par le manque de réseaux de chaleur. Ils ont été rentables entre 1975 et 1985, lorsque le prix du pétrole était élevé, mais aucune opération nouvelle n'a vu le jour depuis la baisse des prix du pétrole.
- Soit à leur localisation dans des gisements à découvrir, situés dans des zones géographiques particulières (massifs volcaniques, îles océaniques, zones tectoniques actives...), souvent éloignées des centres de consommation.

Néanmoins, on est très loin d'un usage optimal de ces ressources, pourtant accessibles économiquement avec les technologies disponibles aujourd'hui, et particulièrement abondantes dans les pays du Sud peu industrialisés (Indonésie, Philippines, Amérique latine, Afrique de l'Est...). Les investissements sont en effet de 1250 à 2500 \$/KWe, soit une production de 3 à 10 cents de \$ par KWh électrique. Leur mise en valeur devrait bénéficier des mécanismes de Kyoto (MDP notamment), et de ceux qui suivront dans le

cadre des négociations climat. On prévoit plus qu'un doublement à l'échéance 2010, les capacités installées passant de 8 à 19 GWe.

La géothermie assistée

Beaucoup d'espoirs se fondent aujourd'hui sur les programmes de géothermie assistée. Après l'échec des approches américaines (développées à Los Alamos) visant à créer de toutes pièces des échangeurs profonds par fracturation, on a développé en Europe une approche plus modeste, plus réaliste aussi, visant à bénéficier des fractures préexistantes, même si elles ne sont pas actives. La technologie expérimentée à Soultz-sous-Forêt dans le cadre d'un programme européen vise à stimuler des fractures préexistantes et à établir un échangeur profond entre plusieurs puits. Après des essais fructueux à partir d'un « doublet » à 3500 m de profondeur, les essais sont en cours sur un « triplet » à 5000 mètres. Une unité pilote permettra alors de tester l'économie réelle de cette technologie, dont le coût d'investissement est grandement dépendant de celui des forages. La durée de vie de l'échangeur créé en profondeur, et plus précisément l'enjeu de son extension au cours du temps, constitue un autre facteur clé de la réussite économique de cette filière.

Mais il faut souligner que l'on n'est plus ici dans le concept de « géothermie profonde généralisée » que certains appelaient de leurs vœux. Les technologies EGS ne pourront être développées que sur des sites géologiques spécifiques - des zones fracturées comme on en connaît en Alsace, en Limagne, ou dans le massif Central - et pas partout!

C'est limité

Les évaluations sur les perspectives de la géothermie varient considérablement selon les auteurs. Les Islandais annoncent des chiffres atteignant 2940 GWe, mais les consensus internationaux indiquent plutôt 138 GWe, soit 8,4 % de la consommation électrique mondiale, pour la géothermie conventionnelle. Un doublement pourrait être atteint avec la technologie EGS. Pour l'essentiel, cette production se concentre en Amérique Centrale, en Indonésie, en Afrique de l'Est et aux Philippines.

Au plan géopolitique, on assisterait ainsi à une nouvelle donne, bien différente de l'actuelle, fondée sur une autre rationalité géologique. À l'aire des bassins sédimentaires succéderait celle des zones volcaniques actives. Comme des progrès importants ont été faits en matière d'exploration pétrolière sur les bassins, on peut s'attendre à des progrès équivalents dans ces espaces souterrains aujourd'hui très mal connus. Un pays comme l'Islande, qui dispose à la fois de ressources exceptionnelles, de capacités technologiques et

d'une volonté politique affirmée de se libérer des énergies fossiles émettrices, pourrait devenir un exportateur d'hydrogène. En effet, les technologies de vapocraquage à haute température - faciles à atteindre en géothermie - apparaissent déjà comme les plus attractives. Si l'on table sur le commerce de l'hydrogène, une nouvelle géographie des ressources énergétiques se dessine, bien différente de celle du pétrole.

Reste que la géothermie, même si elle permet potentiellement d'importantes productions d'énergie lorsque le gisement naturel l'autorise (soit parce qu'il est suffisant pour assurer la production, soit parce qu'il permet d'effectuer de bonnes stimulations), est loin d'offrir une solution unique et générale en matière d'énergie pour demain.

Les technologies EGS, si elles permettent d'élargir le spectre de la géothermie « naturelle » - en en renchérissant le coût - ne permettent pas non plus de considérer la géothermie profonde comme une nouvelle solution universelle!

Résumons-nous.

En matière d'utopie, la plus pernicieuse serait de croire que l'on pourrait sans vergogne, sans changer radicalement nos habitudes quotidiennes personnelles et nos choix de société, continuer à vivre comme avant sous la dépendance des hydrocarbures fossiles. Nous sommes dans l'obligation de trouver des alternatives. Leur caractéristique commune, c'est d'être moins faciles à distribuer, plus dépendantes de sites et de régions spécifiques, et en fin de compte plus chères.

Les options qui sont ouvertes ne sont pas toutes utopiques, pour peu qu'on accepte de ne pas les considérer, à la différence du pétrole, comme la panacée. Comme on le voit, c'est de l'ordre de 6 ou 7 % des émissions de CO₂ que l'on pourra éviter par stockage géologique, ou avec la géothermie, en cas de succès de la technologie EGS. Ces chiffres incitent à la modestie. Il faudra apprendre le discernement, développer une nouvelle intelligence. Cette démarche imposera, non pas de se détourner d'une terre épuisée par un siècle de jouissance sans mesure, mais d'en apprendre les subtilités.

Après avoir bénéficié du plus facile, même au prix de ce que nous considérons aujourd'hui comme des prouesses technologiques (offshore profond, récupération assistée...), il nous restera à gérer sur le long terme les déchets de ces années glorieuses. Et, pour le reste, apprendre à discerner les plus subtiles ressources; commencer à pratiquer, entre l'homme et son substrat minéral, une relation plus digne après des années de mépris, voire de diabolisation. ■

varet@exchange.brgm.fr

Nucléaire de “4^e génération” : l’utopie comme stratégie de survie

Yves Marignac, directeur de WISE-Paris

Notre modèle énergétique est en crise: de menace de pénurie de pétrole en risque climatique majeur, c’est l’équilibre même de notre système économique, dont la croissance énergivore est le moteur, qui est remis en cause. Dans le bal des prétendants à incarner la filière salvatrice, l’industrie nucléaire se pose volontiers en unique alternative “réaliste” au problème d’effet de serre.

A l’appui de cette affirmation, elle développe deux arguments. En premier lieu, face à une demande d’énergie en forte croissance, l’énergie nucléaire est la seule source d’énergie abondamment disponible qui ne produise pas de gaz à effet de serre. Cet argument s’articule avec un discours sur le caractère soutenable de l’industrie nucléaire. Tout en affirmant les qualités de ses équipements actuels, l’industrie est confrontée sur ce terrain à une forte contestation, qu’elle tente aujourd’hui de contourner par des promesses technologiques.

Ses efforts portent dans ce domaine sur la conception de réacteurs du futur, regroupés sous l’appellation générique de “4^e génération”. La principale initiative est celle du “Forum International Génération IV”, initié en 2000 par les Etats-Unis, rejoints par une dizaine de pays (Afrique du Sud, Argentine, Brésil, Canada, Corée du Sud, France, Japon, Royaume-Uni, Suisse) plus l’Union européenne (via Euratom).

Des groupes de travail regroupant les “meilleurs experts” de l’industrie nucléaire au niveau international ont été constitués pour élaborer dans un premier temps une liste d’objectifs à atteindre, avec des critères de comparaison des systèmes envisageables, permettant dans un deuxième temps de sélectionner les plus prometteurs d’entre eux.

Les objectifs ont été fixés en avril 2001. Sans caractère contraignant, ils désignent huit résultats en matière de “durabilité”, de sûreté, de fiabilité et de compétitivité, vers lesquels les systèmes de la “Génération IV” – censés décrire des filières intégrées, et non les seuls réacteurs – doivent tendre :

- Caractère durable :
 - réduire l’impact environnemental et favoriser l’utilisation efficace des ressources,
 - minimiser les déchets nucléaires et réduire la charge de leur gestion à long terme,
 - présenter des garanties accrues contre la diversion ou le vol de matières nucléaires,
- Sûreté et fiabilité :
 - exceller en matière de sûreté et de fiabilité,
 - présenter une probabilité et un degré très faibles de dommage du cœur,
 - éliminer le besoin de mesures d’urgence hors du site,
- Compétitivité :
 - présenter un net avantage de coût “cycle de vie” sur les autres sources d’énergie,
 - présenter un niveau de risque financier comparable aux autres projets énergétiques.

Entre avril 2001 et octobre 2002, les groupes de travail ont examiné différents concepts applicables pour finalement en retenir six, jugés comme les plus aptes à remplir ces objectifs. Il s’agit de filières conventionnelles ou non, de réacteurs de taille très variable, dont les usages peuvent aller au-delà de la produc-

tion électrique, et qui reposent pour cinq d'entre elles sur un cycle "fermé" non seulement du plutonium mais des autres actinides mineurs (**Tableau 1**).

Utopie technologique ou perspective réaliste ?

Il faut pour en juger, engager le débat sur des bases moins simplistes que l'industrie nucléaire ne le propose aujourd'hui, et en particulier développer une réflexion sur :

- les effets systémiques : comment l'énergie nucléaire, considérée non plus comme une production en soi, mais comme une composante du système énergétique, s'insère dans celui-ci pour apporter plus largement une réponse adaptée aux besoins de la société ;
- sur une vision dynamique du système, au lieu de la superposition de deux images statiques, celle de la situation actuelle et celle d'un futur, jugé désirable, de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre par le recours massif à un nucléaire propre, économique et sûr, sans considération pour la question cruciale de la trajectoire entre les deux.

Ces réflexions peuvent s'articuler autour de trois questions : la **légitimité** du nucléaire comme moyen, son **efficacité** comme instrument et sa **pertinence** comme stratégie de lutte contre l'effet de serre (ou tout autre problème de développement durable auquel il prétendrait apporter une solution globale).

Quelle légitimité ?

C'est aujourd'hui le point central du débat. L'industrie nucléaire se voit ainsi contrainte, tout en défendant le caractère soutenable du nucléaire actuel, d'admettre le contraire en promettant le développement de nouvelles filières qui le seront vraiment. Derrière ce paradoxe apparent, les critères développés pour la Génération IV répondent-ils réellement à cette logique ?

Plus économe en matières premières, plus "propre", plus sûr, non proliférant et moins cher que les autres filières énergétiques : les critères fixés par le Forum apparaissent comme le recyclage moderne des promesses des pionniers du nucléaire, lorsque dans les années 50 ils lançaient le programme *Atoms for Peace* et annonçaient une énergie maîtrisée, abondante et "trop peu chère pour être facturée"...

Le principe de réalité s'est révélé rude. Outre son coût, l'industrie nucléaire s'est heurtée successivement à plusieurs problèmes majeurs, dont aucun n'a jusqu'ici trouvé de solution définitive : les passerelles entre le nucléaire civil et militaire, le risque d'accident majeur, l'accumulation de déchets radioactifs à vie longue et la menace terroriste internationale.

La trop lente pénétration de ces problématiques dans la réflexion des experts de l'industrie se reflète dans les critères retenus, leur hiérarchie et les filières qu'ils conduisent à promouvoir.

- La non *prolifération* reste un objectif affiché, mais considéré comme acquis. La crise du système de contrôle de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) face aux évolutions en Corée du Nord, en Irak ou au Brésil, ne se reflète pas dans la sélection des filières dont cinq sur six développent l'option, par nature proliférante, d'un "cycle" du plutonium.
- Le risque *d'accident majeur*, révélé par Three Miles Island et surtout Tchernobyl – ce dernier postérieur à la conception de la plupart des réacteurs exploités dans le monde aujourd'hui – concentre les efforts de ce que l'industrie dénomme 3^e génération, qui désigne des versions avancées des filières actuelles, dont fait partie l'EPR d'Areva. La 4^e génération ne vise pas en soi une diminution supplémentaire de la probabilité d'accident, considérant que ce niveau revient, même si on ne peut le démontrer formellement, à rendre inutile toute mesure de protection hors du site.
- Les questions du *combustible* et des *déchets*, pour lesquelles la 3^e génération n'apporte aucune rupture, sont au cœur des réflexions sur la Génération IV. Il s'agit à la fois de promouvoir une utilisation plus efficace des matières nucléaires et de réduire drastiquement l'inventaire final des déchets. Malgré l'échec patent de Superphénix et du retraitement du combustible (seuls EDF en Europe et les exploitants japonais restent aujourd'hui engagés dans cette voie), quatre des six concepts incluent des réacteurs à neutrons rapides, et cinq sur six reposent sur un cycle fermé, visant au "recyclage" non seulement du plutonium mais de l'ensemble des actinides.
- Enfin, cette sélection de filières qui impliquent une gestion plus complexe d'installations, d'entrepôts et de transports de matières hautement dangereuses en plus grand nombre reflète l'absence de prise en compte de la *menace terroriste*, qui n'apparaît pas dans les critères initiaux – rédigés avant le 11 septembre 2001 –, même si elle est mentionnée depuis.

Au final, les objectifs de la Génération IV ne sont pas l'expression directe des attentes de la société mais la vision particulière qu'en ont les ingénieurs du nucléaire, centrés aujourd'hui sur le problème des déchets et de la valorisation des matières réutilisables. Si les groupes de travail avaient réuni, au lieu des 100 meilleurs experts de l'industrie nucléaire, les 100 meilleurs experts mondiaux du terrorisme, il est probable qu'ils auraient produit une vision très différente du nucléaire du futur – voire de l'avenir du nucléaire. Ils auraient dû, en fait, comme les experts du développement, de l'environnement ou de la finance, être associés à la réflexion.

L'industrie nucléaire a reproduit ici le processus sur lequel elle s'est appuyée dans les années 60 et 70, où ses orientations technologiques ont été décidées par ses experts, convaincus de cerner les critères d'acceptabilité du nucléaire et d'apporter les réponses technologiques adéquates. Les mêmes causes provoquant les mêmes effets, les filières développées sous la bannière Génération IV – du reste pour l'essentiel inspirées de concepts déjà essayés dans les années cinquante – se trouveront confrontées au même problème de légitimité.

Quelle efficacité ?

La légitimité n'est en tout état de cause pas la seule question à poser. Si tout le monde s'accorde sur le très faible niveau d'émissions de gaz à effet de serre engendrées par la production de kilowatt-heures nucléaires, l'efficacité de cet outil pour réduire les émissions ne se mesure pas selon ce seul critère. La production nucléaire s'insère en effet toujours dans un système énergétique global dont seule la diminution du total des émissions compte – par comparaison avec d'autres options.

La question est beaucoup moins simple qu'il n'y paraît, et les situations actuelles démontrent d'importantes limites à l'efficacité du nucléaire contre les émissions. Ainsi les Etats-Unis, producteurs de 30 % de l'électricité nucléaire dans le monde, sont aussi les émetteurs de plus de 25 % des émissions mondiales de carbone, sans perspective de diminution. La France, qui avec près de 80 % de son électricité d'origine nucléaire pousse aussi loin que possible cette solution, n'apparaît pas pour autant en mesure de stabiliser ses émissions, comme le Protocole de Kyoto l'y engage, entre 1990 et 2010 – sans parler de l'objectif de réduction d'un facteur 4 des émissions à l'horizon 2050.

Ces chiffres ne constituent pas une démonstration: en particulier, l'évolution des émissions est très contrastée dans les pays qui n'ont pas recours au nucléaire, montrant que les déterminants fondamentaux sont ailleurs que dans ce choix de filière. Ils suggèrent cependant une additionnalité, et non une substitution, du nucléaire et des énergies fossiles. Le développement de ces énergies dans la seconde moitié du siècle dernier montre d'ailleurs que le nucléaire a moins freiné la croissance des énergies fossiles au niveau mondial qu'accélééré l'explosion de la consommation d'énergie, apparaissant comme une composante, et non une alternative, de ce mode de développement trop gourmand en énergie.

Plus finement, deux phénomènes limitent considérablement l'efficacité du nucléaire pour une baisse à long terme des émissions dans les systèmes énergétiques actuels:

- d'une part, l'effet de substitution du nucléaire est aujourd'hui limité par des contraintes de différents ordres à une partie relativement faible de l'ensemble des sources d'émissions de gaz à effet de serre, c'est-à-dire la production d'électricité en base;
- d'autre part l'introduction du nucléaire, qui abaisse le palier des émissions par substitution d'une partie de la production fossile, s'accompagne en général, par une série d'effets structurels et systémiques, d'un effet "rebond" sur d'autres pans du système énergétique.

Quelle pertinence ?

La réponse de l'industrie nucléaire est d'étendre le champ du nucléaire, pour augmenter l'effet de substitution: ainsi les concepts de la Génération IV sont fortement axés sur la possibilité d'utiliser la chaleur produite pour des process industriels, pour la production d'hydrogène (qui se développerait massivement pour les transports), le dessalement ou même la gazéification du charbon. Outre qu'il est à craindre que l'effet "rebond" sur les émissions non substituées augmente en proportion, la pertinence d'une telle stratégie doit être examinée dans sa globalité.

Pour réduire massivement les émissions de gaz à effet de serre, face aux scénarios qui reposent sur une politique énergétique en rupture, combinant le développement des renouvelables avec des efforts non seulement d'efficacité énergétique mais aussi de sobriété sur les usages de l'énergie (voir par exemple le scénario développé pour l'association négaWatt pour la France), une stratégie s'appuyant sur le nucléaire représenterait une rupture non moins importante.

Il s'agirait en effet, pour atteindre les niveaux d'émissions jugés "soutenables", de multiplier d'un facteur 10, voire davantage, la capacité du parc actuel qui compte environ 440 réacteurs. Le problème de maîtrise des risques, comme celui du niveau d'investissement à consentir et des infrastructures nécessaires deviennent d'une toute autre ampleur lorsqu'il s'agit de raisonner sur 4000, 5000 voire 7000 réacteurs répartis dans le monde, dont la moitié environ devraient être construits avant l'avènement de la Génération IV. La faisabilité d'un tel développement, le risque d'échec et ses conséquences, les modes d'organisation que cela suppose doivent être évalués, et surtout comparés selon les mêmes critères aux scénarios dits "alternatifs", qui s'avèrent globalement dans cette comparaison moins périlleux et plus acceptables.

Face à l'effet de serre, l'industrie nucléaire n'offre pas une solution de continuité. Cette notion apparaît pourtant comme une des clés du succès de son discours : l'utopie technologique qu'elle nous propose n'est pas, contrairement à une vision plus traditionnelle du progrès scientifique et technique comme vecteur de transformation de la société – qui suscite aujourd'hui beaucoup de méfiance –, une utopie du changement. Au contraire, les promesses de l'industrie nucléaire dessinent fondamentalement une continuité ; à l'opposé des discours sur l'indispensable sobriété énergétique, elles offrent une justification pour ne pas remettre en cause les habitudes de consommation.

Un faux nez ?

Ces questions sont en fait secondaires pour l'industrie nucléaire. L'AIEA elle-même reconnaît que le nucléaire ne peut répondre dans les délais et avec l'ampleur nécessaires à la réduction des émissions. Et la Charte du Forum Génération IV affirme en préambule, non pas que l'industrie nucléaire est la solution pour répondre de façon soutenable à une demande de plus en plus forte d'énergie, mais que sa contribution doit être reconnue.

Le nucléaire n'est pas engagé comme il veut le faire croire dans une renaissance mais bien confronté à une logique de survie. Il faudrait, selon les projections qu'on peut tirer des statistiques mêmes de l'AIEA, construire plusieurs dizaines de gros réacteurs avant 2010 et plus d'une centaine supplémentaires avant 2020 pour seulement maintenir la capacité du parc nucléaire actuel à ces échéances.

On en est aujourd'hui très loin au vu des commandes et des prévisions, et la capacité nucléaire va donc décroître pendant que la capacité installée d'autres filières, comme le gaz ou plus marginalement l'éolien, se développe rapidement. Le nucléaire voit ainsi sa part dans la production mondiale d'électricité diminuer inexorablement, restant cantonné à une contribution à la marge à la consommation finale d'énergie dans le monde, autour de 2-3 % environ.

Une utopie aux effets pervers

La Génération IV a donc comme fonction essentielle de créer la perspective d'avenir indispensable pour enrayer ce déclin. Mais cette utopie technologique, mobilisatrice pour l'industrie et mobilisée par elle, pervertit totalement le débat sur le nucléaire et sa place dans les stratégies énergétiques. Par une sorte de dialectique, si la 4^e génération apporte la caution nécessaire à la poursuite de projets nucléaires – autrement dit, à la construction de réacteurs de 3^e génération –, elle se présente aussi comme son prolongement inévitable : le recours dans les prochaines années aux filières actuelles repose sur la croyance dans une solution future à leurs problèmes, et porte l'engagement de mettre cette solution en œuvre.

On voit clairement ce mécanisme à l'œuvre en France aujourd'hui. Tout d'abord, l'industrie s'emploie, ce qui semble paradoxal, à repousser l'horizon de la 4^e génération bien au-delà du délai nécessaire au développement de nouvelles filières, et en tous cas bien au-delà des échéances fixées par le Forum Génération IV : celui-ci vise clairement à développer des réacteurs "accessibles au marché" en 2030 au plus tard, en fait entre 2015 et 2025 selon les concepts parmi les six retenus. En France, EDF, CEA, Areva et DGEMP s'entendent pour faire croire au contraire que ces réacteurs nouveaux ne pourront être mis en service industriel avant... 2040 ! Il s'agit bien de justifier, par défaut, le déploiement de réacteurs EPR pour faire face aux besoins du renouvellement du parc, essentiellement entre 2020 et 2030 ; ce prolongement des filières actuelles justifiant à son tour la poursuite des options actuelles, en particulier en terme de retraitement.

L'Andra a publié fin 2004 un important inventaire des déchets et matières valorisables qui dessine une projection en 2020. En poursuivant le mode de gestion actuel, c'est-à-dire le retraitement de 850 tonnes environ de combustible irradié d'EDF par an à La Hague, qui nous est aujourd'hui présenté comme le moyen de réduire le problème des déchets à celui des colis vitrifiés, enfermant les seuls produits de fission et actinides mineurs (séparés de l'uranium et du plutonium censés être réutilisés), on voit en réali-

té se gonfler les stocks de matières “en attente” de traitement et de réutilisation : par catégorie, ils sont au mieux stabilisés (48 tonnes de plutonium séparé, 10 500 tonnes de combustible UOX usé...), au pire en forte croissance (de 520 à 2 350 tonnes de MOX irradié entre 2002 et 2020, de 16 000 à 25 000 tonnes d’uranium de retraitement...).

Or, dans le même temps, le “stock” d’années-réacteurs, c’est-à-dire les années d’exploitation restantes des réacteurs disponibles pour, officiellement, gérer ces matières, s’épuise : en particulier les réacteurs utilisant le combustible MOX sont les 900 MWe mis en service entre 1980 et 1988, pour lesquels une durée de vie de 40 ans en moyenne est loin d’être assurée aujourd’hui. En d’autres termes, l’industrie nucléaire française est engagée, depuis les années quatre-vingt, dans une gestion des matières dangereuses qui exclut la possibilité d’une sortie du nucléaire.

L’EPR, même s’il est conçu pour utiliser le cas échéant jusqu’à 100 % de MOX, reste insuffisant pour mettre en œuvre le “recyclage” global de l’uranium et du plutonium que décrit la doctrine française. Dans le long terme, le parc d’EPR, malgré sa durée de vie annoncée de 60 ans, n’est donc qu’une transition : la solution “finale” au problème des déchets ne peut venir que de l’introduction, plus tard, de nouveaux réacteurs. Dans cette vision, les EPR doivent, dans la continuité du parc actuel, poursuivre l’accumulation de matières dites “valorisables”, stock stratégique pour amorcer le “cycle fermé” de la Génération IV – renforçant ainsi le fait-accomplis nécessaire à la justification de ces filières du futur. En d’autres termes, la mauvaise performance de l’EPR ou des réacteurs similaires, devient aux yeux des ingénieurs nucléaires un plus car il permet, au prix de l’accumulation de dizaines de tonnes de plutonium pour des dizaines d’années, de préparer au mieux la génération suivante de réacteurs.

En conclusion : un double danger

Mais cette “4^e génération”, dans son développement même, n’est rien d’autre que l’avatar moderne de l’utopie fondatrice du nucléaire – le rêve d’une énergie inépuisable, sûre et pas chère –, paradoxalement ressuscitée par l’échec du parc nucléaire actuel à tenir ces mêmes promesses.

Pour porter cette utopie, l’industrie nucléaire s’emploie à incarner une solution unique et globale au problème majeur des politiques énergétiques, le changement climatique, en esquivant les questions de légitimité, d’efficacité et de pertinence qui se posent si on considère l’ordre de grandeur du développement du nucléaire que cette stratégie suppose. Peu importe d’ailleurs que cette perspective soit irréaliste, car l’enjeu est ailleurs : il s’agit à travers ce discours de maintenir une perspective suffisante pour enrayer le déclin et assurer la survie de l’industrie nucléaire.

L’utopie technologique sous-jacente est dès lors porteuse d’un double danger. Face au changement climatique, elle conforte d’abord l’idée qu’une rupture de politique énergétique – et à travers elle de mode de vie – est peut-être évitable ; elle distord l’évaluation comparée des alternatives et contribue ainsi à retarder le transfert de priorité, et de moyens, vers des solutions plus tangibles. Mais elle nous entraîne surtout, face aux risques nucléaires, dans une irresponsable fuite en avant, où leur augmentation certaine à court terme serait le prix à payer pour leur improbable solution à long terme. ■

yves.marignac@wise-paris.org

Tableau 1: Les concepts et filières retenus dans le cadre du projet “Génération IV”

Type	Puissance	Temp.	Utilisation	Combustible	Date
GFR <i>Gas-cooled Fast Reactor</i> Réacteur rapide refroidi au gaz (hélium)	288 MWe (600 MWth)	850 °C	<i>Principalement</i> - Electricité - Gestion des actinides <i>Option:</i> - Production d'hydrogène - Chaleur	Matrice carbone, voire nitrure. Utilisation de l'uranium fertile et incorporation des actinides. Cycle fermé, avec recyclage total des actinides Unité de retraitement et refabrication sur site.	2025
LFR <i>Lead Fast Reactor</i> Réacteur rapide refroidi au plomb (ou plomb-bismuth) eutectique	<i>3 options:</i> 50-150 MWe (120-400 MWth) 300-400 MWe 1200 MWe	550 °C ou 800 °C	- Electricité - Production d'hydrogène - Dessalement - Gestion des actinides	Matrice métal ou nitrure Utilisation de l'uranium fertile et incorporation des actinides. Cycle fermé, avec recyclage total des actinides. Centres de traitement nationaux ou régionaux.	2025
MSR <i>Molten Salt Reactor</i> Réacteur à sels fondus	1000 MWe	700 °C à 800 °C	- Electricité - “Combustion” de déchets	Combustible liquide (fluorure). Mix variable d'uranium, plutonium et actinides mineurs. Cycle fermé. Pas de fabrication de combustible.	2025
SFR <i>Sodium Fast Reactor</i> Réacteur rapide refroidi au sodium	<i>2 options:</i> 150-500 MWe 500-1500 MWe	520 °C à 550 °C	- Electricité - Gestion des actinides	Matrice oxyde ou métal. Utilisation de l'uranium fertile et incorporation des actinides. Cycle fermé, avec recyclage total des actinides. Centres de traitement du combustible à proximité des réacteurs ou centralisés, selon option de taille.	2015
SCWR <i>Super-Critical Water-cooled Reactor</i> Réacteur super-critique à eau légère	1700 MWe	550 °C	- Electricité <i>A terme:</i> - Gestion des actinides	<i>2 étapes:</i> 1) Spectre thermique: - Matrice oxyde. - Uranium. - Cycle ouvert. 2) Spectre rapide: - Cycle fermé, avec recyclage total des actinides. - Usines de traitement centralisées.	2025
VHTR <i>Very High Temperature Reactor</i> Réacteur haute-température refroidi à l'hélium	600 MWth	1000 °C ou plus	Chaleur: - Production d'hydrogène - Gazéification du charbon <i>Option:</i> - Electricité en cogénération	Matrice oxyde. Uranium. Cycle ouvert (sans retraitement du combustible).	2020

Source: US DOE / GIF, “A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems”, décembre 2002

Les limites du Photovoltaïque décentralisé pour les PED

Bernard Devin, Edgar Blaustein, Global Chance

« Le problème de la pauvreté, c'est l'énergie, le salut c'est le photovoltaïque »! Qui n'a entendu présenter la question de l'énergie pour les zones rurales en développement – par définition des populations sous le seuil de pauvreté – de cette manière lapidaire? D'emblée, le photovoltaïque (PV) est affiché comme l'énergie des pauvres, alors que c'est la plus chère au monde. Utopie manifeste, qui demande pourtant à être revisitée, en affinant à la fois la manière de présenter le problème et d'en choisir les approches.

Il y a d'abord à sortir de l'amalgame « tout électrique » pour les besoins « des pauvres »: la vie quotidienne est d'abord faite d'énergie pour la cuisine, pour le chauffage (dans plus de cas qu'on ne le pense), pour le transport (car la ville est éloignée, par définition). Vient ensuite le pompage de l'eau, puis l'éclairage – avec ses « annexes »: la radio, la télévision, la recharge du téléphone portable, le ventilateur. Il n'y a pas de demande « de photovoltaïque », mais il y a une demande pour les services que l'électricité permet d'obtenir. Ce n'est donc qu'une petite partie des besoins énergétiques quotidiens de la vie familiale que le photovoltaïque peut résoudre. C'est l'une des « caches » de l'utopie photovoltaïque pour les PED.

Quant aux besoins d'énergie électrique liés aux Objectifs de Développement du Millénaire (OMD) mis au premier plan au Sommet de Johannesburg, ils représentent, au niveau du village, environ cinq fois autant que les besoins domestiques des familles.

Besoins d'énergie *domestiques* et besoins d'énergie pour le *développement économique et social* (durable, bien sûr!) sont deux domaines complémentaires:

Est-il utopique de penser éclairer de manière systématique, rapide et économique, les populations

non électrifiées des PED, par des panneaux solaires? Et qui paiera la facture de première installation. Et par extension: le photovoltaïque serait-il la solution pour l'ensemble des besoins énergétiques du monde rural isolé? Sinon que choisir?

Au-delà des « opérations de démonstration » qui se succèdent, en continuité linéaire, depuis 25 ans (elles ont été une phase d'apprentissage, incontournable), se posent maintenant les trois défis du « changement d'échelle » pour réellement apporter quelque chose aux « deux milliards d'hommes » freinés dans leur développement par l'absence d'accès à l'énergie électrique:

- L'échelle du temps, qu'il faudrait comprimer d'un facteur 40.
- L'échelle de la puissance et de la quantité d'énergie disponible: il faudrait exploser d'un facteur 300 la taille des *unités* construites, pour alimenter les activités « productives » et les « services de base des OMD ». Pour les besoins d'un village d'environ 500 personnes, il faudrait 30 à 100 kWh d'énergie disponible par jour, alors que 100 à 300 Wh suffisent pour l'éclairage familial et ses annexes.
- L'échelle de la réalisation, de la Maîtrise d'Ouvrage décentralisée et multipliée pour une action accélérée de grande envergure sur la planète.

Petite histoire, les pionniers conscients: PV et éclairage

Des bricoleurs astucieux avaient eu l'idée de faire un petit oscillateur avec trois piles R14 pour allumer un long tube fluo standard, quelle surprise: cela était donc simple et possible? La lampe à basse consommation (LBC) commençait à sortir chez Philips dans les années 1980, à l'époque même où l'AFME était créée et reprenait les actifs

du COMES. On se souvient que son Président Henry Durand avait été le pionnier des panneaux photovoltaïques au silicium monocristallin dans les années 50 à la Radiotechnique (Philips) et qu'une installation pilote d'électrolyse du cuivre avait été installée au Chili. Ses panneaux solaires étaient toujours en état de marche à la fin des années 70: la longévité de la cellule photovoltaïque était donc acquise.

Le silicium et le tube fluorescent formaient une combinaison innovante pour s'éclairer là où le réseau électrique n'existait pas. Bien mieux que l'ampoule de voiture branchée sur une batterie qu'il fallait porter à recharger en ville – les Marocains le faisaient depuis longtemps à la campagne – l'éclairage PV consommait cinq fois moins d'énergie pour la même durée d'éclairage, la qualité de la lumière en plus. Les ingénieurs de l'AFME lançaient le concept de « pré-électrification rurale » en pensant d'abord à l'Afrique et au Proche Orient, sachant fort bien que c'était le saut dans l'efficacité de la source de lumière qui permettait de lui associer une source électrique chère et intermittente. Une batterie de taille usuelle pouvait assurer une autonomie journalière minimale, voire hebdomadaire.

Le mythe prométhéen de la nuit vaincue par la lumière volée au soleil, mobilisait esprits et imagination, au Nord: avait-on enfin une solution au développement?

Dire « pré-électrification » c'était être conscients que seul l'éclairage pouvait être visé de manière économique, (en y incluant ses « annexes », à la limite un réfrigérateur). L'ensemble panneau-batterie réalisait l'apport d'un « service domestique » dont le coût mensuel pouvait être du même ordre que celui des produits couramment utilisés alors pour l'éclairage: feu, pétrole, bougies, piles, butane (si disponible). C'était également dire *a contrario* que l'apport de « puissance » pour les activités économiques: artisanat, agro-industries villageoises, transport, relevait d'une autre approche...

Sur cette logique de départ se sont lancés un peu partout, et notamment avec l'AFME au Maroc – le Programme *Pilote d'Électrification Rurale* (PPER) à la fin des années 80 – des programmes de développement de l'éclairage familial et municipal dont la finalité électrique se résumait à ces usages et dont l'utilisateur pourrait supporter l'essentiel du coût: une approche par le « marché ». La « mensualité » payée au prorata des équipements demandés couvrait recharges de consommables et renouvellement des matériels en fin de vie, essentiellement les batteries. Le fonctionnement de ces programmes a été relativement satisfaisant, parce que les populations locales ont été associées à leur dimensionnement et à leur ges-

tion... et qu'un appui arrière institutionnel permettait de pallier les aléas de l'« après vente ».

Les soucis du service après vente portaient – et portent toujours – sur la disponibilité effective de pièces de rechange pour l'aval du panneau photovoltaïque: régulateur de charge, batterie, lampes – un casse tête dans le domaine électronique où les produits « catalogue » sont systématiquement périmés en deux ans et déclarés « sans suite ». Un paradoxe quand l'économie d'un produit a été justifiée par une période longue d'amortissement (15-20 ans). Les hommes de terrain peuvent écrire des romans-feuilleton sur la « vie » photovoltaïque en Afrique, y compris sur le vol et le trafic des panneaux solaires, prouvant accessoirement qu'il y a bien une demande solvable. Une autre difficulté a résidé dans la gestion des sommes recueillies pour les remplacements majeurs et inutilisées sur le court terme; il est arrivé qu'elles soient investies par le village pour l'achat... d'une vache et le développement d'une activité d'élevage. L'État a dû renouveler lui-même les équipements en fin de vie! Le processus du développement économique n'est-il donc pas en marche, mais selon une logique qui lui est propre?

Changer d'échelle: une question de logistique et de maîtrise d'ouvrage

Alain Liébard (FONDEM) disait récemment, aux Assises du Développement Durable en novembre au Sénat: « Avec nos moyens d'ONG, nous savons faire quelques villages par an, dans une approche durable et auto supportée, avec les acteurs locaux. La FONDEM a électrifié 500 000 personnes depuis sa création il y a 15 ans. Nous pouvons continuer ainsi quasi indéfiniment, au même rythme, mais est-ce à la taille du problème posé? ».

Sur les « deux milliards » il n'en resterait donc plus que 1999 500 000. Multiplions les initiatives réussies depuis 15 ans par 100, il en resterait encore 1950 000 000. Ce rythme actuel supposé de 50 millions en 15 ans, 3.3 millions par an nous conduirait – à population non croissante – à électrifier la totalité en... 600 ans, six siècles! Disjonction donc entre l'objectif et les moyens de l'atteindre, l'un des premiers critères de l'Utopie. La dynamique volontariste affichée à Johannesburg fixe des objectifs à 15 ans: on est devant une impasse. On est dans une progression linéaire, il faudrait une croissance exponentielle.

Dès le lancement du PPER au Maroc à la fin des années 80, la discussion avait permis de sentir la taille formidable de l'enjeu des « 2 milliards », sur

le simple plan local marocain: 15 000 douars à électrifier en 15 ans/1000 par an/4 par jour ouvrable. Mais ce n'était nullement un cas isolé, bien au contraire. Un Séminaire à Marrakech en 1995, sous l'égide de la Commission Européenne, de la France et du PNUD, portait sur le *Changement d'échelle et de rythme des programmes d'électrification rurale décentralisée*. Une vingtaine d'équipes des PED étaient réunies pour échanger leurs expériences de terrain, sur les filières, les enjeux, la complexité de la *galaxie décisionnelle*, le financement, les transferts de ressources – dont celles de l'aide publique au développement (APD) – et les modalités de mise en œuvre: le public et le privé.

Les participants étaient assez d'accord pour retenir le chiffre moyen de 1000 \$ US comme coût de référence pour l'équipement d'un « foyer », quelle que soit la technologie retenue, réseau (quand il est possible) ou décentralisé, avec une disponibilité de service limitée dans le cas du photovoltaïque mais convenant à des besoins « familiaux » faibles chiffrés entre 100 et 300 Wh par jour. On retrouve alors aisément, à raison de 5.5 personnes en moyenne par foyer des besoins mondiaux d'investissement au niveau global de 350 milliards de dollars.

L'électrification rurale n'a pas avancé de manière significative – au-delà du « linéaire » – depuis cette époque en Afrique sub-saharienne (ni par le réseau, ni par le photovoltaïque) selon la revue effectuée par le GNESD en avril 2004 (*Global Network on Energy for Sustainable Development* – une initiative du sommet de Johannesburg).

Impasse sur l'échelle temporelle ?

A coût d'investissement semblable, l'avantage du photovoltaïque sur tout autre système sans limitation de la puissance disponible s'estompe; il résiste sur le coût de fonctionnement (l'absence d'un besoin d'approvisionnement régulier en combustible), et sur le créneau préférentiel de l'éclairage domestique et des services annexes. Encore faudrait-il pour le généraliser qu'il n'y ait pas de contraintes d'approvisionnement en panneaux photovoltaïques, ni de problèmes de logistique de terrain (installation, entretien, maintenance, redevances), tout ceci en faisant pudiquement l'impasse sur la question des batteries et de leur recyclage.

Trois cent cinquante millions de foyers, ce seraient 17 500 mégawatts-crête à fournir en panneaux solaires (50 watts par foyer). La production mondiale en 2003 à été supérieure à 750 MW-crête – principalement utilisée dans des systèmes connectés au réseau dans les pays de l'OCDE – et elle est en croissance rapide. Cet ordre de grandeur est donc compatible avec l'idée d'une

généralisation possible de l'éclairage domestique à partir du PV dans les 15 années qui viennent. L'obstacle temporel pourrait donc ne pas jouer par rapport aux solutions alternatives, pour les besoins domestiques. En plus, il conviendrait de reconnaître qu'une connexion « au réseau » pour une bonne partie de ces « deux milliards », dont les péri-urbains, minorerait la demande brute en panneaux PV.

Impasse énergétique ?

Si le simple « panneau domestique » de 50 watts-crête est dans une situation de « possibilité » pratique dans les vingt années qui viennent – qu'en serait-il des besoins des « services essentiels » contenus dans les OMD, mais aussi pour les *activités génératrices de revenus* (n'est-ce pas là le *développement* réel?). Un chiffrage rapide sur la base de 100 foyers par « village » et 5.5 personnes par foyer et des besoins de puissance au niveau global de 10 kW par « village », pour l'eau, l'artisanat et les services publics (école, santé, vie sociale) conduirait, pour les « deux milliards », à l'installation de 36 000 mégawatts, en estimation basse. Deux fois le volume des besoins domestiques.

A titre d'exemple, le Programme Régional Solaire (PRS) de la Commission Européenne a fait don de l'équipement de pompage de l'eau – un service essentiel s'il en est – à 1 500 villages d'Afrique Sub-Shahrienne entre 1990 et 1995. L'unité PV installée l'a été au niveau moyen de 1,5 kW-crête, soit environ 6 kWh utiles par jour, rien que pour l'approvisionnement en eau.

L'exemple des « plate formes multifonctionnelles » en cours de diffusion au Mali (*PNUD et ADEME, Michel Courillon*), sur la base d'un diesel rustique couplable à diverses formes d'utilisation (*mécanique*: mouture, broyage, pressage, décorticage/*électrique*: soudure, recharge de batteries, mini réseau, pompage.) confirme la gamme des 10 kilowatts pour les besoins courants d'un village. Et c'est déjà une solution applicable, aujourd'hui, avec un support logistique local existant: la mécanique villageoise du forgeron et du réparateur de mobylettes.

Le photovoltaïque est à positionner dans une double dynamique: celle de la croissance rapide de la production annuelle des panneaux PV, et celle du temps nécessaire à la formulation, au lancement et à la réalisation sur le terrain des programmes. Le compétiteur reste aussi le « réseau » quand il est proche, avec sa *capacité de satisfaire à une croissance rapide de la demande énergétique*, sans avoir à refaire à chaque instant une augmentation de la capacité de production locale, ce qui est encore plus lourd pour le photovoltaïque que pour le groupe diesel.

La préférence doit-elle être alors donnée au Photovoltaïque à ce niveau de puissance?

Rien ne justifie de faire un choix « tout électrique » ni surtout d'imposer aux populations d'attendre que la production de masse des panneaux ait encore décuplé et que les coûts des panneaux atteignent le palier bas de la « courbe d'apprentissage ». Le photovoltaïque ne paraît pas être la solution actuellement disponible pour les besoins des OMD, pour les dix années qui viennent. Il y a mieux, moins cher, et immédiatement disponible: le diesel indien ou chinois, dût-on le faire fonctionner à l'huile de pourghère si l'écologie l'exige.

On peut donc estimer qu'il y a là une *impasse énergétique, en volume*, pour le photovoltaïque, vis-à-vis des objectifs temporels du millénaire. Impasse à la fois statique et dynamique en raison de la croissance escomptée de la demande, puisque l'on table sur le déclenchement d'une dynamique de développement.

Il faudrait y associer une étude sérieuse, sur la question des batteries de stockage, leur coût, leur entretien, leur recyclage en fin de vie, leur impact environnemental, les risques « santé » associés, sachant que le pompage de l'eau n'en exige pas et que l'artisanat – soudure, mécanique – peut s'exercer de jour, ce qui n'exige pas un parc de batteries proportionnel à la puissance installée (mais alors faut-il un « secours » pour les périodes sans soleil!).

Photovoltaïque : coûts et environnement

La référence est simple: il est admis que la production de 1000 kWh d'électricité photovoltaïque évite l'émission, en 25 ans, d'une tonne de CO₂ par rapport à une source sur énergie fossiles conventionnelles. C'est là un bon ordre de grandeur.

Le panneau photovoltaïque standard de 50 watts, sur vingt-cinq années de durée de vie en climat ensoleillé, peut produire environ 2000 kWh d'électricité. Il évite donc environ l'émission de 2 tonnes de CO₂, soit 0.55 tonne de carbone. Le panneau de 50 watts-crête se négocie actuellement autour de 200 US\$ (160 euros). La valeur du « carbone évité » du panneau de 50 watts-crête pourrait s'en approcher si l'on se réfère au coût marginal estimé de réduction des émissions en Europe dans les années 2010, soit 70 euros (selon l'étude Cohérence de la Commission Européenne). Le rapprochement se préciserait en extrapolant la baisse du coût du panneau dans les 15 années à venir: le carbone évité pourrait valoir autant que le panneau lui-même.

Trois remarques cependant s'imposent:

- Il n'y a pas encore l'ombre d'un début de négociation des droits d'émission à l'échelle internationale sur la base de tels coûts, pourtant logiques. La dernière COP de Buenos Ayres n'a pas donné lieu à croire que cette situation s'inverserait prochainement.

- Le *coût du panneau n'est pas le coût du système* de production d'énergie! Il en représente actuellement déjà moins de 20 %. Le prix d'un « système » photovoltaïque domestique resterait donc autour de 1000 \$ (700 euros), même à coût nul des panneaux solaires.

- Les économistes actualiseront ces différentes valeurs et leur trouveront des écarts dissuasifs? Voire, le coût du carbone évité variera aussi avec le temps, mais en croissant.

Ne pourrait-on conclure – de manière utopique? – que, bénéfique pour l'environnement, le panneau solaire destiné à l'éclairage pourrait être payé par les droits d'émission qu'il génère et devenir gratuit?

La maîtrise d'ouvrage au niveau des OMD

« Le marché » est impuissant à généraliser *l'accès à l'énergie pour le développement* dans les PED (toujours les « deux milliards »), en effet:

- **Les initiatives privées d'investisseurs en quête d'un retour financier substantiel sur investissement s'excluent d'elles-mêmes**, étant donné qu'aucun PED n'envisage d'autoriser un prix de vente de l'électricité qui désavantage les campagnes par rapport à la ville. Bien des initiatives de promotion des énergies renouvelables se torturent pour trouver les « combinaison » qui pourraient tout de même persuader les investisseurs de se lancer dans l'aventure, en dehors d'un pilotage public ressenti comme « inconvenant » – mais surtout bloquant –: fonds « solidaires », sans recherche d'un retour financier « boursier », récolte de « droits à polluer » en particulier.

La **collectivité nationale**, c'est-à-dire les pouvoirs publics, l'État, expression de la solidarité intrinsèque des citoyens, n'est-elle pas le meilleur prescripteur en cette occurrence? Oui, certainement, sans pour autant s'affranchir d'une règle du *retour sur investissement*, seule justification légitime pour y affecter des ressources nationales, existant au budget ou provenant de l'APD. Avec cette différence que la mesure du retour sur investissement va se faire sur d'autres indicateurs que les retours financiers. On parlera de « bénéfices socio-économiques ». Il est aisé d'en comprendre l'esprit: amélioration de la qualité de vie, retombées favorables sur la scolarité, les centres de santé, la vie collective villageoise et culturelle,

le commerce de proximité, etc. Ces « bénéfiques » profitent à l'ensemble de la collectivité nationale et justifient que celle-ci s'y implique. Le problème du *changement d'échelle* auquel les engagements « du millénaire » ont invité toutes les Nations, place donc les pouvoirs publics locaux devant leur responsabilités de « prescripteurs », car c'est à eux et à eux seuls que l'aide publique au développement (APD) est attribuée. La collectivité nationale est le seul acteur légitime s'il y a lieu de « forcer » un changement d'échelle pour le bien de tous. Mais de même qu'au niveau des usagers, ce n'est pas l'électricité qui fait motif, mais les services qu'on en obtient, de même au niveau des pouvoirs publics ce n'est pas l'accès à l'éclairage, mais les bénéfices attendus de la réalisation des OMD. Celles-là requièrent des quantités d'énergie importantes, continues et garanties, bien au-delà de la combinaison favorable PV-LBC.

L'essentiel de l'initiative européenne « énergie pour le développement » EUEI, lancée à Johannesburg, consiste à aider les pays qui le souhaitent à formuler les programmes cohérents (ressources, diffusion, fonctionnement, pérennité) d'accès à l'énergie dans les zones non desservies, en fonction des besoins énergétiques des programmes prioritaires et des besoins domestiques. Il n'y a pas a priori technologique dans la démarche EUEI, les choix se feront en économie de marché, le PV subventionné y trouvera sa place. L'ensemble des besoins constitue, pour chaque district isolé, un « espace énergétique local » dont il a été beaucoup question au Séminaire de la francophonie à Ouagadougou en mai 2004 (lire à ce sujet *Liaison Energie Francophone* N° 63). On considère que ces « espaces énergétiques locaux » constituent des champs opératoires bien plus attractifs, en volume, pour des investisseurs aidés, que les simples kits d'éclairage photovoltaïque, et sont susceptibles de permettre le démarrage à grande échelle de l'électrification rurale sur un marché réel de l'énergie.

En conclusion

La visée de ce numéro spécial de Global Chance était de « traquer l'Utopie » dans les différents courants « à la mode » en matière d'énergie. S'agissant du photovoltaïque, le caractère tant soit peu utopique de la démarche internationale ne se situe pas là où l'on pense.

Il est nécessaire de percevoir – et de corriger – quatre « risques d'utopie » dans la poussée *photovoltaïque universelle* des pays industrialisés, tout au moins en ce qui concerne les pays en développement :

- Le premier est temporel : c'est de croire, ou faire croire, que la génération PV arrive à temps pour sauver les peuples de la pauvreté et du sous-développement. La réponse est NON. Il est déjà possible d'apporter l'énergie nécessaire, autrement, et tout de suite, et pour moins cher : c'est une question de volonté politique, de coopération à la mise en œuvre. La qualité intrinsèque photovoltaïque n'ajoute rien à la chose et elle apporte ses propres problèmes pour le long terme (batteries). Mais elle reste en compétition, au cas par cas.
- Le second risque est idéologique : c'est de croire que « le marché » – un peu aidé – « suscitera » la volonté politique d'agir d'entrepreneurs-investisseurs qui viendront en sauveurs installer des systèmes en PED, et en vivre. Cela est également faux, le bénéfice financier n'existe pas dans les zones de pauvreté extrême. Le PV ne change rien à la chose. Le colonialisme investisseur a fait son temps. Aucun pays n'a développé ses services sans un transfert de ressources organisé vers le monde rural (péréquation, détaxes, etc.). Le troisième, implicite, est de croire que le changement de rythme, l'accélération souhaitée du développement économique et social puissent se passer d'un rôle organisateur et fort des pays eux-mêmes sur leur propre territoire. La réponse est également NON. En « utopie associée » on peut loger l'idée de grands programmes d'éclairage photovoltaïque promus par les États eux-mêmes. Cette occurrence serait dangereuse. Espérons qu'elle soit improbable car elle dissuaderait d'aborder les vrais problèmes de l'énergie « pour le développement », car la priorité légitime des autorités de l'État est le développement économique et social dans son ensemble, et les énergies qui lui sont nécessaires, pas le confort domestique.
- Le quatrième est environnemental, c'est de croire que la réduction des émissions de gaz à effet de serre bouleversera les données économiques de l'ERD. La réponse est encore NON, car le panneau PV n'est qu'une petite partie du coût du système décentralisé. Sa valeur en CO₂ évité pourrait, à la rigueur, payer pour lui-même, mais pour lui seul., et encore a-t-on fait l'impasse sur l'énergie qu'il a fallu utiliser pour le produire.

Utopie pour utopie, ne devrait-on pas considérer qu'à terme, étant payé par la valeur de la quantité de CO₂ qu'il évite, le panneau photovoltaïque puisse être simplement **donné** par les pays de l'Annexe I, et ceux-ci crédités de son quota d'émission? ■

bdevin@compuserve.com
edgar.blaustein@wanadoo.fr

Un triporteur à hydrogène pour sauver la planète du réchauffement ?

Les risques du mirage technologique pour les PED

Michel Colombier, IDDRI

Alors que la ratification de la Russie autorise finalement l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto, on assiste, au nom du « progrès technique » à une contestation croissante, au sein même de l'Europe, des principes d'action qui le constituent. Emboîtant le pas de l'administration Bush, les milieux économiques et une partie du monde politique dénoncent le malthusianisme bureaucratique et la courte vue de Kyoto et plaident pour une politique technologique volontariste « à la hauteur du défi scientifique » posé par le changement climatique. A l'ancienne confrontation manichéenne entre bons et méchants (partisans et adversaires de la lutte contre le changement climatique) se substitue ainsi une illusoire alternative entre le processus politique engagé à Kyoto et une approche technologique apparemment plus pragmatique et simultanément plus ambitieuse sur le long terme.

Ce même raisonnement nous revient maintenant en écho du côté des pays émergents, qui s'appuient sur le discours de Delhi pour argumenter que le développement économique est par nature un chemin vertueux dans la lutte contre l'effet de serre, puisqu'il permettra à des sociétés enrichies d'adopter, demain, les technologies décarbonnées futuristes qui permettront de réconcilier l'homme et le climat.

Dans le cas des pays de l'Annexe I, mais plus encore dans celui des PED, cette évolution est d'autant plus inquiétante qu'elle procède de considérations à première vue irréfutables : à moins d'être un adepte du retour au modèle pré-industriel, il est évident que la « décarbonisation » de l'économie mondiale devra s'appuyer sur un socle technologique conséquent, et que la R&D, et même la recherche fondamentale, devront être fortement sollicitées dans les décennies à venir. Le problème est que, contrairement à l'affaire des CFC et de la couche d'ozone, on ne peut dans le domaine du climat faire porter tous les espoirs sur une ou quelques technologies : la maîtrise des émissions de GES renvoie à une multitude de procédés de production et de consommation, de modes d'organisation qu'il sera nécessaire de remettre en cause. Il est de ce point de vue inquiétant de voir l'accent mis dans le débat international sur la production électrique, dont les émissions sont statistiquement dominantes, mais dont les énergéticiens savent bien que la maîtrise de la demande offre autant de perspectives que la « décarbonisation » de l'offre.

La vraie question est évidemment de savoir comment mobiliser la recherche publique comme privée, comment préparer la mise sur le marché de technologies innovantes dans tous les secteurs économiques, côté offre et côté demande... Ceux qui ont suivi les questions énergétiques depuis 30 ans retrouveront là un vieux débat. Ils se rappelleront en particulier combien de fois les Etats Unis ont fustigé – par exemple à l'AIE – les programmes de recherche européen, en plaidant la cause du « market pull » (la stimulation de la demande) et des politiques incitatives, et notamment la « vérité des prix » de l'énergie et l'internalisation des externalités environnementales. Faut-il rappeler que c'est précisément l'objet d'un mécanisme de quotas transférables (ou alternativement d'une taxe) que de créer une valeur du carbone et donc une tension de l'économie génératrice d'adaptations à court comme à long terme ? C'est sur ce principe que les Etats Unis ont imposé l'architecture de Kyoto quand l'Europe cherchait à mettre l'accent sur une coordination des politiques et mesures.

Mais le mythe de la Convention de Montréal est encore très présent dans la communauté diplomatique et environnementale qui négocie le Protocole, et les politiques énergétiques trop déconnectées du processus de Kyoto, pour faire l'économie d'un débat dépassé. Reste que nombre d'interlocuteurs, souvent

de bonne foi, y compris des scientifiques, se font prendre au piège d'une dynamique qui sert avant tout les intérêts de ceux que l'action dérange.

Du point de vue des Pays en Développement, l'attrait de ce discours est d'autant plus fort qu'il profite du désamour croissant pour le processus de Kyoto, né des conditions ambiguës dans lequel a été arraché l'accord de 97, puis alimenté des difficultés et maladroites de la négociation qui s'est poursuivie jusqu'à Marrakech. Faute d'avoir su expliciter, par un travail sur les politiques sectorielles, ce que pouvait signifier une maîtrise de la croissance des émissions de GES dans les pays émergents, l'insistance sur la nécessaire participation des PED au processus global d'engagements quantifiés a surtout été interprétée avec plus ou moins de bonne foi comme une conditionnalité, ou même un frein mis au développement économique de ces pays par le Nord. Comment alors ne pas se laisser séduire, également avec plus ou moins de mauvaise foi, par le mirage d'une sortie de crise par la technologie dont le principal attrait est qu'elle lève toute contrainte d'action sur le court terme et qu'elle place, en apparence, pays du Nord et pays émergents du Sud sur un pied d'égalité pour la maîtrise future des technologies environnementales? Pourtant, à y regarder de plus près, cette voie présente un certain nombre de dangers précisément liés à la déconnexion qu'elle introduit avec une nécessaire réflexion sur le processus de développement.

Un premier décalage saute aux yeux lorsqu'on examine l'approche du GEF (Global Environment Facility) dans les secteurs des énergies renouvelables et des transports. Dans le domaine des transports, il a fallu un rappel à l'ordre du Conseil du GEF pour éviter une polarisation du programme sur la promotion de véhicules à pile à combustible (PAC) alimentés par l'hydrogène au profit d'une ouverture sur l'organisation des transports collectifs, des schémas d'urbanisme, et de la mobilité globale. Les premières versions de ce programme envisageaient prioritairement la diffusion massive de « véhicules PAC à 3 roues » comme solution massive au problème des transports urbains en Asie, oubliant sans doute que le succès actuel de ce type de véhicule vient justement de leur très bas coût et de leur conception rustique permettant à tout un chacun de « bricoler » sa machine. Si cette vision utopique peut prêter à sourire, il n'en reste pas moins qu'une part massive des fonds reste consacrée au soutien de prototypes de bus à pile à combustible qui n'apportent rien aujourd'hui, ni en termes de mobilité, ni même en termes d'environnement global. La seule justification de ces projets est de procéder à des tests en situation réelle de matériels développés par des industriels américains ou européens, et dont les pays du Nord auront également besoin. De façon caricaturale, le programme leur permet de financer leurs coûts de R&D sur les budgets destinés aux pays du sud, et de conforter leur avance technologique sur une future concurrence indienne ou chinoise.

Le second décalage découle du fait que la perspective d'une sortie de crise technologique par la technologie (dont on sous-value systématiquement le coût) exonère d'une réflexion sur les sentiers de croissance énergétique et industriels actuels des PED. Dans des pays où l'essentiel des infrastructures de consommation et de production d'énergie sont à construire dans les décennies qui viennent, l'intensité énergétique de la croissance devrait constituer une variable d'ajustement prioritaire. Les bénéfices climatiques sont évidents, mais ce sont en premier lieu les bénéfices économiques (investissement, pouvoir d'achat) qui devraient justifier ces politiques: à titre d'exemple, le projet développé en Chine par l'Agence Française de Développement (AFD) permet, grâce à une isolation renforcée de la construction neuve, de réduire de 40 % en moyenne la consommation d'énergie (donc les émissions de CO₂) tout en réduisant la facture des occupants, et en diminuant d'un tiers les besoins d'investissement en production d'énergie. De plus, construire aujourd'hui un développement plus sobre est un atout essentiel pour, demain, adopter de nouvelles technologies de production moins émissives, car les besoins d'investissement seront directement proportionnels au dimensionnement des parcs productifs. Négliger aujourd'hui ces opportunités conduit ces pays à devoir se confronter, dans 20 ou 30 ans, à une transition comparable à celle de l'ancien bloc soviétique aujourd'hui, où les coûts économiques et sociaux de l'ajustement énergétique sont énormes.

Dans une négociation internationale où le poids des émissions passées (le « grand fathering ») s'impose inéluctablement comme référence dans le partage des engagements, on peut comprendre que les pays émergents considèrent comme un atout de retarder leur entrée dans le système, et de ne pas réfréner leurs émissions trop rapidement. Mais dans le même temps, et faute de perspective sur l'après 2012, les émissions des pays de l'Annexe I risquent également de croître fortement, réduisant encore les marges de négociation. Il est donc urgent de dépasser ce faux débat entre politiques de maîtrise des émissions à court/moyen terme et développement technologique, et de considérer qu'il s'agit de deux dimensions indissociables de réponse au changement climatique. ■

michel.colombier@cirad.fr

Pourquoi cet engouement ?

D'une confiance aveugle dans les technologies à la nécessité d'une science en conscience

Marie-Christine Zèlem, CERTOP

Pour le sens commun, le progrès technique paraît inéluctable; il semble fonctionner à la manière d'une loi; il est perçu et représenté comme un processus continu qui transforme la condition humaine en l'améliorant: « *l'avenir (paraît) programmé dans une seule direction* » (A GRAS, 2003). Cette conception du progrès paraît dépassée et pourtant, malgré les « dérives » générées par certains procédés technologiques, malgré les nombreuses incertitudes qui pèsent sur la pertinence d'autres technologies, une majorité de l'opinion publique continue d'assimiler technique à science et accorde une grande confiance en une Science salvatrice seule légitime à dire ce qui est bon ou pas pour l'homme. Malgré la multiplication des controverses sur les effets pervers, les incertitudes et les risques engendrés par certaines technologies, comment s'explique cet imaginaire d'une quasi toute puissance des sciences et des techniques? Comment fonctionnent les espaces de démocratie participative inventés pour répondre aux inquiétudes de sociétés de plus en plus inquiètes?

Le mythe du progrès bienfaiteur

Le progrès est avant tout une représentation, une vision du monde qui repose sur deux croyances principales: celle de la maîtrise de la nature et celle d'une émancipation de l'humanité par la technique. Raisonner en terme de progrès suppose d'appréhender la réalité, la vie et le devenir de la société selon une sorte de continuum qui produit du développement, de l'accroissement, du perfectionnement, de l'abondance... Le progrès

est généralement considéré comme nécessaire: il est ce qui donne du sens à l'histoire. Il va alors de soi que le progrès est bon. Il l'est d'autant qu'il participe à allonger l'espérance de vie et qu'il contribue à améliorer le confort de l'homme; preuve intangible de ses bienfaits.

Pour le sens commun, le progrès est décelable dans les innovations qui participent de la transformation de nos sociétés. Il s'incarne dans tous les éléments du confort. Progrès renvoie à Science et à techniques qui représentent le salut de l'espèce humaine. Cela se traduit par l'idée que les technologies, au service de la Science, ont pour but le bonheur, la liberté et le bien-être universels.

Bien avant Descartes et sa célèbre expression « *maîtres et possesseurs de la nature* », c'est une conception linéaire d'une progression scientifique qui tend à dominer. Sauf qu'alors que Descartes préconise de mieux connaître les lois de la nature pour mieux connaître l'homme, des technologies ont été développées pour manipuler la nature et transformer l'homme. En accédant à une maîtrise toujours plus grande du monde et des espèces, l'homme a développé un sentiment de toute puissance. Grâce aux technologies, il atteint une forme de pouvoir supposé l'affranchir de nombreuses contraintes: le génie génétique doit venir à bout des maladies, prolonger la vie et l'améliorer, apporter la « santé parfaite »; l'automate doit libérer l'homme du travail. Emancipation, bien-être et prospérité semblent être les leitmotiv qui justifient cette tendance commune à s'en remettre aux pouvoirs des technologies et à leur faire confiance.

Les utopies technologiques

Chaque innovation, chaque « progrès » est supposé répondre à un besoin particulier, résoudre un problème, avoir tel ou tel effet espéré. De fait, les technologies, notamment celles que l'on nomme les « nouvelles technologies », représentent des enjeux qui s'organisent autour de grands domaines de l'imaginaire social: la prospérité économique, le confort chez soi et au travail, le savoir universel, le recul de la mort, la justice sociale, la restauration du lien social et la solidarité planétaire. A ces domaines, on pourrait ajouter la quête du pouvoir qui caractérise les « grands acteurs », ceux qui disposent déjà du pouvoir économique et du pouvoir d'imposer une décision. Ces domaines de l'imaginaire social se réfèrent eux-mêmes à quelques grands registres de l'utopie: la liberté, l'intelligence, l'immortalité, l'égalité, la communauté, l'abondance et le bien-être universellement partagés. Comme si les technologies portaient en elles des pouvoirs magiques.

Ces registres sont systématiquement activés dès lors qu'il s'agit de justifier l'intérêt de développer telle ou telle technologie. Parce qu'ils sont porteurs d'espoir et qu'ils exorcisent les démons que sont les méfaits du progrès, ils sont régulièrement convoqués par le tout un chacun. Ils le sont par les scientifiques eux-mêmes, notamment lorsqu'ils doivent donner leur avis en tant qu'experts mandatés par tel ou tel laboratoire, institution ou gouvernement. C'est ainsi que la même utopie circule du savant, devenu expert, aux acteurs-décideurs qui se sentent autorisés à poursuivre leurs projets de domination (économique, politique ou symbolique) en investissant dans ces technologies.

La difficulté vient du fait que ces choix politiques se décident à l'échelle des Etats qui, en concurrence permanente sur l'échiquier politique, raisonnent de manière très anthropocentrée, soit au nom d'enjeux économiques présentés comme indiscutables, soit au nom de l'urgence. Le progrès technique est investi d'une sorte de mission: asseoir la supériorité scientifique, économique et politique du pays, garantir la liberté nationale tout en assurant la paix sociale intérieure. Si par ailleurs il aide à réduire les menaces qui planent sur l'humanité, tant mieux et c'est ce que l'on met en avant, mais au fond, ce ne semble pas être une priorité. Ainsi, lorsqu'il s'agit de garantir une hégémonie économique ou/et géopolitique, et bien que cela soit en train de changer quelque peu, il est rarement fait état des effets excessive-

ment complexes et des coûts engendrés par certains choix technologiques: changement climatique, épuisement des matières premières, troubles sociaux, risques en tous genres, autant de coûts directs auxquels il convient désormais de rajouter des coûts indirects tels que les dépenses dans le domaine de la santé, les compensations à envisager, les multiples précautions à prendre, les institutions à créer...

En fait, le principe des utopies technologiques est de servir de moteur aux innovations. Elles fonctionnent sur des registres qui varient selon les époques. Aujourd'hui par exemple, elles se construisent sur l'idée de redonner sens aux vies privées, de fabriquer des hommes parfaits. Hier, elles visaient à (re)construire du lien social et prônaient le développement des réseaux et méta-réseaux; l'intérêt général étant toujours mis en avant, au cœur du politique et du social. Mais, quels que soient leur époque et les enjeux annoncés, ces utopies tendent à s'organiser autour de « *grands paradigmes de la déraison* » (J. ELLUL, 1988): la croissance à tout prix, la volonté de tout normaliser, l'obsession du changement permanent (et son corollaire la vitesse) et surtout cette absence totale de mise en question des enjeux poursuivis (pour qui? pourquoi? comment, à quel prix et avec quelles conséquences?).

Le progrès technique pour le meilleur et pour le pire ?

De fait, nos sociétés semblent « *organisées par et pour la science et les techniques* » (D. BOURG, 1997). A la fois chance et péril, elles fascinent et inquiètent. Elles sont tout autant porteuses d'espoirs que de dangers. Elles conduisent cependant à questionner les divers sens de la technicisation de la société et plus particulièrement ce qui motive les choix des « grands acteurs »; non pas ceux qui pensent les technologies, mais ceux qui les commandent et les soutiennent. « *La technique peut devenir idéologie* (parce qu'elle semble porter à elle seule le poids de l'avenir de nos sociétés et) *parce que la connaissance devient à travers elle enjeu de pouvoir* » (L. SFEZ, 2002).

En réalité, le Progrès en soi n'existe pas et les progrès observés sont tous très relatifs: soit ils ne bénéficient pas à tous de la même manière, soit ils se réalisent au détriment d'autres sociétés. Il n'y a de progrès que situés, rattachés à un contexte (social, économique, géographique,

démographique, technologique, sanitaire, politique...). Tout progrès résulte d'une certaine conception du monde qui dissimule des stratégies développées par les acteurs économiques et politiques... J. Ellul parle de « bluff technologique » pour décrire combien ces stratégies, ces discours sur la technique, sont invisibles à l'homme ordinaire, fasciné qu'il est par les prouesses qu'il peut atteindre grâce aux progrès techniques. Pourtant, nous sommes résolument entrés dans l'ère du soupçon (J.-J. SALOMON, 1986) face aux coûts humain, social et moral générés : pollution, diminution de la biodiversité, risques alimentaires, technologiques et industriels, eugénisme... Car les technologies ne se contentent pas de résoudre des problèmes et d'apporter des solutions. Elles créent de nouveaux problèmes et font de l'homme une sorte d'apprenti sorcier. D'où la crainte du monstre créé par le docteur Frankenstein : la créature peut échapper au contrôle de son concepteur. Mais, sitôt activé, ce mythe qui relève de la science-fiction, est remplacé par un autre mythe, plus optimiste : celui du scientifique libérateur, à l'image d'Albert Einstein qui, figuré sur T-shirts et posters tirant la langue, semble faire un pied de nez aux gouvernants. En posture de ne plus maîtriser les conséquences techniques de ses propres découvertes, le savant est à nouveau déifié, cristallisant tous les espoirs d'être sauvés. Ce symbole du chercheur qui se rebiffe contre les (mauvais) usages des découvertes scientifiques fonctionne comme une sorte d'exorcisme face aux peurs engendrées par les « dégâts du progrès ».

Cette ambivalence latente et récurrente (croire en la science, en sa neutralité, mais craindre les usages mal contrôlés de ses découvertes) se retrouve dès lors qu'on aborde la question des technologies proprement dites. On pense alors par exemple à l'intelligence artificielle qui renvoie à l'idée d'une super machine qui se met à penser et qui commande le monde, à l'instar d'un « *Big Brother* ». On pense aussi à l'usage des biotechnologies qui permettraient, par une série de mutations, de créer un homme sain, une sorte de mutant. En outre, l'idée de voir l'individu « formaté », programmé, modifié... renvoie à un univers de démesure qui fait peur car les connaissances scientifiques seraient mises au service d'une technocratie (au sens de la technique organisatrice) échappant au contrôle de l'homme.

Les désillusions du progrès technologique.

La menace des dérives technologiques génère une suspicion. Ne parle-t-on pas d'ailleurs de « manipulations » génétiques? Ces manipulations inquiètent parce qu'elles mettent en péril l'identité et l'intégrité de l'homme. Il en va de même pour tous les usages incontrôlés de certaines technologies. Ce contexte a suscité de nombreuses réflexions au sein même de la communauté scientifique. Ainsi, en réponse à l'appel d'Heidelberg (Sommet de Rio, 1992) qui soulevait la question de « *l'émergence d'une idéologie irrationnelle qui s'oppose au progrès scientifique et industriel et nuit au développement économique et social* », (*Le Monde*, 3 juin 1992) un groupe de scientifiques a mis en garde la communauté internationale contre les tentatives dévastatrices d'une idéologie technicienne inféodée aux pouvoirs politiques et/ou économiques. Ces savants dénonçaient les tentatives d'instrumentalisation de l'expertise scientifique. Ils revendiquaient les conditions d'un contrôle démocratique du développement technologique. Ils mettaient en avant la nécessité, vitale pour l'humanité, d'inscrire toute réflexion dans la logique du principe de précaution. Il s'agissait « *d'instaurer un espace dialectique qui articule connaissances, incertitudes et ignorances avec les options politiques envisageables* » (P. ROQUEPLO, 1997), sans privilégier la recherche de l'efficacité technique ou économique.

De fait, alors qu'on questionne de plus en plus les méfaits de la croissance, ceux de la mondialisation ou les effets pervers de la course vers toujours plus de confort, en filigrane, c'est le bien-fondé du développement de certaines technologies, soutenues au nom du Progrès, qui est devenu objet de controverses. Les effets réellement induits ou projetés par certaines d'entre elles sont ambivalents et éthiquement discutables. Pourtant si cela suscite bien des craintes, la mobilisation concrète reste concentrée entre les mains de quelques « intellectuels » et groupes organisés.

Parmi les facteurs qui freinent toute protestation massive de la part de l'opinion publique, on trouve le poids du préjugé selon lequel critiquer les projets scientifiques serait une entreprise de régression civilisationnelle. Car, mettre en cause le progrès, c'est remettre en cause ce qui le symbolise, c'est à dire le confort, l'efficacité, la communication, la mobilité, la santé, la rapidité, le

« développement »... Pèse aussi la certitude du caractère irréversible de la trajectoire technologique (le progrès technologique étant pensé comme un « allant de soi »); ce qui justifie des dérives d'autant plus faciles à occulter qu'elles sont lointaines (dans l'espace et surtout dans le temps). Ajoutons à cela le mythe de la transparence largement alimenté par les médias: le grand public, qui forge son opinion à partir de la masse d'informations diverses qu'il reçoit, n'a pas toujours conscience de la capacité des médias à traduire, sélectionner et reconstruire les réalités et les enjeux scientifiques. Enfin, « le grand public » s'exprime peu car, même s'il se sent otage, d'une part il se réfugie derrière l'illusion de la neutralité de la technique, d'autre part, ses savoirs ne sont pas reconnus. Surtout, il se heurte à la capacité du pouvoir légitime à confisquer la parole du citoyen, du moins à la cantonner à s'exprimer à l'occasion de tribunes savamment contrôlées.

C'est donc toute la question de la technocratie qui continue de prendre les décisions et fait les grands choix « à l'insu » qui est soulevée. C'est ainsi que l'on voit nombre d'exemples de surdéterminations politiques de l'expertise scientifique, de réglementations mises en place indépendamment de l'état des savoirs sur les problèmes à traiter. Comme exemple respectueux d'un certain principe de précaution, on peut citer l'obligation, faite en 1985 par Bruxelles, aux constructeurs automobiles d'installer un pot catalytique sur tout véhicule mis sur le marché (sans que les experts aient validé un lien de cause à effets entre les gaz d'échappement et le dépérissement des forêts européennes, pourtant à l'origine du débat). Comme exemple d'une soumission aux intérêts industriels, on peut citer l'autorisation donnée en 2002, par le Conseil des Ministres français, de l'usage sans étiquetage des OGM dans les produits alimentaires dès lors qu'ils ne dépassent pas le seuil de 0,9 %.

Face à l'incertitude et aux mobilisations de plus en plus visibles des citoyens, les pouvoirs publics mettent en avant des arguments technico-économiques pour imposer leurs décisions. Leur principale mission est de rassurer l'opinion... sans pour autant résoudre le problème soulevé. Les projets technologiques qui en découlent sont alors présentés sous le registre de l'amélioration, du perfectionnement, avec pour corollaire, la capacité à résoudre des problèmes majeurs de notre société comme celui de l'épuisement des énergies fossiles. C'est exactement ce type de dis-

cours qui sous-tend le projet d'ITER (le réacteur à fusion nucléaire supposé reproduire sur Terre l'énergie du Soleil), tout comme le projet de l'EPR (European Pressurized Reactor) qui n'est rien d'autre qu'une nouvelle centrale nucléaire. Ces deux projets sont en réalité appelés à devenir des vitrines technologiques pour leurs promoteurs qui supportent mal la critique qui, au-delà du « comment », porte nécessairement sur le « pourquoi faire ». Au fond, cette dernière interrogation soulève le problème de la confiscation du progrès technologique par les lobbies et son orientation vers des intérêts qui ne rejoignent pas nécessairement l'intérêt général.

L'illusion d'une « démocratie technique »

Echappe aux non spécialistes le caractère dynamique de la production des savoirs et des technologies, fruits d'intermédiations et d'imbrications complexes de champs professionnels ou institutionnels différents. L'opinion publique est désarmée face au développement technologique et à l'incapacité des experts à rassurer. Elle est angoissée face à la multiplication des controverses scientifiques. Pire, elle est désemparée lorsqu'elle voit combien les progrès scientifiques sont en fait l'objet d'un jeu social, fortement entretenu par les médias, qui voit s'affronter politiques, industriels, groupes de pression et scientifiques eux-mêmes. C'est de l'interface entre la technocratie et les citoyens dont il est en fait question avec pour revendication principale une forme de « science en conscience ». C'est en ce sens que se sont développés peu à peu des « forums hybrides », espaces de dialogue au sein desquels savoirs et décisions font l'objet d'échanges entre représentants du monde politique, scientifiques, grand public, groupes de pression et médias. Ces forums sont des espaces de négociation pour définir ce qui fait problème, les acteurs concernés (par un risque par exemple) et les types de connaissances à produire, les solutions techniques à inventer et les normes à construire.

Ces forums soulignent la nécessité de déplacer le débat. Faut-il continuer de raisonner en terme d'acceptabilité sociale des menaces et autres externalisations négatives qui accompagnent tout développement technologique? Ne devrait-on pas plutôt sortir du débat technologique pour questionner la pertinence des solutions techniques préconisées, quand elles ne sont pas

imposées, par le politique? C'est des réflexions suscitées par ce type de questionnement que sont nés les comités d'éthique. Ils ont pour fonction de produire des points de vue collectifs au regard de certains projets scientifiques et techniques ou vis-à-vis des utilisations éventuelles de telle ou telle technologie. Mais, il est fort à craindre que ces instances de négociation ne modifient guère la distance entre les décisions prises et leurs conséquences.

C'est d'ailleurs le constat que nombre d'analystes font aujourd'hui. Divers forums, conférences de citoyens, comités consultatifs pour l'évaluation des technologies, comités de bio-vigilance, commissions locales d'information et autres auditions publiques autour des risques industriels par exemple... ont été expérimentés. On a bien vu davantage de (représentants de) citoyens s'associer aux réflexions. Mais ces arènes ont surtout démontré que, si elles conduisent bien à reconnaître la légitimité des craintes émanant de profanes, les données scientifiques demeurent peu accessibles au citoyen ordinaire: le débat reste confisqué au nom de la compétence et contre « l'irrationalité ». En outre, ces formes de « démocratie technique » semblent n'avoir pour seule

finalité que de produire des compromis (construire des normes socialement consenties) et créer un climat d'acceptabilité sociale qui garantit la poursuite des intérêts économiques.

La technique n'est pas neutre socialement. Cela justifie la nécessité d'exiger une réflexion de fond: à quoi cela va-t-il servir? Quels enjeux pour l'homme et/ou la société? N'y a-t-il pas une alternative possible? Pourquoi agir dans l'incertitude? Pourquoi les risques et dangers devraient-ils faire partie de notre univers alors qu'ils peuvent être évités? Pourquoi sociétiser ces menaces, au risque de les banaliser pour tomber dans une véritable société du risque? Pourquoi ne pas systématiquement faire basculer la technique et la science du côté du débat social? Pourquoi en effet, ne pas remettre en question la violence symbolique exercée par des représentations du monde de l'ingénieur et du politique? Pourquoi ne pas reconnaître une légitimité réelle aux savoirs profanes qui auraient alors le droit de dire de quelles technologies ils ont besoin, à quel univers ils aspirent? ■

zelem@univ-tlse2.fr

Bibliographie:

- BECK, U.** (2001), *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité.* Paris, Alto-Aubier.
- BOURG, D.** (1997), *Nature et technique. Essai sur l'idée de progrès.* Paris, Hatier.
- CALLON, M. et alii** (2001), *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique.* Paris, Le Seuil.
- DUCLOS, D.** (1989), *La peur et le savoir: la société face à la science, la technique et leurs dangers.* Paris, La Découverte.
- DUPUY, J.-P.** (2002), *Pour un catastrophisme éclairé.* Paris, Le Seuil
- ELLUL, J.** (1988), *Le bluff technologique.* Paris, Hachette.
- GRAS, A.** (2003), *Fragilité de la puissance. Se libérer de l'emprise technologique.* Paris, Fayard.
- ROQUEPLO, P.** (1997), *Entre savoirs et décision, l'expertise scientifique.* Paris, INRA.
- SALOMON, J.-J.** (1986), *Les enjeux du changement technologique.* Paris, Economica.
- SFEZ, L.** (2002), *Technique et idéologie. Un enjeu de pouvoir.* Paris, Seuil.
- TESTARD, J.** (2001), "Les experts, la science et la loi", *Manières de voir*, (59).
- THEYS, J., FABIANI, J.** (dirs.), (1987), *La société vulnérable.* Paris, ENS.
- THEYS, J., KALAORA, B.** (dirs.), (1992), *La terre outragée.* Paris, Ed Autrement.
- SCARDIGLI, V.** (1992), *Les sens de la technique.* Paris, PUF.

Scientifiques, citoyens, médias : un jeu de rôle très confus

Dominique Chouchan, Journaliste scientifique

En science comme en politique, les médias sont régulièrement accusés de faillir à leur devoir d'information. Sommés de réagir dans l'instant, ils sont de plus en plus confrontés au risque de privilégier la communication au dépens d'une information critique. Mais au-delà de contraintes multiples (audimat, atteintes à l'indépendance rédactionnelle des journalistes, concurrence des sources d'information par internet...), il s'instaure souvent une forme de contrat tacite entre les choix rédactionnels et les attentes supposées ou réelles du public sur des questions de société aux tendances lourdes, par exemple celles liées à l'énergie. La mise en scène médiatique reflète alors pour partie l'état de santé de notre société, ses choix et ses aveuglements.

« Soyez réalistes, demandez l'impossible »

Autres temps, autres utopies. Ce graffiti parmi d'autres a orné les murs de nos villes, il y a à peine plus de 35 ans. Les rêves fous d'une époque, qui en appelaient à l'imagination au pouvoir, se sont évanouis, balayés. Les utopies sont mortes, ou du moins en sommeil. On nous parle danger, risques, catastrophes, précaution, sécurité, mondialisation..., autant d'« évidences » qui encadrent la pensée par leur trop plein d'évidence, et sur lesquelles tous semblent néanmoins s'accorder, que ce soit en qualité de politique, de citoyen, de journaliste ou de scientifique. Dans la sphère publique, au chevet de la société souffrante, le discours politique s'efface devant celui de l'expert, de la même manière que dans la sphère privée, auprès du corps malade, se presse une multitude de spécialistes. Tout concourt à nous convaincre que la (les) solution(s) sera(ont) technologique(s), ou ne sera(ont) pas. Les réponses techniciennes s'infiltrant dans tous les espaces laissés vides d'une pensée de l'individu et du politique. À qui la faute? À des hommes politiques cyniques? À des scientifiques irresponsables? À des médias complices? À des citoyens abusés?

Les dangers du déterminisme technicien

Un petit détour pour commencer. Le passage d'un millénaire à l'autre revêt une importance très particulière dans l'imaginaire humain. Le passage au troisième millénaire n'a pas fait exception. Il était même investi du désir d'en découdre avec un siècle de barbarie, où celle-ci avait atteint des sommets inégalés. Non pas du fait des progrès de la technique, mais avec l'aide éventuelle de celle-ci. Certes le radicalisme méthodique des moyens employés dans les camps nazis (dépersonnalisation, expérimentation médicale, chambres à gaz...) doit pour une part son accomplissement à une certaine forme de rationalité technicienne, tandis que l'assassinat massif de civils à Hiroshima et à Nagasaki apportait la démonstration emblématique du pouvoir de destruction du génie humain. Mais les millions de morts de l'ère stalinienne, les tortures en Algérie, ou les massacres collectifs perpétrés au Rwanda n'ont guère sollicité de prouesses techniques. Il faut donc se garder des déterminismes hâtifs, pour le meilleur comme pour le pire.

Revenons au « meilleur ». Le progrès technique contribue à une amélioration des conditions d'existence des humains, nul n'en doute. Elle ne saurait se substituer à un quelconque projet socio-politique, chacun en conviendra également. Les exemples sont là encore pléthore. Il n'est que de songer aux espoirs des trente glorieuses, où l'on imaginait que la machine allait affranchir l'homme des tâches fastidieuses et dangereuses, voire lui ouvrir les portes d'une liberté jusque-là inconnue. La machine est venue, mais les progrès espérés sont loin d'être à la hauteur des attentes.

Utopies ou fantasmes ?

Les grandes promesses d'une technique salvatrice ont rarement été tenues. Pourtant, le rêve perdure, à l'insu de toute mémoire, de tout constat de déjà-vu ou de déjà vécu, de l'expérience accumulée, des milliers de pages écrites sur le sujet (voir par exemple sur l'énergie : de J-Cl. Debeir, Jean-Paul Deléage et Daniel Hémerly, « Les servitudes de la puissance. Une histoire de l'énergie », Flammarion, 1986). Parmi les promesses d'aujourd'hui : les techniques qui vont résoudre les problèmes d'énergie, de faim dans le monde, du vieillissement, des maladies génétiques, des cancers..., auxquelles s'ajoute depuis peu le « messianisme » nanotechnologique. Qui pourrait renoncer à de telles perspectives? Ces rêves sont d'ailleurs loin d'être l'apanage de l'homme moderne, ils datent souvent de quelques millénaires. Sont-ce là des utopies? Ou s'agit-il plutôt de fantasmes, auxquels répondent et ont répondu, de tout temps, les fantasmes de ceux qui prônent la peur et le retranchement sécuritaire?

Le fantasme, plus proche du mythe que de l'utopie, est sans nul doute un moteur puissant du génie humain. Dans un tout autre domaine que celui de l'énergie, l'informatique, on sait l'obsession d'Alan Turing - « Les machines peuvent-elles penser? L'ordinateur a été inventé, induisant une véritable révolution technique. Il n'existe toujours pas de machine à penser, du moins à ce jour. Le mythe, ou le fantasme, perdure cependant, il n'est que de prêter attention aux recherches menées sur les robots autant qu'aux réactions qu'elles suscitent, fascination et craintes s'entremêlent, dans et hors le milieu scientifique.

On pourrait multiplier les exemples : le fantasme ou mythe de l'éternelle jeunesse (les recherches sur le vieillissement et leurs pilules miracles sont très médiatisées et très populaires), celui d'un langage universel (la mort passée ou annoncée de dizaines de langues n'émeut que quelques spécialistes), et enfin celui d'une énergie illimitée. Le seul rêve récent à dimension technique qui se soit apparenté à une utopie fut sans doute celui, juste après guerre, de l'inventeur de la cybernétique, le mathématicien Norbert Wiener. « Il voit dans l'avènement d'une société structurée autour de l'information une façon d'empêcher que ne se reproduise la barbarie du conflit qui vient de se terminer » (Armand Mattelard, Histoire de l'utopie planétaire, La Découverte, 1999). Mais il pense aussi, poursuit Mattelard, que la condition essentielle est d'empêcher que le pouvoir et l'argent n'entravent la circulation des machines à communiquer. Le rêve fut de courte durée.

La science nous renvoie notre image...

Ce qui caractérise notre monde contemporain, ce n'est donc pas tant la nature de ces fantasmes, ni la structure de l'imaginaire individuel et collectif qui les sous-tend, que le transfert de croyances qui s'est produit. Dans la Grèce ancienne ou du temps des pharaons, on en appelait aux dieux pour réaliser de tels rêves. L'humanité en appelle aujourd'hui à la technique et à celle qui est perçue comme sa tête pensante, la science. Source de tous les bienfaits pour les uns, de tous les maux pour d'autres, ou des deux à la fois, la science rassure autant qu'elle terrifie, ce que l'éminent historien des sciences Jacques Roger avait formulé à sa manière : « La science nous renvoie notre image : c'est en nous regardant dans ce miroir que nous nous faisons peur ».

Lue à la lettre, cette phrase suggère l'idée selon laquelle, contrairement aux idées reçues, l'image d'une science enfermée dans sa tour d'ivoire est peut-être moins évidente qu'il n'y paraît. Qu'il s'agisse de recherche théorique (origine de l'univers, de la vie...) ou de recherche plus finalisée, les orientations de recherche traduiraient plutôt des désirs/fantasmes partagés par la société dans son ensemble. Cela est particulièrement clair dans les sciences de la vie contemporaines, et notamment en génétique, dont le statut privilégié et le succès auprès du public n'ont d'égal que la puissance des métaphores dont elle se pare. C'est dans ce contexte que doivent s'envisager les relations complexes, de séduction/répulsion, qu'entretiennent médias, citoyens, scientifiques. La théorie du complot, d'où qu'il vienne, ne sert qu'à faire l'impasse sur la(les) question(s), ou à apporter des réponses à des questions mal posées.

Pourquoi un tel transfert sur la science et la technique, et, d'une certaine manière, un tel détournement de la dimension existentielle, éthique et politique des questions humaines? Cette interrogation appelle évidemment plusieurs réponses. L'une d'entre elles, la plus immédiate, tient à la formidable efficacité, notamment depuis un peu plus d'une cinquantaine d'années, dont a fait preuve la technique, avec l'aide de la science, dans la maîtrise de la nature et l'affranchissement de l'homme de quelques aléas naturels, du moins dans les pays industrialisés. À tel point qu'une partie de l'humanité (dans et hors le milieu scientifique) a bien cru, et croit encore, que le progrès social représente le corollaire « naturel » du progrès scientifique et technique.

Certitudes en déroute

Mais il s'est produit deux grands chocs, après la Seconde Guerre mondiale. Le premier date du début des années 1970, avec la prise de conscience des limites de notre planète et de sa fragilité. Le second date du début des années 1990. Avec l'écroulement de l'empire soviétique, et surtout de son idéologie, une partie de l'humanité se trouvait brutalement privée d'utopie politique, aussi assassine fût-elle (et dont les effets désastreux sur la pensée de l'utopie et la pensée tout court perdurent jusqu'à ce jour). Chacun se sentait à la fois orphelin d'une certaine conception de la nature, qu'il croyait domptable, et d'un réel débat sur un projet de société (au-delà des quelques nuances entre néolibéralisme de droite et néolibéralisme de gauche). La nature prenait sa revanche. Et le contrat social entre les hommes devait être repensé... mais cette fois à l'échelle planétaire. L'Etat-nation avait constitué une solution politique rationnelle pour organiser la sécurité vitale de ses habitants (au plan alimentaire, de l'hygiène, de la santé, des besoins énergétiques...) et leur sécurité militaire, ainsi que pour établir des règles de solidarité entre les individus d'une même région. Les problèmes d'aujourd'hui (accès à l'eau, à l'énergie...) ne peuvent trouver de solutions que dans une approche mondiale. C'est aussi à ce prix que la notion d'Etat-nation démocratique pourra conserver sa pertinence.

Les démocraties occidentales ou de modèle occidental, qui ont opté pour l'économie de marché, sont donc confrontées à de multiples contradictions et paradoxes, qui méritent d'être affrontés en tant que tels au lieu d'être occultés ou contournés au profit d'une approche strictement technicienne. En matière d'énergie, ces contradictions risquent de s'accroître à la faveur de la libéralisation du marché, dont l'acceptation transcende pour une part les clivages politiques, et cela une trentaine d'années à peine après la dérégulation du marché financier. Ce rapprochement n'est évidemment pas fortuit. L'énergie est le moteur de toutes les activités humaines, depuis l'assainissement de l'eau douce ou le dessalement de l'eau de mer, jusqu'aux activités industrielles et aux transports, en passant par l'activité agricole, de même que la finance fonde toute l'activité économique. L'équivalence entre les deux se concrétise notamment par les droits à polluer.

Quel principe de précaution ?

Parmi les contradictions, et pas des moindres : le décalage entre une demande croissante d'énergie dans ces mêmes démocraties, et les discours tenus de toute part sur les droits d'accès des pays pauvres à l'eau et à l'énergie, et sur les problèmes environnementaux globaux (effet de serre) ou régionaux (risques et déchets nucléaires), tout cela dans un contexte de ressources limitées. Par exemple en France, depuis la canicule de 2003, on redoute des pics de consommation d'énergie en été, essentiellement sous l'effet de la demande des consommateurs (la demande sociale) similaires à ceux enregistrés en hiver. Au mépris de toute logique, du moins celle affirmant la nécessité de modérer les consommations d'énergie inutiles, les Français se sont massivement jetés en 2004 sur les climatiseurs et autres systèmes du même genre. Du jour au lendemain, ces objets sont apparus comme de première nécessité, alors qu'ils ne l'étaient de fait que pour des populations à risques (personnes âgées, malades, fragiles...).

Aucune technologie actuelle, qu'elle soit nucléaire, éolienne ou géothermique ne peut résoudre cette contradiction. Même un saut technologique majeur, jamais à exclure (on se souvient de l'excitation autour de l'annonce de la fusion froide, mais aussi de l'enthousiasme suscité par la découverte des matériaux supraconducteurs) ne nous apportera au plus qu'un sursis. Ce qui ne dispense évidemment pas d'étudier les bénéfices/risques de chaque option technique. Mais la précaution, si tant est que l'on souscrive à la pertinence de ce principe, voudrait sans doute que l'on s'interroge prioritairement pour savoir si, après la domination du marché de l'eau minérale par trois multinationales dans le monde, on accepte qu'il en soit de même pour l'énergie, avec des prix compétitifs pour les pays riches et insoutenables pour les pays pauvres.

Autre contradiction des systèmes démocratiques, qui suscitent l'envie de nombre de pays muselés : la perception de plus en plus négative des « médias », terme d'ailleurs souvent employé pour désigner indifféremment les médias télévisuels, écrits, radiophoniques, internet. Il est hors propos ici d'en faire l'apologie ou le procès. Mais quelques exemples permettront d'apporter un éclairage sur l'extrême ambiguïté et confusion de chacun à ce sujet.

La demande faite aux médias

Sur les problèmes liés à l'énergie comme sur d'autres, on peut bien sûr relever nombre d'erreurs et carences, plus ou moins graves. On se souvient par exemple de l'étude épidémiologique, publiée début 1997 dans le *British Medical Journal* (BMJ) par Jean-François Viel, sur les cas de leucémies d'enfants vivant à

proximité de l'usine de La Hague (voir de J.-F. Viel, *La santé publique atomisée*, La Découverte, 1998). Les médias français ont alors clairement failli à leur mission d'information, alors que l'épidémiologue se voyait diffamé par certains de ses confrères et par l'establishment nucléaire. A l'inverse, sur un tout autre thème, la presse écrite a alerté sur les risques pour certaines populations du vaccin de l'hépatite B (voir d'Eric Giacometti, *La santé publique en otage*, Albin Michel, 2000). Elle a immédiatement fait l'objet de violentes accusations et dénégations de la part de membres de l'establishment scientifique, aux dépens de l'argumentation, des dénégations que sont pourtant venus moduler, voire contredire des études scientifiques sérieuses ultérieures.

Troisième exemple, relevé dans *La Recherche*. En décembre 1995, on y lit un article du physicien américain Richard L. Garwin intitulé « Les essais nucléaires ne sont plus nécessaires ». Deux mois auparavant, un éditorial de la revue traitait du même sujet. En février 1996, au courrier des lecteurs, diverses réactions. En particulier, un lecteur s'indigne: « [...] J'espérais que *La Recherche* serait en mesure d'exprimer un rejet lucide mais non moins énergique de ce genre d'aventure arriérée [...] ». Un autre lecteur s'indigne, mais dans le sens inverse: « Contrairement à l'avis de votre lecteur [le précédent, ndlr], je suis surpris que votre revue n'accorde ses colonnes qu'aux anti-nucléaires, sans soumettre au lecteur des informations de sources pro-essais [...] ». Manifestement, ces lecteurs semblent attendre que « leur » média n'ouvre ses colonnes qu'à un point de vue particulier. Au point de produire deux perceptions opposées du média visé (pro-nucléaire et anti-nucléaire). Ce dernier exemple ne manque pas d'induire un certain nombre d'interrogations, sur ce que le lecteur lit, ou veut *a priori* lire, sur ce que l'auditeur veut entendre, ou le téléspectateur voir, là encore aux dépens de toute mise en débat. La question vaut bien au-delà des questions de science.

Les médias comme symptôme

Sur les problèmes d'énergie, à la fois vitaux et très complexes, il se peut que la tendance soit à attendre des médias des énoncés qui libèrent de la responsabilité d'affronter le réel. Ce réel ne se résume pas, loin s'en faut à un débat pour ou contre le nucléaire (fission ou fusion), l'éolien, l'hydrogène..., mais nécessite vraisemblablement une véritable révolution dans la pensée et dans les pratiques, ainsi que dans les choix politiques de nos démocraties. À cet égard, on reste médusé par la visite du site très officiel sur la fusion thermonucléaire qui diffuse une propagande digne d'un temps que l'on eût cru révolu.

À l'heure où le désastre qui s'est abattu sur l'Asie du Sud-Est a frappé les esprits, tandis que, entre autres, le sida progresse inexorablement dans les pays pauvres, l'imagination et surtout la prise de conscience politique à tous les niveaux s'imposent plus que jamais. Cela fait déjà une vingtaine d'années que François Ramade a publié son ouvrage traitant d'événements catastrophiques. Une vingtaine d'années qu'il a souligné l'inégalité des peuples devant les catastrophes naturelles, qui n'ont souvent de naturelles que le facteur déclenchant, l'extrême pauvreté associée à une surpopulation faisant pour une bonne part le reste (voir de François Ramade, *Les catastrophes écologiques*, McGraw-Hill, 1986).

Il est mille autres choses que l'on a lues ou vues, notamment dans les médias, et que l'on a tendance à oublier, à occulter, ou à ne pas vouloir savoir, par simple réflexe individualiste ou par sentiment d'impuissance... Exemple parmi d'autres, d'après *Le Monde* daté du 29 décembre 2004: avec la levée des quotas sur le commerce du textile au 1^{er} janvier 2005, quelques millions de personnes vivant directement ou indirectement du textile... au Bangladesh, pourraient se retrouver encore plus démunis. Hors sujet? Nous sommes à une période charnière. Soit les démocraties et leurs acteurs politiques et citoyens poursuivent leur fuite en avant et continuent de reléguer les problèmes de fond au registre de la technique (comme ceux de l'énergie) ou de l'humanitaire, soit elles prennent l'initiative de reconsidérer le projet démocratique et certaines règles du contrat social et politique, à l'aune d'une perspective mondiale. Cela suppose d'être critique sur toutes les formes de communautarisme, que ce soit le jeunisme, le seniorisme, le scientisme, le citoyennisme... Les termes du débat, y compris dans les médias, y gagneront en clarté. ■

cbouchan @club-internet.fr

Traquer l'utopie ?

Bernard Devin, Consultant

Lorsqu'on rêve tout seul ce n'est qu'un rêve, alors que lorsqu'on rêve à plusieurs c'est déjà une réalité. L'utopie partagée, c'est le ressort de l'histoire.

Don Helder Camara

Des utopistes confirmés et conscients de l'être ont eu cette jolie phrase: *Le propre de l'utopie, par rapport à la chimère ou à l'idéal, c'est qu'elle s'incarne partiellement dans le temps et dans l'espace.* (Alternative Libertaire, *L'anarchie une utopie mobilisatrice*). On peut lire ailleurs: *L'utopie n'est que le nom donné aux réformes lorsqu'il faut attendre des révolutions pour les entreprendre* (Jacques Attali dans *Fraternités*). C'est toujours une relation au temps. Ou encore: *C'est avec les utopies que l'on construit l'avenir et avec les rêves qu'on avance* (Michel Boujenah – d'une émission radio octobre 2000). Là c'est la force mobilisatrice.

Une bonne partie de ce qui nous interroge dans ce numéro a des résonances dans ces quelques citations. Retenons simplement: *la relation au temps et à l'espace*, le caractère mobilisateur, et la nécessité d'une révolution.

Mais peut-on juger d'une Utopie ?

Pourquoi s'en préoccuper d'ailleurs? Si l'on pouvait tout faire, il n'y aurait nul besoin de hiérarchiser les priorités et les efforts que l'on consent à la préparation des futurs possibles. Dans l'espace limité de l'échelle « nationale », peut-on encore raisonner sainement? les enjeux de pouvoir et de prestige n'en sont-ils pas, par la force de la *Convention*, transposés à l'espace européen? Et ne serait-ce pas à ce niveau que la sélection des utopies à construire se ferait plus sainement. Est-ce utile, en cette année du « 380 » de citer Airbus, après Concorde et les retombées non calculées d'une Utopie féconde?

Jauger et juger une Utopie, c'est la faire scruter au travers de *critères*, plus ou moins précis, par les groupes ou les individus qui en sont les *parties prenantes*.

Des **critères** d'appréciation sont évoqués dans l'éditorial de ce numéro. Ce sont les facettes brillantes qui décorent la promotion des thèmes examinés. « Éclats d'utopie » techno-économiques: *« résoudre entièrement, très faible coût, totale innocuité, dynamique temporelle, implantations possibles, retombées, bénéfique au corps social, bénéfique aux chefs de guerre »*. « Éclats » ontologiques: *besoin de rêve, primeur à l'imagination, substitut aux idéologies anciennes*. Les critères techniques se pondèrent l'un l'autre: c'est l'évaluation du « risque à courir » pour un avenir meilleur. Les critères ontologiques sont les leviers inexprimés des choix politiques.

Les **parties prenantes**. Ce sont toutes celles qui disposent d'un pouvoir décisionnel, réel ou supposé (le refus pur et simple est un pouvoir qui s'exprime, parfois très fort, dans la rue): *citoyens, consommateurs, lobbies industriels, communauté scientifique, média, classe politique*. Ne serait-il pas bon d'ajouter: les « *bénéficiaires sans pouvoir* » quand on prône certaines filières pour le tiers-monde ou pour le reste de l'humanité. Et qui s'exprimerait donc en leur nom?

Pouvoir dominant, la « classe politique » cache l'État qui nous gouverne, les pouvoirs publics qui arbitrent des *lois sur énergie* et des allocations de ressources déterminantes. Le lien de contre-réaction, la qualification, l'invalidation ou la réforme de l'utopie entre les « *citoyens, consommateurs, bénéficiaires* », et le lieu de pouvoir; « *classe politique* » se devrait d'être constant et fort puisque nous sommes en régime démocratique (et non en « *démocrature* » comme le regrettaient avec esprit un élu sub-saharien dont j'ai oublié le nom).

L'appréciation du caractère « utopique » d'un thème pourrait-il se faire en affectant des « poids » pour chaque utopie au croisement des abscisses *parties prenantes* et des ordonnées *critères* dans un diagramme qui serait alors tridimensionnel,

une « forêt »? Quel algorithme appliquer à ces « poids »? Y aurait-il une logique déterministe qui pourrait fournir un « indicateur » synthétique (les économistes adoreraient), même si c'est illusoire? Il n'y a rien de tel qui soit utilisable et l'interdépendance, à travers l'homme entre les abscisses et les ordonnées rendrait cet exercice utopique! Nous ne serons donc pas déchargés par la machine de la responsabilité de nos choix.

Nous pouvons encore explorer un peu plus la forêt d'Utopia, à travers quelques-unes de ses laies. Voyons quelques exemples.

Scientifique : ce qui est scientifiquement faisable.

« Ce n'est pas parce que cela est faisable que cela est utile », dit un adage souvent méprisé parce que l'on ignore, ou l'on veut ignorer, qu'il existe déjà, pour la question posée, des réponses acceptables.

On est allé sur la lune à la fin des années soixante : c'était devenu faisable, après plusieurs siècles d'Utopie – Cyrano de Bergerac, Méliès, Jules Verne. Puis on n'est plus allé sur la lune parce que le critère « résoudre » s'est trouvé insatisfait; il n'y avait pas d'objectif spécifique formulé. Seulement des « retombées » : la maîtrise de l'informatique et l'explosion d'IBM. Mais la « suite » de cette retombée s'exerçait sur un autre terrain. On a gardé la part idéologique et rêve de la conquête de l'espace, où le « citoyen-consommateur » est aussi, cette fois, le bénéficiaire : télécommunication, géodésie, exploration de la terre, défense. Il paye au travers des budgets : on est sorti de l'Utopie.

Les systèmes solaires à concentration, avec des miroirs de toutes formes, ballet céleste, physiquement faisables et beaux, font rêver : Archimède et la défense de Syracuse (- 220 AD), la pompe solaire du Caire en 1919, le four d'Odeillo, les miroirs de Targasonne, Puis bien d'autres. L'Utopie est vivace et fait rêver, que ni le besoin (on a d'autres solutions pour le même objet) ni le « bénéfice », ni les « retombées » ne justifient. Non plus pour le photovoltaïque : il n'est pas utile de concentrer le rayonnement solaire car le rendement des cellules s'est élevé au point que le ciel clair et la mécanique que les miroirs exigent sont plus chers et moins fiables que le surplus de panneaux qu'on devra utiliser pour un même résultat. Pourtant là, l'Utopie perdure.

L'erreur d'adressage des efforts.

« Un train peut en cacher un autre » paraît typique du rêve de la civilisation hydrogène : là aussi le critère « résoudre » est insatisfait parce que la question a simplement été reportée plus loin : produire, stocker et distribuer l'hydrogène, de

manière efficace, acceptable pour l'environnement. Le Congrès 2005 du véhicule électrique, à Monaco début avril, va s'interroger sur le fait scientifique qu'il faut plus d'énergie pour craquer la molécule d'eau que l'on ne pourra en récupérer. – avec les mêmes problèmes d'émission de gaz à effet de serre, ou d'intolérance au nucléaire, que cela suppose. Là l'Utopie est remise en question sur des bases systémiques.

Le temps et l'espace

Nucléaire : le critère de « totale innocuité » n'est pas satisfait, même si le critère « résoudre » l'est partiellement (il pourrait même être largement étendu avec les applications à la production d'hydrogène, aux services industriels à haute température, et résoudre théoriquement les impasses actuelles des énergies classiques). Mais perdre l'hypothèque « innocuité » des déchets, les risques de prolifération, où les solutions que l'on possède sont incertaines dans le *temps*, et inacceptées dans l'*espace* (pas dans mon jardin!). Ce ne sont pas les points où porte essentiellement l'effort. N'aurait-on pas aussi en cette affaire une erreur d'adressage?

ITER souffre du handicap temporel des « quarante années » comme le pétrole dont les réserves sont toujours prouvées pour « quarante ans », quelle que soit l'époque. Une fuite en avant. Le poids du rêve. Le décalage temporel entre le problème à résoudre et la solution prônée est un signe d'utopie. Mais tout est une question de proportion des efforts vis-à-vis des solutions qui sont à l'heure. Le désengagement direct des USA vis-à-vis d'ITER résulte probablement d'une autre interprétation du critère espace-temps.

La réduction des émissions de gaz à effet de serre qui n'est pas l'objet de ce numéro de Global Chance, mériterait peut-être une réflexion temporelle dans la mesure où le temps d'effet des décisions – que l'on ne prend d'ailleurs pas – se situe au-delà du temps d'apparition des phénomènes que l'on veut combattre. C'est actuellement aussi une utopie spatiale dans la mesure où les pays dont les émissions émergent ne sont pas parties prenantes à ce jour des efforts de réduction négociés.

La nécessité d'une révolution

Les transports, en ville et le fret longue distance. Qui n'est pas conscient que la « tendance », appuyée par « le marché », est une impasse dans nos sociétés européennes? Plus de voitures, plus grosses, et plus de camions dans un contexte pétrolier hautement fragile? L'omission – fortuite ou circonstancielle – d'une composante forte « transport » dans la Loi-Energie que la France doit promulguer au printemps? On a mille excuses pour ne pas prendre de position signifiante : les

emplois à court terme, la rigidité d'un mode de production "just in time" – et de société basé sur l'automobile – dont l'urbanisme. Sans omettre que les sociétés en intercommunication – l'Europe occidentale – ne peuvent faire d'avancées isolément. Il est tentant de renvoyer à la citation de D. Helder Camara, et sans doute vital de privilégier l'approche communautaire pour « sortir » d'une tendance utopique lourde.

La cohérence des politiques sectorielles ayant des composantes énergétiques dominantes: électricité, transport, industrie, habitat? Penser les traiter indépendamment les unes des autres est une utopie pour les pays en développement, que voulait leur imposer la doctrine néo-libérale, sous l'arbitrage bienveillant et tout puissant du (sain, saint?) « marché ». C'est une révolution nécessaire que le Sommet de Johannesburg a déclenchée en soutenant les Objectifs du Millénaire pour le Développement qui remettent en perspective les politiques sectorielles. Les « initiatives » diverses qui émergent en Europe paraissent conforter cette voie de sortie de l'utopie du développement dans un pays en développement, à l'identique de celui d'un pays déjà riche et donc doté de nombreux degrés de liberté.

L'efficacité énergétique systématique dans les secteurs consommateurs d'énergie et/ou les énergies renouvelables dans les pays industriels, une avenue royale (enfin, avec quelques épines dans les rosiers) à la hauteur des enjeux, certes. Jusqu'à présent les seuls pays qui passent aux actes sont les pays qui on fait la *révolution* de fermer leurs centrales nucléaires dans un espace-temps réaliste... et qui en tirent les conséquences.

Une révolution des modes de pensée, de conception et de passage à l'acte ne serait-elle pas indispensable?

Le caractère mobilisateur

Indéniablement, la part de rêve dans l'Utopie est d'une haute valeur ajoutée. Elle est mobilisatrice car elle fait appel à l'idéal inconscient et stimule les efforts. Elle est « politiquement vendable ». C'est excellent pour démarrer. Nos utopistes « reconnus » cités plus haut, disent également, osons la citation: *L'utopie est à la politique ce que le fantasme est à l'amour. Elle en est l'énergie.* (Alternative Libertaire).

On a déjà cité Concorde et Airbus Industries, et la conquête spatiale. D'autres exemples surgiront à l'esprit du lecteur à propos de médecine, de génétique, d'organisation de la société (*Davos et son antipode le Forum Social Mondial*), José Bové dira: *L'utopie est la matrice de l'histoire et la sœur jumelle de la révolte.* Le pouvoir mobilisateur extraordinaire et les dangers d'une utopie non-remise en cause émeuvent à bon droit. Jacques Attali fait la remarque que: *L'histoire*

moderne a montré que l'utopie est mère de toutes les dictatures.

Pour une utopie bien tempérée

Il est nécessaire de faire confiance aux « parties prenantes » pour réagir, réguler, contester et réorienter les grandes avenues où peut sévir l'Utopie, au fur et à mesure du temps et des avancées qui se réalisent. En ce sens, le présent numéro de Global Chance est un exercice « citoyen ». En d'autres termes, le caractère mobilisateur de l'utopie a intensément besoin d'une pré-visualisation de ses résultats à moyen ou long terme pour que l'on puisse la conforter, la réviser, la tempérer. C'est un exercice lui-même plein de dangers (on pense aux excès du principe de précaution par exemple). Prendre la peine de décrire la cristallisation du rêve en termes de société et d'emploi de manière prématurée – la ville sans aucune voiture? – risquerait de décrire des futurs impossibles qui seraient rejetés. Mais on ne gouverne qu'en ayant une pré-vision du terme du voyage: les débats sur les projets politiques des partis en sont la preuve.

En matière de choix scientifiques et technologiques, une dynamique temporelle s'impose. De même que les prospectivistes se hasardent rarement au-delà de dix à vingt ans de manière crédible, de même la vision des « changements induits » serait nécessaire à une échelle de temps semblable. Il est indispensable que le pouvoir politique puisse présenter à ses mandataires un objectif de société pour obtenir leur adhésion sur les moyens d'y parvenir.

Le débat de ce numéro fait allusion aux améliorations à apporter à certaines des institutions dont nous disposons – ou souhaiterions disposer réellement – en France pour cette tâche constructive de "régulation des utopies", et en particulier à *l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST)*. Mais on peut penser aussi au *Commissariat général du Plan* dont la mission initiale comportait justement cette ambition.

Si l'on devait estimer que cet exercice de *régulation des utopies* n'est pas dans leurs attributions ou qu'ils n'en ont pas ou plus les moyens, c'est plus sûrement au niveau communautaire que la question devrait remonter. Les mécanismes n'y sont pas encore d'une transparence idéale, mais ne pouvons-nous prôner cette *Utopie* là? et nous serions heureux d'avoir contribué à faire avancer la transparence. ■

Vive l'Utopie bien tempérée.

bdevin@compuserve.com

Comment réagir ?

Sur la base du matériau ainsi rassemblé, nous avons choisi d'organiser un débat entre plusieurs des acteurs concernés par ces problèmes : une femme politique, Marie Blandin (sénatrice), un chercheur en biologie, Jacques Testart, un expert indépendant dans le domaine énergétique, Yves Marignac (Wise Paris) un journaliste du mensuel Alternatives économiques, Guillaume Duval. Notre but était tout à la fois de valider et de préciser les différents points traités dans nos colonnes et d'aborder la difficile question des remèdes envisageables à une situation qui nous paraît porteuse de nombreux risques. Nous transcrivons ci dessous l'essentiel de leurs propos.

Le débat

Marie Blandin (sénatrice), Guillaume Duval (Alternatives économiques),
Yves Marignac (Wise Paris) Jacques Testart (Inserm).
Animation Benjamin Dessus, Global Chance

Benjamin Dessus. *Vous avez pu constater, en lisant les divers articles qui composent ce numéro de Global Chance, notre tentative de « mise à plat » de quelques-unes des utopies technologiques majeures qui nous sont présentées aujourd'hui comme autant de « solutions » aux diverses crises énergétiques, environnementales, agricoles ou sanitaires que l'humanité affronte en ce début de siècle. Comment réagissez-vous à cette mise à plat qui peut bien évidemment engendrer un certain pessimisme mal venu, en ces temps de « sinistrose des Français » comme le titre le Monde du 19 janvier?*

Marie Blandin. Ce qui m'a intéressée à la lecture de ces articles, c'est que cela pousse le lecteur à essayer d'en savoir plus, à y regarder de plus près. Par exemple, pour les O.G.M. Jacques Testart nous invite à bien distinguer les questions qui concernent les cellules génétiquement modifiées, les plantes génétiquement modifiées, les animaux génétiquement modifiés. Ce numéro nous invite aussi à prendre un peu d'altitude : par exemple sur l'hydrogène, quand tout le monde salive sur les mérites de l'utilisation de ce vecteur et se tait soigneusement sur le versant de sa production. J'en ai été personnellement témoin dans une classe où, en réponse à la question d'une élève sur sa production, le professeur a répondu « ce n'est pas le problème ». Les gens sont nourris de promesses technologiques et scientifiques avec un champ extrêmement étroit d'appréciation ; on les prive de l'amont et de l'aval, c'est donc du marketing et pas de l'émancipation.

Guillaume Duval. À Alternatives Economiques, nous nous sentons bien évidemment très concernés par ces questions. La lecture des articles m'a beaucoup apporté sur le fond de chacun des sujets abordés, mais m'a plus amené d'interrogations supplémentaires que de réponses sur la question du bon réglage entre la crainte et la nécessité d'avancer sur les technologies. J'ai l'impression que les idéologies d'opposition à l'innova-

tion technique dans leur principe même se renforcent plutôt et qu'il y a là un problème vis-à-vis de ceux qui veulent changer les choses, même si la plus grande méfiance est bien entendu de mise, vis-à-vis des docteurs Folamour et des entrepreneurs cupides.

BD. *Nous reparlerons de cette question plus tard dans ce débat puisqu'il s'agit bien de réagir aux dérives constatées sans remettre pour autant en cause l'utilité de la science elle-même.*

Jacques Testart. Je voudrais réagir sur ce dernier point à propos de la science car justement il s'agit de tout, sauf de science. Un exemple. Hier soir, Europe N° 1 voulait m'interroger sur cette femme de 67 ans qui vient d'avoir un bébé. D'abord, la journaliste qui m'interrogeait n'avait pas même imaginé qu'il y avait eu don d'ovule pour cette naissance. Elle croyait que l'exploit des médecins était d'avoir fait un enfant à elle à une femme de 67 ans ! Mais, insistait-elle, ne croyez-vous pas que les progrès de la science... Je lui ai dit : arrêtez, quel progrès de la science ? Cela fait vingt-cinq ans qu'on sait faire la fécondation, et transplanter un embryon à une femme, jeune ou vieille. Où est le progrès scientifique ? C'est éventuellement une audace d'avoir fait pareille chose, dans des conditions que je considère comme inadmissibles, mais la science n'est pas en cause. Personne n'est contre le progrès des connaissances, mais ce qu'on nous vend, sous le nom de science, c'est la technoscience, c'est-à-dire le mélange de la science et du marché.

D'autre part, le pessimisme ou l'optimisme que vous avez cités évoquent pour moi un autre point. Comme si on pouvait rester objectif en analysant une question scientifique, rationnelle, et par rapport à cela, être optimiste ou pessimiste. Si on regarde le réchauffement climatique par exemple, il y a des possibilités certes d'être plus ou moins optimiste, mais à l'intérieur d'une réali-

té déjà décrite. On voit des gens béats qui disent, je ne suis pas inquiet, on verra bien, peut être que ce n'est pas si grave... Ce n'est pas de l'optimisme, c'est de la bêtise! L'optimisme ce serait de dire « on n'aura peut-être que 3 degrés de réchauffement dans le siècle alors que la fourchette de prévision va jusqu'à 6 degrés ».

Yves Marignac. Je pense que les analyses qui sont rassemblées dans ce numéro sont importantes car elles sont rares. On en a l'exemple ces derniers mois avec la fusion thermonucléaire: face aux annonces répétées du gouvernement pour avoir à tout prix en France le projet ITER, on constate la quasi-absence de débat aussi bien dans les médias qu'au Parlement, alors que les quelques rares papiers critiques parus dans la presse montrent à l'évidence qu'il y a nécessité d'un débat sur l'utilité et les enjeux d'un tel programme. C'est donc un vrai mérite que de mettre ces questions à plat. De plus, c'est important de poser, comme c'est fait dans ce numéro, les questions en termes systémique, de dynamique d'évolution et pas simplement en de vision statique. On nous présente en général toutes ces technologies à travers leur seul résultat, pris comme un objet isolé, sans parler des interactions avec la société, ni du chemin pour y parvenir. Un exemple, le nucléaire comme solution contre l'effet de serre. On nous dit: « le nucléaire, c'est formidable cela ne produit pas d'émissions et c'est disponible »; mais on ne nous dit pas que vouloir résoudre le problème de l'effet de serre avec le nucléaire, cela veut dire construire 7000 réacteurs dans le monde, dont la moitié en utilisant la technologie actuelle, on omet de parler de l'investissement nécessaire et des conséquences de cette dissémination massive sur les questions de prolifération et de risques.

Sur le point du pessimisme il y a une question que je me pose; on est plutôt dans un contexte où le discours sur le progrès scientifique et technique incite à la méfiance. Et pourtant, certaines utopies, par exemple en matière d'énergie, passent assez bien dans le grand public. Je crois qu'une des explications tient au fait que ce sont des utopies « conservatrices » dans la mesure où elles sont proposées pour résister au changement, pour éviter de se serrer la ceinture et pour continuer comme avant. C'est peut-être le secret de l'engouement des politiques pour ces utopies.

BD. *Est ce que cet engouement est quelque chose de nouveau ou de permanent depuis la révolution industrielle? N'est-elle pas renforcée par l'effondrement des utopies politiques et le recul des religions, tout au moins en Europe?*

MB. Je voudrais d'abord revenir un instant sur les propos de Guillaume Duval concernant la distance affichée par certains vis-à-vis des technologies. En fait c'est l'apanage d'une très faible minorité cultivée, mais très loin des préoccupations d'une majorité qui reste fascinée par les innovations techniques, le portable, les jeux vidéo, etc., sans

aucune distance vis-à-vis de ces nouveautés. Mais, pour répondre à votre question, je pense qu'en France on est resté dans la continuité d'un Jules Verne qui invente des machines qui marchent et qui sont destinées à libérer les hommes de la peine. Les faiseurs potentiels de catastrophes restent déguisés en Jules Verne. Un exemple: dans l'affaire des OGM, on nous ressort constamment l'histoire de Pasteur. « Si vous étiez en face de Pasteur aujourd'hui, vous feriez tout pour l'empêcher d'avancer ». Cela dit, il faut bien voir que votre question ne recevrait pas du tout la même réponse au Pérou ou au Tibet, où le bien vivre ne se construit pas sur l'accumulation des biens. Par conséquent, oui, l'éloignement de la religion, mais aussi la perte de confiance des citoyens en leurs politiques renvoie la société vers une nouvelle croyance dans la science et la technologie.

GD. J'aimerais faire remarquer au passage qu'aux Etats-unis c'est au cumul de la religion et de la croyance dans les utopies technologiques qu'on assiste. Il y a un fossé avec l'Europe. C'est aux Etats-Unis qu'on voit le plus de défenseurs des OGM et de l'hydrogène.

JT. Les gens pensent, par exemple, que les OGM c'est de la science. D'abord ce n'est pas de la science, ce sont déjà des applications de la science et en plus cela n'a pas les caractéristiques de la science dans la mesure où cela n'est pas maîtrisé. Ce sont des techniques aléatoires et personne ne peut prévoir où cela va mener. Et, à propos d'utopie, je voudrais en signaler une qui me semble majeure et qui porte sur la connaissance elle-même. Tout le monde, et pas seulement les chercheurs, semble penser que l'homme est capable de savoir en tout et de savoir tout. Cela relève pour moi de l'absurdité religieuse: Dieu aurait créé un animal tellement différent des autres qu'il serait capable de tout connaître, y compris Dieu, bien entendu. Je ne vois pas comment ceux qui ne croient pas, et c'est la majorité des scientifiques, peuvent avoir cette conception religieuse d'une humanité capable de connaître et de résoudre tous les problèmes. Mais cette utopie de la connaissance justifie le lancement de technologies dont on ne connaît pas encore les risques puisqu'on est convaincu qu'on saura, au moment où ces risques se révéleront, y apporter les solutions nécessaires pour nous assurer l'impunité. Le discours de maîtrise est surfait et je ne vois pas comment on pourra y remédier. On est là en plein dans le domaine des croyances.

YM. Je serais un peu plus prudent. Je pense que le grand public, au contraire des scientifiques eux-mêmes, est bien conscient des limites de la maîtrise des conséquences du progrès technologique. Par contre il n'a aucune distance par rapport à l'innovation technologique. On la lui vend tous les jours sans mettre en avant les utopies qui les justifient, la communication « permanente », la jeunesse « éternelle », etc. Mais on lui fait passer

cette utopie à travers la consommation d'innovations.

Pour en revenir à l'utopie technologique, il y a effectivement la question de la maîtrise. Quand on nous explique qu'on va développer telle technologie pour résoudre tel problème, on arrive au mieux à discuter des chances et des conditions du succès de cette technologie. Par contre on n'arrive pas à engager un réel débat sur la pertinence de la solution, son intérêt et ses limites, éventuellement ses alternatives, vis-à-vis du problème posé.

BD. *Au point où l'on en est on peut peut-être se poser la question du rôle des uns et des autres dans cette affaire, scientifiques, industriels, médias et politiques. On accuse souvent les médias de tous les maux.*

GD. Certes, il y a une profonde inculture scientifique dans les médias, il y a aussi une très forte pression économique qui amène les médias à ne pas contrôler suffisamment leurs informations et à servir involontairement de porte-voix à des groupes d'intérêts bien organisés. Mais, en même temps, les médias jouent un rôle non négligeable dans la révélation et l'explication de crises comme celle de la vache folle et dans la prise de conscience qui s'ensuit, dans la dénonciation des dérives de l'industrie pharmaceutique etc.. Cette capacité d'engouement et de surestimation s'applique dans les deux sens. Ce qui ne signifie pas d'ailleurs que ces effets se compensent: ils tendent plutôt à s'aggraver mutuellement. Les médias participent de la sorte à la fois à la divinisation de la science et à sa diabolisation, gênant l'émergence d'une approche dépassionnée et prudente.

BD. *Et du point de vue des politiques? Pour caricaturer, on pourrait dire que l'utopie est du bon pain pour l'homme ou la femme politique: cela lui permet de décrire la catastrophe qui nous attend, mais d'apporter une solution rassurante immédiatement, l'évocation de l'utopie salvatrice, qui dans 20 ou 50 ans, va résoudre la question pour peu qu'on mette un peu d'argent dans la recherche. En attendant, pas la peine de modifier nos comportements, ce qui n'est généralement pas très porteur pour un élu!*

MB. En écoutant ce propos, je pense immédiatement à Christian Bataille, champion du nucléaire comme solution contre le réchauffement climatique. C'est d'autant plus intéressant qu'il a commencé, pendant tout un temps, par nier la réalité du réchauffement climatique, jusqu'au moment où, ayant soudain pris conscience que le réchauffement climatique était favorable à sa cause, il a commencé à se répandre sur les dangers que nous courons et sur la solution de sortie de crise que représente le nucléaire. Areva fait d'ailleurs pareil. En fait, je ne dirais pas que l'utopie technologique est confortable pour le politique, elle est confortable pour certains politiques, ceux qui

ont à vendre quelque chose! Et quand on pose la question, qu'avez-vous à vendre? on remet tout en perspective. Tous les politiques n'ont pas quelque chose à vendre. De même les médias qui n'ont plus assez de fonds publics pour fonctionner sont de plus en plus contraints de se financer par la vente de la pub, donc du magique et donc de la négation de l'esprit scientifique. On ne peut pas jouer la carte d'une population cultivée scientifiquement et capable d'arbitrer sur les innovations technologiques en même temps que celle de la publicité où l'on vend aux gens un fer à repasser qui va transformer leur femme en star... Le magique de la pub, complètement scotchée aux médias, est totalement incompatible avec la culture scientifique et la citoyenneté.

Nous, les politiques, ce que nous devrions avoir à vendre, ce sont des projets de société, et là, on est un peu orphelin parce que ceux qui nous parlent aujourd'hui de sciences oublient complètement les sciences humaines qui nous seraient justement nécessaires pour élaborer ces projets. Un dernier point sur les politiques qui tient à la durée des mandats. Un politique qui appelle l'attention sur un phénomène alarmant et propose des changements de comportement ne s'assied évidemment pas pour longtemps dans son mandat. Et comme en France on peut rempiler autant qu'on veut cela donne une prime à l'inertie.

BD. *Quand vous évoquez la culture scientifique, j'aimerais que vous précisez votre propos car j'ai peur que cette expression soit ressentie une fois de plus comme un élément de ségrégation entre les citoyens « cultivés, savants » et les autres, alors que notre propos dans ce numéro est bien de montrer que l'important c'est le bon sens collectif et le bon usage de la règle de trois!*

MB. Pour moi la culture scientifique c'est la capacité d'exercer son sens critique!

GD. Je voudrais revenir au problème des politiques et notamment à la manière dont vous avez posé la question. Je crois qu'on ne peut pas en vouloir au politique de réagir comme vous l'avez décrit. Personne ne peut aller vers le bon peuple en lui décrivant des catastrophes sans lui proposer une voie de salut! Le problème est plutôt de savoir qui fournit aux politiques et comment, des éléments de solution fiables. Et là, il me semble que la responsabilité des scientifiques est majeure. Il y a des dérives qui tiennent au mode de financement et de valorisation sociale de la recherche pour des scientifiques qui ont fort bien compris comment les politiques ou les médias marchaient et savent bien leur vendre des utopies mal maîtrisées mais dont ils espèrent tirer des bénéfices financiers pour leurs labos et des bénéfices sociaux pour eux-mêmes.

JT. J'aimerais revenir sur les médias car c'est le lien entre les politiques les scientifiques, les industriels et les citoyens. Les médias aiment les catastrophes, mais résistent au « catastrophisme »,

pour reprendre l'expression de J.-P. Dupuy. Dès le tsunami passé, les médias ont fait largement écho à la mise en place d'observatoires pour conjurer le catastrophisme sans qu'on puisse être certain de la « maîtrise » ainsi créée. J'ai vécu ce jeu dans mon métier. Quand je me contentais d'aller, c'était bien, on m'invitait tout le temps à la télévision. Mais quand j'ai commencé à le faire de façon un peu structurée, en montrant que beaucoup avaient intérêt au développement des objets sur lesquels j'alertais, on ne m'y a plus invité, car là j'étais passé dans le catastrophisme, j'érigais en système un ensemble de catastrophes qui sont liées par un type de fonctionnement des institutions, de la science et de l'industrie. Donc il me semble que les médias sont friands de catastrophes mais pas de catastrophisme, fût-il éclairé.

MB. Yves Cochet vient de faire un film sur la fin des ressources pétrolières. Il l'a proposé à ARTE qui a donné son accord de principe. Quand il est revenu avec le film presque fini, on lui a dit « non ce n'est pas possible, c'est trop noir, vous voulez que tous les téléspectateurs se suicident! ».

YM. Je crois qu'il ne s'agit pas de stigmatiser les uns ou les autres, notre responsabilité est collective. Il faut par contre réfléchir aux alliances objectives qui peuvent se créer entre des scientifiques, des médias et des politiques qui ont tous un intérêt, au sens large, à ce que ces questions ne soient pas mises sur la table.

BD. *A ce propos, je trouve étonnant qu'on n'ait pas encore évoqué au cours de cette discussion le rôle des industriels.*

JT. En fait quand on parle des technosciences, on évoque immédiatement les industriels et le marché.

GD. Les industriels jouent évidemment un rôle déterminant. On le voit bien dans le cas des OGM avec Monsanto ou dans le nucléaire avec Areva. Mais je voudrais aussi insister sur l'aspect déterminant du financement politique par les entreprises qui, aux Etats-Unis tout au moins, joue un rôle considérable et là comme pour le financement des médias, on y peut quelque chose.

BD. *Voilà une bonne transition vers la dernière question que je souhaiterais aborder. Que peut-on faire pour améliorer la situation que nous venons d'analyser?*

JT. Comme personne ne sait vraiment quoi faire, il me semble qu'une bonne façon d'avancer est de rassembler des gens qui ne sont pas directement concernés par une solution ou une autre et de les faire s'exprimer. Je reviens donc aux « conférences de citoyens » qui me semblent une des façons d'avancer dans ce domaine, à condition évidemment qu'elles soient prises en compte dans la réflexion des politiques. Des gens qui

n'ont pas d'intérêt personnel à défendre peuvent s'informer complètement et prendre des positions de bon sens. En fait c'est ça pour moi la démocratie et non pas des référendums ou des systèmes qui relèvent encore de la magie. Je pense par exemple à l'étiquetage des produits, à partir duquel l'on fait semblant de croire que le grand public peut se faire une opinion, alors que les experts du domaine eux-mêmes ont des avis contradictoires. Il faut arrêter de prendre à la fois les gens pour des imbéciles et des dieux, mais les considérer pour ce qu'ils sont. Il faut leur demander leur avis et comme on ne peut pas le faire avec tout le monde, il faut monter des groupes éphémères de citoyens qui travaillent, qui donnent un avis motivé, et il faut que cet avis soit pris en considération par les décideurs.

MB. Moi, j'ai un point très spécifique à dire en tant que parlementaire, membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST). Je souhaiterais qu'il y ait un quorum à respecter quand il y a un rapport à examiner, pour éviter que, comme cela arrive la plupart du temps, les rapports soient adoptés à l'unanimité d'une très petite minorité de parlementaires présents. Je souhaiterais un envoi des rapports 15 jours avant la séance. C'est important parce que les ministres s'emparent souvent de ces rapports pour justifier leurs décisions.

L'autre point qui me paraît indispensable est le regard sur le passé. Le cas de l'amiante me semble exemplaire. Si l'on trouvait un consensus pour revenir sur l'histoire de l'amiante, comment cela s'est passé, comment c'est venu, pour quel service, qui y avait intérêt ou pas, qui n'y avait pas d'intérêt mais est venu s'en mêler pour dire que c'était génial comme Claude Allègre qui expliquait que ce n'était pas mauvais pour la santé, etc., on aurait bien avancé.

GD. Au-delà des conférences de citoyens qui me semblent très intéressantes, mais sur lesquelles on manque encore d'expérience, il me semble qu'il faut prendre acte du lobbying qui existe à Bruxelles et en France et qu'il serait vain de vouloir revenir en arrière sur ce point. Je crois donc qu'il faut plutôt améliorer les conditions de transparence de ce lobbying et prendre des mesures politiques pour rétablir des équilibres que le jeu du marché, dans le lobbying comme ailleurs, ne permet pas. C'est d'autant plus nécessaire que les intérêts qui pèsent dans un sens sont en général très concentrés alors que ceux qui pèsent dans l'autre sont très dispersés. C'est toute la question classique des associations de consommateurs ou d'environnement et de cadre de vie.

BD. *Pensez-vous qu'il y ait une spécificité française dans ce domaine, tenant par exemple à la présence de nos grands corps d'état?*

YM. Il y a en effet une spécificité française qu'on voit bien apparaître dans le cas du nucléaire.

Pour revenir sur Areva, je ne suis pas choqué que l'industriel mette en avant la lutte contre l'effet de serre pour promouvoir son produit, ce qui est choquant, c'est que la société française manque cruellement de recul pour analyser ce discours, et cela tient en partie à cette spécificité des grands corps et d'absence de culture d'expertise indépendante ou contradictoire. L'OPECST organise un grand show de trois jours sur la loi Bataille dans les semaines qui viennent, mais dans les auditions, il n'y a que l'administration, les industriels et les experts scientifiques liés à cette industrie. Les associations environnementales en sont absentes et les experts indépendants aussi. Le résultat sera très probablement la confirmation de l'utopie technologique dans laquelle nous sommes actuellement. Elle consiste à dire que le problème des déchets n'est pas très grave puisque, d'une part, l'enfouissement est tout à fait maîtrisable, et que, d'autre part, l'on dispose, grâce au retraitement, d'une technologie efficace pour minimiser les volumes concernés. Pourtant, quand on regarde les prévisions de l'Andra en 2020, on s'aperçoit qu'on aura d'ici là accru le stock de matières "valorisables", sans autre choix pour les traiter que de remplacer le parc nucléaire actuel, arrivant en fin de vie, par de nouveaux réacteurs: autrement dit, on parle de maîtrise mais on est dans la fuite en avant.

GD. Je voudrais revenir sur le problème de l'expertise indépendante qui me paraît une piste intéressante, ce qui suppose des organismes indépendants, financés par les pouvoirs publics avec des garanties réelles d'indépendance. À ce propos, je trouve intéressante l'expérience du GIEC au niveau international qui a montré qu'il est possible de construire des consensus d'expertise qui ne soient pas trop influencés par des intérêts particuliers.

BD. Dans l'exemple du GIEC que vous citez, le problème est que seuls les chercheurs payés par leurs administrations y ont en fait accès. Il me semble que le vrai problème de l'expertise « indépendante » en France n'est pas tant qu'on manque d'experts, mais c'est qu'on ne peut pas les utiliser car il faudrait, au contraire des experts de l'administration, qu'on puisse les payer. Et la plupart du temps il n'y a pas de budget prévu à cet effet.

JT. Moi, je ne crois pas beaucoup à l'expertise indépendante, car les experts sont forcément intéressés à quelque chose même s'ils n'ont pas d'intérêts financiers en jeu. Je crois beaucoup plus à la contre-expertise. Il ne devrait jamais y avoir une expertise dans une controverse sans une contre-expertise. Qui peut la faire? Dans le milieu associatif, il y a plein de gens compétents. Mais il y a une autre solution qu'avait proposée Philippe Roqueplo et qui consistait à payer des experts pour jouer le rôle d'avocats à l'appui et à la charge du projet discuté. Par contre je ne crois

pas à une seule expertise qui prétendrait être neutre.

BD. En fait je crois qu'il y a une confusion de vocabulaire. Quand nous parlons d'expertise indépendante nous avons en fait dans la tête la contre-expertise. L'indépendance se réfère plus à la non-dépendance vis-à-vis des organismes qui défendent les projets discutés qu'à la neutralité de l'expertise.

YM. En tant que personne directement concernée je pense que par expertise indépendante il ne faut pas entendre neutre, ou objective, au sens où aucun avis motivé ne peut l'être. Elle est simplement, et ce n'est déjà pas mal, autonome vis-à-vis d'organisations parties prenantes au débat, notamment industrielles ou institutionnelles. La vraie question me semble de savoir dans quelles conditions l'expertise peut devenir pertinente dans un processus de production incluant la nécessaire confrontation d'experts. Je ne crois guère à l'exercice de jeu de rôle proposé par Roqueplo, mais beaucoup plus, pour l'avoir pratiqué dans le cadre de la mission confiée à Charpin Dessus et Pellat sur le nucléaire, à l'expertise croisée d'experts en groupe de travail. Il suffit, avec un minimum d'ouverture, de mettre des experts qui apportent des éléments différents sur un dossier autour d'une table pour obtenir des résultats. Mais, malheureusement, c'est très peu pratiqué.

MB. Je voudrais ajouter que le politique pose très rarement la question: à quoi ça sert? un peu comme si on partait en vacances et que l'on discute sans fin du choix des chaussures de marche ou du sac à dos sans jamais se poser la question du choix de la destination. Mais pour revenir plus globalement sur notre conversation, ce qui me paraît central dans le traitement de la matière "utopies technologiques", c'est une fois de plus le refus de pratiquer la démocratie participative, le partage du droit à débattre, la considération du bon sens et de l'expertise d'usage. Il est vrai que la société s'en accommode fort bien, car le mauvais état général de la planète n'est pas un objet de plaisir, contrairement aux leviers sur lesquels appuie la consommation.

Pour décrire le rôle des "utopies technologiques" sur les politiques, on peut aussi faire la comparaison des réverbères et des ivrognes: ils les supportent plus qu'ils ne les éclairent. Et pendant que la société oscille entre amour et désamour de ses représentants, les entreprises produisent et mettent en circulation des matières, des machines, des objets, sans que leur utilité sociale soit débattue, sans que leurs impacts sociaux, environnementaux et même économiques soient évalués de façon transparente et collective. ■

Numéros précédents

N° 1 - Décembre 1992

Pourquoi Global Chance
L'effet de serre et la taxe sur le carbone
Les réactions à l'appel de Heidelberg

N° 2 - juin 1993

Global Chance et le nucléaire
Ecologie, environnement et médias
Science, progrès et développement

N° 3 - mars 1994

L'énergie en débat
Nucléaire civil et prolifération
Scénarios énergétiques et marges de liberté

N° 4 - juin 1994

Contributions au débat sur l'énergie
Agriculture, forêts et développement durable

N° 5 - avril 1995

Si l'on parlait climat?
Le débat national énergie & environnement
Les conditions d'une transition vers un développement durable

N° 6 - février 1996

Numéro spécial en hommage à Martine Barrère

N° 7 - juillet 1996

Effet de serre : les experts ont-ils changé d'avis?
Rapports résumés du Groupe
Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
Commentaires et analyses

N° 8 - juillet 1997

Développement durable et solidarité

N° 9 - novembre 1997

De Rio à Kyoto
La négociation Climat

N° 10 - mars 1998

Le climat, risque majeur et enjeu politique - De la conférence de Kyoto à celle de Buenos Aires.
Coédité avec le Courrier de la Planète

N° 11 - avril 1999

Le nucléaire en débat - N'avons-nous pas le temps d'élaborer des solutions acceptables

N° 12 - novembre 1999

Environnement et mondialisation

N° 13 - novembre 2000

Faire l'économie du nucléaire?
Un rapport récent relance le débat

N° 14 - mars 2001

Changements climatiques
Les politiques dans la tourmente
Coédité avec le Courrier de la Planète

N° 15 - février 2002

Les énergies renouvelables face au défi du développement durable

N° 16 - novembre 2002

Maîtrise de l'énergie et développement durable

N° 17 - septembre 2003

Débat énergie
Une autre politique est possible

N° hors série - janvier 2003

Petit mémento énergétique
Eléments pour un débat sur l'énergie en France

N° 18 - janvier 2004

Le réacteur EPR: un projet inutile et dangereux

N° 19 - juin 2004

Climat, Energie: éviter la surchauffe

Abonnement

Les cahiers de Global Chance 2 numéros par an

Nom : Organisme :

Adresse :

Code postal : Commune :

Abonnement individuel 25 euros

Abonnement d'institutions et organismes 80 euros

Ci-joint un chèque à l'ordre de l'Association Global Chance

A facturer

Total : euros Date : Signature :

Association Global Chance, 17 ter rue du Val - 92190 Meudon

La Francophonie au service du développement durable

L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF), organe subsidiaire de l'Agence intergouvernementale de la Francophonie, est né en 1988 de la volonté des chefs d'État et de gouvernement des pays francophones de conduire une action concertée visant le développement du secteur de l'énergie dans les pays membres. En 1996 cette action a été élargie à l'Environnement.

Basé à Québec, l'Institut a aujourd'hui pour mission de contribuer au renforcement des capacités nationales et au développement de partenariats dans les domaines de l'énergie et de l'environnement.

Meilleure gestion et utilisation des ressources énergétiques, intégration de l'environnement dans les politiques nationales dans une perspective durable et équitable, tels sont les buts des interventions spécifiques de l'IEPF – formation, information, actions de terrain et concertation – menées en synergie avec les autres programmes de l'Agence Intergouvernementale de la Francophonie et notamment ceux issus du chantier « Développement et solidarité ».

La programmation mise en œuvre par l'équipe des collaborateurs de l'IEPF s'exprime dans 6 projets qui fondent ses activités.

Appui aux stratégies et politiques nationales de développement durable en énergie et environnement

- Prospective et mobilisation de l'expertise pour le développement durable,
- Politiques environnementales et mise en œuvre des Conventions,
- Politiques énergétiques,

Appui à la maîtrise des instruments du développement durable en énergie et environnement

- Maîtrise des outils de gestion de l'environnement et du développement (MOGED),
- Maîtrise de l'énergie,
- Information pour la décision.



Institut de l'énergie et de l'environnement
de la Francophonie
IEPF

L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie

56, rue Saint-Pierre, 3^e étage - Québec (QC) G1K 4A1 - CANADA

Téléphone : (1 418) 692 5727 - Télécopie : (1 418) 692 5644

Courriel : iepf@iepf.org - Site Web : <http://www.iepf.org>



agence intergouvernementale
de la francophonie

L'association GLOBAL CHANCE

GLOBAL CHANCE est une association de scientifique qui s'est donné pour objectif de tirer parti de la prise de conscience des menaces qui pèsent sur l'environnement global ("global change") pour promouvoir les chances d'un développement mondial équilibré.

La situation actuelle comporte des risques de voir se développer des comportements contraires à cet objectif :

- comportement fataliste, privilégiant le développement de la consommation sans prendre en compte l'environnement,
- comportement d'exclusion des pays du Sud du développement pour préserver le mode de vie occidental,
- comportement d'intégrisme écologique, sacrifiant l'homme à la nature,
- comportement de fuite en avant technologique porteuse de nouvelles nuisances et de nature à renforcer les rapports de domination Nord-Sud.

Mais la prise de conscience de ces menaces sur l'environnement global peut aussi fournir la chance d'impulser de nouvelles solidarités et de nouvelles actions pour un développement durable.

Pour GLOBAL CHANCE, un tel développement suppose :

- Le développement réel de l'ensemble des pays du monde dans une perspective humaniste,

- Le choix d'une méthode démocratique comme principe supérieur d'action,
- Le retour à un équilibre avec la nature, certes différent de celui que nous connaissons aujourd'hui, mais qui n'apparaisse pas comme incompatible avec le développement humain. Ce retour à l'équilibre prendra du temps. Mais après une phase transitoire d'adaptation une telle condition implique de tendre :
 - vers des prélèvements globaux mineurs et décroissants de ressources non renouvelables,
 - vers des rejets nuls ou mineurs d'éléments non recyclables (sur des durées de l'ordre de quelques générations) dans les processus de la nature.

Après discussion interne au sein de l'association, GLOBAL CHANCE se propose de mettre les compétences scientifiques de ses membres au service :

- d'une expertise publique multiple et contradictoire,
- de l'identification et de la promotion de réponses collectives nouvelles et positives aux menaces de changement global, dans les domaines scientifique et technique, économique et financier, politique et réglementaire, social et culturel, dans un esprit de solidarité Nord Sud, d'humanisme et de démocratie.



GLOBAL CHANCE - 17 ter rue du Val - 92190 Meudon
Téléphone : 33 (0)1 46 26 31 57 - globalchance@wanadoo.fr