

ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT

LES RISQUES ET LES ENJEUX D'UNE CRISE ANNONCÉE

Bernard DURAND



17, avenue du Hoggar
Parc d'Activité de Courtabœuf - BP 112
91944 Les Ulis Cedex A - France

Grenoble Sciences

Grenoble Sciences poursuit un triple objectif :

- 】 réaliser des ouvrages correspondant à un projet clairement défini, sans contrainte de mode ou de programme,
- 】 garantir les qualités scientifique et pédagogique des ouvrages retenus,
- 】 proposer des ouvrages à un prix accessible au public le plus large possible.

Chaque projet est sélectionné au niveau de Grenoble Sciences avec le concours de referees anonymes. Puis les auteurs travaillent pendant une année (en moyenne) avec les membres d'un comité de lecture interactif, dont les noms apparaissent au début de l'ouvrage. Celui-ci est ensuite publié chez l'éditeur le plus adapté.

(Contact : Tél. : (33)4 76 51 46 95 - E-mail : Grenoble.Sciences@ujf-grenoble.fr)

Deux collections existent chez EDP Sciences :

- 】 la *Collection Grenoble Sciences*, connue pour son originalité de projets et sa qualité
- 】 *Grenoble Sciences - Rencontres Scientifiques*, collection présentant des thèmes de recherche d'actualité, traités par des scientifiques de premier plan issus de disciplines différentes.

Directeur scientifique de Grenoble Sciences

Jean BORNAREL, Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1

Comité de lecture pour « *Energie et environnement* »

- 】 **Jean-Louis BOBIN**, professeur honoraire à l'Université Pierre et Marie Curie, Paris
- 】 **Jean-Marie MARTIN-AMOUROUX**, ancien directeur de recherche au CNRS, Grenoble
- 】 **Hervé NIFENECKER**, conseiller scientifique à l'IN2P3 (CNRS), Laboratoire de Physique Sub-atomique et de Cosmologie (LPSC), Grenoble
et le suivi pour Grenoble Sciences de **Anne-Claire DUPUIS**

Grenoble Sciences bénéficie du soutien du **Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche** et de la **Région Rhône-Alpes**.

Grenoble Sciences est rattaché à l'**Université Joseph Fourier de Grenoble**.

Réalisation et mise en pages : **Centre technique Grenoble Sciences**

Illustration de couverture : **Alice GIRAUD**

(d'après Charbon bois.jpg : Photographie au microscope d'un charbon de bois pour une étude anthracologique. Photo de Henri-Goerges Naton, Licence GFDL-self • Power_plant_Gelsenkirchen-S.jpg : Cooling towers of the e.on power plant Gelsenkirchen-Scholven from north. Released in the GFDL and CC-by-sa-2.0-de by Daniel Ullrich (Threedots) • South_Point_Wind_Farm.jpg : South Point_Wind Farm 5_Aug_1_02. Photo by Harvey McDaniel (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>) • Sunflowers.jpg : Sunflowers in Fargo North Dakota. Photo by Bruce Fritz • TOMS_indonesia_smog_lrg.jpg : Credit Image courtesy NASA GSFC Scientific Visualization Studio, based on data from TOMS)

ISBN 978-2-7598-0001-8

© EDP Sciences, 2007

EXTRAITS

Projet pilote européen en cours de réalisation dans le Graben du Rhin, à Soultz-sous-Forêts (Alsace du Nord)

Dans cette région, le flux géothermique est d'environ 90 mW/m^2 . La roche exploitée est un granite fracturé âgé d'environ 330 millions d'années, où existe naturellement à forte profondeur une faible circulation d'eau qui provient d'infiltrations à la faveur de failles de l'eau de pluie et de l'eau des cours d'eau. Ce granite se trouve sous une couverture sédimentaire d'environ 1500 mètres d'épaisseur. Cinq forages profonds ont pour l'instant été réalisés et pour trois d'entre eux la température de 200°C a été atteinte à 5000 mètres de profondeur.

L'objectif visé est dans un premier temps d'obtenir par pompage un débit à la surface de l'ordre de 30 kg/s d'une eau profonde à une température proche de 200°C , de sorte à pouvoir délivrer une puissance thermique d'environ 15 MWt . La vapeur produite alimenterait une centrale électrique d'environ $1,5 \text{ MWe}$. Ce pilote est en bonne voie de pouvoir être raccordé au réseau vers 2008. Dans un deuxième temps, l'exploitation serait développée jusqu'à produire un débit de l'ordre de 100 kg/s et 50 MWt , lesquels seraient transformés, avec un rendement thermodynamique de 13% et après déduction de la quantité d'électricité nécessaire au pompage de l'eau (environ 25% de l'électricité produite), en 5 MWe (figure 5.7).

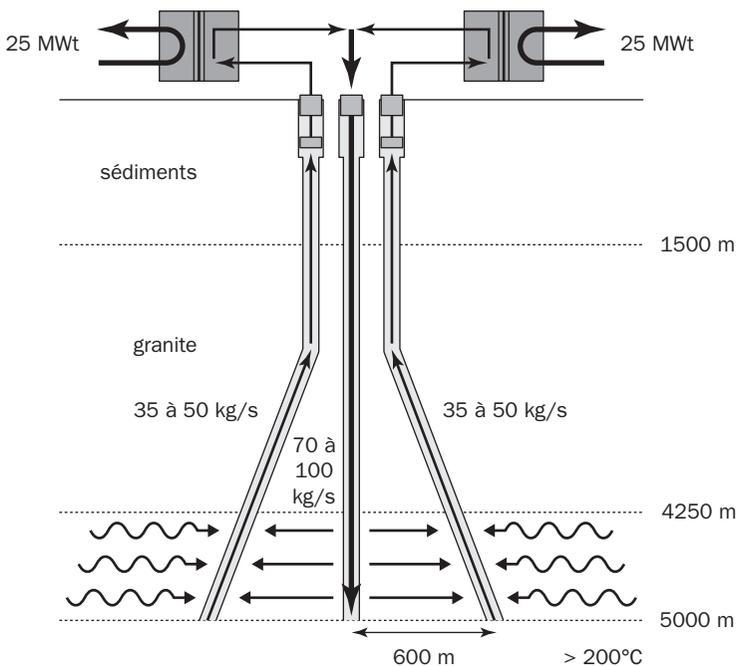


Figure 5.7 - Pilote géothermique de Soultz-sous-Forêts

Après fracturation hydraulique de roches chaudes profondes naturellement fracturées, on injecte dans les fractures par le puits central de l'eau qui se réchauffe au contact des roches. Elle remonte ensuite par les puits extérieurs puis échange sa chaleur avec un circuit alimentant un générateur de vapeur. Elle est réinjectée dans le puits central. La vapeur alimente une turbine à vapeur faisant tourner un alternateur [source : Groupement Européen d'Intérêt Economique (GEIE) « Exploitation Minière de la Chaleur »].

d'une production de gaz carbonique et d'autres polluants, et il ne s'agirait pas là d'une solution durable.

Il est donc très probable que pendant encore longtemps, les seules énergies renouvelables contribuant de manière importante à l'approvisionnement énergétique mondial continueront comme actuellement d'être la biomasse et l'électricité hydraulique. Et le recours exclusif aux énergies renouvelables se traduirait par une diminution très substantielle de l'offre d'énergie, en particulier dans les pays industrialisés. Ces derniers auraient de grandes difficultés à s'y adapter.

Tableau 6.1 - Potentiel ultime des énergies renouvelables

Quantités maximales d'énergies renouvelables productibles annuellement au cas où elles seraient nos seules sources d'énergies, et comparaison avec la consommation de l'an 2004, pour le monde et pour la France.

	<i>Monde</i>	<i>France</i>
<i>Chaleur</i>	<i>Gtep</i>	<i>Mtep</i>
- Biomasse	1	10
- Géothermie basse température	0,2	5
- Solaire thermique	0,5	13
<i>Total</i> <i>(dont chaleur haute température)</i>	1,7 0,5	28 5
<i>Consommation 2000</i> <i>(dont chaleur haute température)</i>	5 1,7	110 45
<i>Carburants</i>	<i>Gtep</i>	<i>Mtep</i>
- Ex-biomasse (gazéification)	1	10
<i>Consommation 2000 (essence et gazole)</i>	1,9	50
<i>Electricité</i>	<i>TWh</i>	<i>TWh</i>
- Hydroélectricité	8000	80
- Marées	500	0,5
- Energie thermique des océans	50	
- Houle et vagues	100	
- Géothermie haute température	1350	2,5
- Solaire + éolien	2600	22
- Ex-biomasse	4500	45
<i>Total</i>	17 100	150
<i>Consommation 2004</i>	17 450	480

650 GWhe avec l'hydroélectricité, 75 GWhe avec le solaire photovoltaïque, 20 GWhe avec l'énergie éolienne et 1,5 GWhe avec la biomasse (AIE 1998). Or l'espace est dans les pays industrialisés un bien de plus en plus précieux et un objet de compétition entre les différentes activités économiques.

7.4. COMBUSTIBLES FOSSILES OU ÉNERGIE NUCLÉAIRE ?

Dans le cadre du programme ExternE de la Commission Européenne⁵, des chercheurs (Rabl & Spadaro 2000) ont évalué pour la production d'électricité les coûts externes.

définition Les coûts externes et les coûts internes

Les coûts externes de la production d'énergie sont les coûts pour la santé et l'environnement des dommages entraînés par l'utilisation de différentes sources d'énergie, par opposition aux coûts internes qui sont les coûts financiers résultant de la construction et de l'usage des moyens de production.

La figure 7.9 montre quel est le coût en Europe, en années de vie perdues et en millions d'euros par TWhe, des différents modes de production de l'électricité. L'échelle logarithmique utilisée sur ce graphe permet de montrer les coûts sanitaires et les années de vie perdues entraînés par le charbon et le pétrole utilisés avec les techniques de 1990, qui seront pour longtemps encore les plus courantes, en particulier dans les pays en voie de développement. Ces coûts sont jusqu'à 10 fois plus élevés que ceux des techniques « propres » et il faut mettre fin le plus rapidement possible à l'utilisation de ces techniques « sales ».

Pour faire mieux comprendre les raisons de ces différences, rappelons que les centrales à combustibles fossiles utilisant les technologies « sales », qui sont pour l'instant si répandues, produisent par TWhe et par an environ 60 000 tonnes de déchets solides pour le charbon, 35 000 tonnes pour le pétrole et 25 000 tonnes pour le gaz (Rhodes & Beller 1990). Ces déchets solides sont, essentiellement pour le charbon ainsi que pour le bois ou les déchets végétaux parfois utilisés dans ces centrales, mais aussi un peu pour le pétrole, des cendres minérales et des goudrons, et pour tous les combustibles des suies. A l'échelle de la France, toujours avec ces techniques « sales », cela représenterait, si toute son électricité était produite à partir de charbon, un total de 32 millions de tonnes de déchets solides chaque année et environ 13 si le gaz naturel était utilisé. Une partie en est dispersée dans l'atmosphère sous forme de fumées et d'aérosols contenant des particules très fines de suies et des HAP cancérigènes. Ces

5. Commission Européenne 2003, *ExternE figures*, document accessible sur le site www.externe.info.

aérosols se répandent dans l'atmosphère jusqu'à de très grandes distances des centrales : ils sont par exemple largement responsables de l'Asian Brown Cloud (ABC) qui obscurcit l'atmosphère au-dessus de l'Asie du Sud. Ils réchauffent aussi l'atmosphère parce qu'ils absorbent la lumière solaire. D'autre part, la production annuelle de gaz carbonique correspondante serait de 540 millions de tonnes avec du charbon et des techniques classiques, 200 « seulement » avec le gaz naturel et la technique des cycles combinés. Les centrales à charbon et à fioul produisent également du SO₂ et toutes les centrales thermiques émettent des oxydes d'azote et des COV.

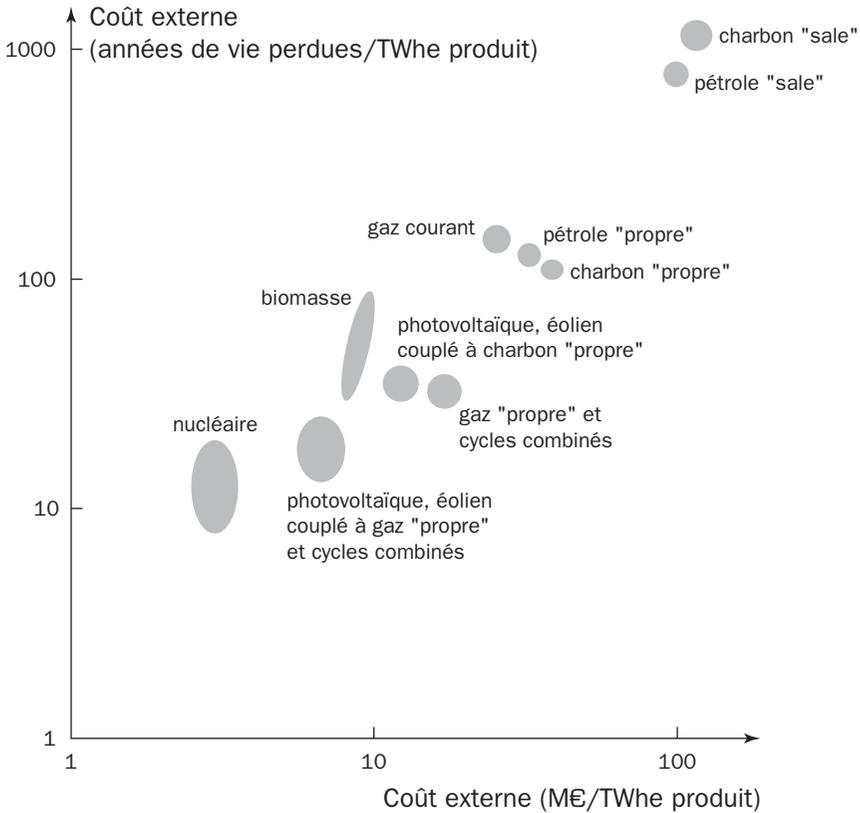


Figure 7.9 - Electricité, santé et environnement

Coût pour la santé et l'environnement de la production de 1 TWh d'électricité en Europe selon le mode de production. Ce coût est exprimé en années de vie perdues d'une part et en euros d'autre part. Nous avons ajouté à l'éolien et au photovoltaïque 10% des coûts des énergies utilisées par les centrales-fantômes qui leur sont associées. Les coûts du charbon et du pétrole utilisés par les techniques « sales » actuellement les plus répandues, mais qui ne figurent pas ici, sont d'environ 1100 et 800 années de vie perdues par TWhe pour le charbon et le pétrole respectivement, les coûts des dommages correspondants étant respectivement de 130 et 100 millions d'euros par TWhe.

Par nature, le fonctionnement des centrales nucléaires ne produit pas de CO₂, ni aucun des polluants cités. L'éolien et le solaire en produisent indirectement, *via* les centrales à combustibles fossiles qui leur sont associées. Le solaire en produit également des quantités importantes *via* la production du silicium utilisé pour la fabrication des piles. Rappelons en effet que cette production est fait par un procédé métallurgique utilisant du coke.

Examinons d'un peu plus près le cas des centrales thermiques à charbon, qui représentent 40% de la production d'électricité à l'échelle mondiale : de tous les combustibles fossiles, c'est le charbon qui produit à la combustion le plus de cendres, de suies, d'aérosols, de SO₂ et bien sûr de gaz carbonique par quantité d'énergie produite. Mais le charbon contient aussi des éléments nuisibles volatils – mercure, arsenic, antimoine, chrome, nickel, fluor – qui se retrouvent dans les fumées puis se déposent sur les sols et contaminent la chaîne alimentaire et les nappes phréatiques jusqu'à des distances considérables des centrales. Il contient des éléments radioactifs – uranium, thorium, potassium 40, et radium 226 dont la désintégration produit du radon 222 – impossible à arrêter par des filtres. L'utilisation du charbon par les centrales thermiques libère ainsi en moyenne chaque année dans le monde environ 0,3 tonne d'uranium et 0,6 tonne de thorium par TWh produit. Si la France produisait exclusivement son électricité à partir du charbon, ses émissions d'uranium et de thorium sous forme de cendres et de poussières seraient chaque année de 160 tonnes et 320 tonnes respectivement, soit des quantités supérieures à celles des déchets à vie longue produits par ses centrales nucléaires. Or le thorium et l'uranium sont des émetteurs α dont la période est de l'ordre du milliard d'années, certes beaucoup moins actifs que le plutonium, mais qu'il vaut mieux cependant ne pas inhaler en permanence. Si l'on considère qu'il faut une dose efficace importante pour déclencher un cancer mortel, cela ne tire guère à conséquence. Mais si l'on considère que la fréquence des cancers mortels induits par les rayonnements est proportionnelle à la dose efficace reçue, alors le danger de cancer radio-induit que fait courir à son environnement proche et lointain une centrale thermique à charbon est de ce fait bien supérieur à celui d'une centrale nucléaire pour une même quantité d'électricité produite. D'autre part, les cendres minérales sont utilisées pour fabriquer des matériaux de construction et cela entraîne des dangers encore plus considérables. En utilisant les valeurs indiquées par Charpak *et al.* (2005), on trouve pour une installation d'une puissance de 1 GWe environ 7 cancers radio-induits mortels annuels provoqués par une centrale à charbon de type courant contre 0,08 pour une centrale nucléaire à eau sous pression. La puissance électrique nucléaire installée étant en France d'environ 65 GWe, on peut donc considérer si l'on suit ce raisonnement que l'utilisation de centrales nucléaires plutôt que de centrales à charbon permet à la France, si l'on utilise le coefficient de linéarité aux faibles doses de 0,05 recommandé par la CIPR, d'« économiser » environ 600 cancers radio-induits mortels par an, soit en 75 ans, durée moyenne de la vie en France, plus que le nombre de cancers mortels

9. LES PERSPECTIVES POUR LE 21^E SIÈCLE

9.1. VERS LE TROISIÈME CHOC PÉTROLIER ?

9.1.1. LES ÉLÉMENTS ANNONCIATEURS D'UNE CRISE

Si la consommation mondiale d'énergie primaire continue d'augmenter à son rythme actuel de 1,8% par an en moyenne, elle atteindra près de 17 Gtep en 2030. C'est effectivement à peu de choses près la projection de l'AIE et de la Commission européenne 2004 pour cette date. Et elle atteindrait environ 61 Gtep en 2100, contre 10,3 Gtep en 2000 (courbe 1 de la figure 9.1).

La consommation cumulée d'énergie primaire du début à la fin du siècle serait alors d'environ 2900 Gtep. Dans ces conditions, un maintien du même bouquet d'approvisionnement en énergie primaire commerciale qu'aujourd'hui – soit 83% de combustibles fossiles, 11% d'énergies renouvelables et 6% de nucléaire fourni par des RNT – demanderait une consommation cumulée de combustibles fossiles d'environ 2400 Gtep, soit plus du double de l'estimation la plus favorable de la totalité de leurs réserves prouvées. Elle demanderait aussi d'atteindre en 2100 une consommation annuelle d'énergies renouvelables commerciales de 6,7 Gtep/an, soit nettement plus que les 5,9 Gtep d'énergies renouvelables commerciales que nous avons considérés comme le maximum possible de leur contribution à la fin de ce siècle¹. Et la consommation cumulée d'uranium atteindrait l'équivalent de 175 Gtep, soit près de 4 fois l'estimation la plus favorable de ses réserves prouvées en cas d'utilisation de RNT uniquement. Cela est impossible sans puiser profondément dans les réserves à découvrir de combustibles fossiles et d'uranium, qui sont des réserves par définition hasardeuses, et sans diminuer la part relative des énergies renouvelables, ainsi que celle de l'énergie nucléaire en cas d'utilisation uniquement de RNT. Il faudrait donc encore augmenter la part des combustibles fossiles dans notre approvisionnement, qui est pourtant déjà de 83%.

1. Rappelons que nous avons évalué à 0,6 Gtep la part des énergies renouvelables non commerciales devant être ajoutées à ces 5,9 Gtep, sous forme essentiellement de biomasse utilisée à produire de la chaleur.

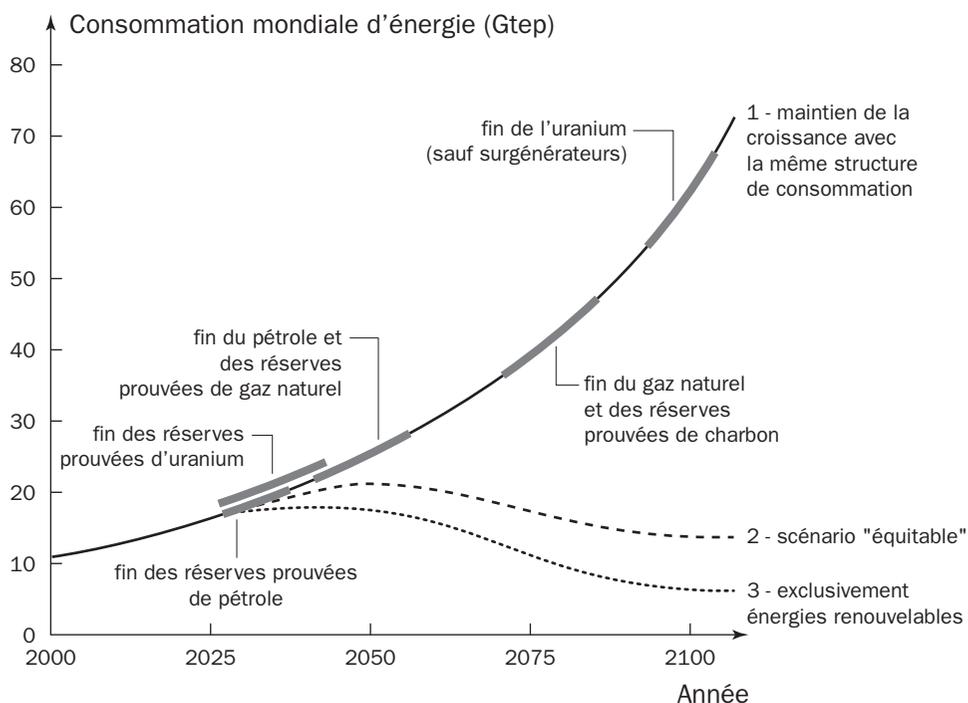


Figure 9.1 - Croissance de la consommation mondiale d'énergie

Divers scénarios d'évolution de la consommation mondiale d'énergie au cours du 21^e siècle : 1 - prolongation de la tendance actuelle ; 2 - scénario « équitable » avec comme objectif une consommation moyenne d'énergie primaire de 2,5 tep/habitant en 2100 pour une population de 7 milliards d'habitants ; 3 - utilisation exclusive des énergies renouvelables en 2100.

Les réserves prouvées de pétrole seraient alors épuisées au plus tard en 2035 et les réserves à découvrir au plus tard vers 2060. Les réserves prouvées de gaz naturel seraient épuisées au plus tard en 2060 et les réserves à découvrir au plus tard en 2080. Les réserves prouvées de charbon seraient épuisées au plus tard en 2080 (figure 9.1). Les réserves prouvées d'uranium seraient épuisées au plus tard en 2045. La consommation cumulée de combustibles fossiles serait à la fin du siècle d'environ 2500 Gtep.

L'ampleur des réserves à découvrir de charbon est sans doute telle qu'il n'y aurait peut-être pas de risque global de pénurie d'énergie pour ce siècle. Mais c'est loin d'être sûr, étant donnée l'incertitude qui existe sur les réserves. Le charbon représenterait à lui seul plus de 80% de l'approvisionnement énergétique dans le troisième tiers du siècle et la pénurie d'énergie deviendrait inévitable au siècle prochain.

Ce scénario « catastrophe » est celui que nous suivons actuellement. Personne ne semble penser qu'il sera possible de continuer à le suivre. Pour autant, on n'observe pour l'instant aucun signe d'inflexion.

10. CONCLUSION

« Nous autres civilisations savons que nous sommes mortelles. »

Paul VALÉRY, 1871-1945

L'énergie est essentielle à l'homme en ce qu'elle lui permet d'exister mais aussi de transformer matériellement à son avantage son milieu de vie. La civilisation industrielle n'a pu se développer comme elle l'a fait que parce qu'elle a su mobiliser les stocks d'énergie contenus dans les combustibles fossiles. Les citoyens des grands pays industriels occidentaux, à force d'habitude, n'ont en général pas conscience des quantités considérables d'énergie qui leur sont maintenant nécessaires pour assurer leur mode de vie actuel. Ils n'ont pas non plus conscience que le développement considérable de l'industrie et du commerce mais aussi celui de la liberté personnelle et des acquis sociaux qu'ils ont connu depuis la deuxième guerre mondiale, ainsi que l'énorme croissance de la population mondiale, n'ont pu avoir lieu que grâce à la disponibilité de grandes quantités de pétrole bon marché, mais ont aussi entraîné une croissance de l'entropie (le désordre physique) dans le monde. Ils ne réalisent donc pas vraiment l'ampleur des bouleversements et de l'appauvrissement que provoquera pour eux la raréfaction et le renchérissement du pétrole. Et beaucoup seraient sans doute farouchement opposés à des restrictions énergétiques dès lors qu'elles risqueraient d'entraîner des modifications de ce mode de vie, comme l'indique le refus de l'Administration des Etats-Unis de ratifier le protocole de Kyoto.

L'accroissement de la consommation mondiale d'énergie est devenu très rapide à partir de 1860 environ. Depuis lors, ses conséquences sur la disponibilité des ressources énergétiques et sur l'environnement n'ont pas été clairement perçues, ou elles ont été traitées avec insouciance. Ce bref ouvrage montre que l'insouciance n'est maintenant plus de mise : les trois grandes catégories de sources d'énergie primaire que nous connaissons – combustibles fossiles, combustibles nucléaires et énergies renouvelables – ne peuvent, dans les conditions actuelles de leur disponibilité et de leur mise en œuvre, assurer très au-delà du 21^e siècle, même à elles trois, l'avenir d'une humanité encore en pleine expansion dont la consommation énergétique est en train de s'emballer. Leurs utilisations présentent aussi toutes à des degrés divers des risques pour la santé publique et pour l'environnement et des mesures de précaution et de sécurité spécifiques à chaque type d'utilisation doivent être inlassablement développées.

A cet égard, l'extrême attention portée au nucléaire a jusqu'ici occulté dans l'opinion les risques très importants liés aux autres formes d'énergie. L'insistance mise sur le nucléaire est certes justifiée. Mais l'industrie nucléaire ne crée qu'une toute petite partie des problèmes posés par la consommation d'énergie. Il serait grand temps de porter la même attention aux nuisances provoquées par les autres sources d'énergie. Et les déchets nucléaires n'ont encore tué personne alors que d'autres types de déchets ont déjà entraîné énormément de maladies et de morts sans que grand monde ne s'en émeuve, faute d'une information adéquate donnée par les médias. Les associations antinucléaires insistent avec justesse sur la nécessité de ne pas compromettre l'avenir des générations futures, or beaucoup d'autres pollutions concernent non seulement les générations futures, mais déjà les générations actuelles. Que dire de la pollution atmosphérique dans les villes, de l'utilisation de l'amiante dans le bâtiment et dans l'industrie, ou des polluants de l'industrie chimique dont la durée de vie est pour certains, métaux lourds en particulier, bien supérieure à celle des déchets nucléaires puisqu'elle est infinie et qui se retrouvent maintenant partout dans l'habitat et dans les produits de consommation courante ? Que dire de la pollution des eaux résultant de l'usage des combustibles fossiles ou de l'agriculture intensive ? Que dire également des dizaines de milliers de personnes qui meurent chaque année d'accident ou de maladie pour alimenter le Moloch de l'économie mondiale en charbon, en pétrole, en gaz, ou en bois, ou de celles qui sont emportées par les eaux ou dont les biens sont ruinés lors des ruptures de barrage ? Il est plus que temps, au lieu de se contenter de diaboliser l'énergie nucléaire comme certains le font actuellement, de présenter à l'opinion publique sur tous ces risques des dossiers honnêtes et très complets.

C'est une condition préalable pour garantir un débat solidement argumenté sur nos choix énergétiques futurs et plus généralement sur nos choix de développement. Ce débat n'existe pas aujourd'hui parce qu'il est confisqué par des groupes de pression antagonistes, économiques, politiques ou idéologiques, qui vantent les avantages de leurs « solutions » mais n'en présentent ni les limites quantitatives ni les inconvénients pour l'environnement et la santé publique.

Si l'augmentation de la consommation mondiale d'énergie devait se maintenir à son rythme actuel (voir courbe 1 de la figure 9.1), il y aurait risque de pénurie d'énergie dès ce siècle, malgré l'importance des ressources de charbon. Et les combustibles fossiles, principalement le charbon, verraient rapidement augmenter leur part pourtant déjà très importante, 83%, dans l'approvisionnement mondial en énergie. La pénurie d'énergie serait certaine dès le siècle prochain, sauf si d'ici là les réacteurs nucléaires surgénérateurs étaient banalisés.

Il y aurait, en l'état des méthodes actuelles de production et d'utilisation de l'énergie, un triplement du pouvoir de réchauffement des gaz à effet de serre de l'atmosphère conduisant à une augmentation de la température de la surface terrestre pouvant

atteindre jusqu'à 5 à 6°C en moyenne mondiale d'ici la fin du siècle, et sans doute un peu plus en Europe Occidentale. Ce réchauffement entraînerait d'importantes modifications climatiques et biologiques, des problèmes économiques et des migrations humaines de grande ampleur, et à terme de quelques siècles une montée du niveau de l'océan dévastatrice et irréversible à l'échelle de temps d'une civilisation. Et n'oublions pas que la température continuerait d'augmenter au cours des siècles suivants !

La pollution autre que celle produite par le gaz carbonique due aux combustibles fossiles et à l'utilisation de la biomasse comme combustible a déjà de graves effets sur la santé publique, entre autres en Chine et en Inde, mais aussi dans une moindre mesure dans les grandes villes occidentales. Elle redeviendrait un problème majeur dans les pays occidentaux, où les efforts actuellement réalisés pour améliorer la qualité de l'air et de l'eau devraient être sans arrêt amplifiés.

Dès 2015-2020 et peut-être même plus tôt, nous aurions à subir un nouveau choc pétrolier. Celui-ci serait dû à l'impossibilité pour la production pétrolière de continuer à croître et se caractériserait donc par une diminution de plus en plus rapide des quantités de pétrole pouvant être offertes à la consommation. Il faudrait donc consommer moins et plus cher. Etant dû cette fois à des causes physiques et non politiques, ce choc serait durable. Comme les chocs précédents de 1973 et 1979, il aurait comme effets de grands désordres économiques, de l'hyperinflation, un accroissement du chômage, une augmentation très importante des prix de l'énergie, un accroissement des tensions internationales et un appauvrissement très important des pays fortement consommateurs de pétrole au profit des pays producteurs. Etant donné sa durabilité, il aurait un effet destructeur sur les grandes villes des pays occidentaux et leurs banlieues, dont le développement n'a été possible que parce que le pétrole était abondant et bon marché. Il aurait également un effet désastreux sur les pays en voie de développement dépourvus de ressources énergétiques, en y installant la régression économique. La tension actuelle sur les prix du pétrole, et par ricochet sur les prix de toutes les énergies, est le signe précurseur de ce choc.

La conséquence la plus immédiate serait une pénurie de carburants et une envolée de leur prix. A une échéance aussi rapprochée, ni les énergies renouvelables ni l'énergie nucléaire ne pourraient conjurer ce risque, parce qu'elles seraient incapables d'assurer une production suffisante de carburants. Et il serait impossible en un aussi court laps de temps de faire passer dans la pratique courante l'utilisation des carburants alternatifs dérivés du gaz naturel ou du charbon qui pourraient se substituer aux carburants produits à partir du pétrole.

Il y aurait dix ou quinze ans plus tard un « choc gazier », suivi de dix à quinze ans après par un « choc charbonnier ».