

# Comparer des scénarios énergétiques pour comprendre les marges de liberté

*Dans le débat international qui s'instaure sur le développement durable, de nombreuses voix s'élèvent contre l'extension de la filière nucléaire, du fait des risques qui lui sont associés (stockage des déchets, risques d'accident et de prolifération).*

*L'énergie nucléaire assure moins de 5% de la consommation d'énergie commerciale dans le monde aujourd'hui. Au niveau mondial et tenu compte de la stagnation actuelle des commandes de réacteurs, cette contribution restera marginale dans les 20 ans qui viennent, face aux enjeux écologiques globaux comme la lutte contre l'effet de serre.*

*Le ralentissement, voire l'arrêt du recours au nucléaire est donc souvent envisagé dans les scénarios énergétiques mondiaux. Chacun sait bien d'ailleurs que le renouvellement d'un accident du type Tchernobyl aurait très probablement comme conséquence l'effondrement de la filière.*

*Quelles sont les marges de manoeuvre en France, où le nucléaire représente par contre aujourd'hui près de 30% de l'approvisionnement énergétique ?*

*L'objectif des scénarios "Détente" est d'évaluer ces marges de liberté. Au delà des chiffres présentés, l'analyse montre que l'enjeu se situe d'abord dans notre capacité à améliorer notre efficacité énergétique, en particulier dans les usages de l'électricité, et à enrayer l'explosion des trafics routiers de personnes et de marchandises. A ces conditions, l'avenir reste bien plus ouvert qu'on ne le pense généralement.*

**G.C.**

La politique énergétique française apparaît d'année en année davantage à contre-courant de celle des autres pays développés. Cela se traduit par un recours massif au nucléaire, la mise en sommeil des efforts d'économie d'énergie, l'absence de développement des énergies renouvelables, le maintien du monopole des entreprises énergétiques publiques. Le plus surprenant est que l'on assiste au déclin de ce qui a fait la force du secteur énergétique en France à savoir les instruments de prévision et les outils de planification. Cela pouvait s'expliquer tant que la France traversait une période de surcapacité nucléaire. Il s'agissait alors d'en assurer la meilleure exploitation possible, de développer les ventes et d'exporter le surplus.

Mais, le secteur énergétique obéissant à des cycles, nous allons entrer dans une période de choix décisifs. Or la prévision énergétique française se borne actuellement à un horizon d'une dizaine d'années sans cerner en particulier le contexte du renouvellement de la première génération de réacteurs nucléaires. Cette absence de réflexion sur le long terme touche également la prise en compte de l'effet de serre.

Certes, le niveau français d'émission de dioxyde de carbone est le plus faible des pays développés, mais faute d'efforts d'économie d'énergie, il pourrait fortement croître. Le discours officiel se limite souvent à valider les choix passés.

Pourtant, les bouleversements énergétiques passés devraient conduire à une plus grande

modestie. Des incertitudes majeures portent sur les prix des combustibles fossiles, sur la fiabilité et l'économie à long terme du nucléaire, sur les tendances de consommation, sur les contraintes environnementales, sur la demande énergétique du Tiers-Monde... A cela s'ajoute le nécessaire élargissement des méthodes de calcul économique vers les effets externes notamment environnementaux et, ce qui revient souvent au même, vers la prise en compte des effets à long terme. Cela change à l'actuelle hiérarchie de coût entre énergies. Le débat politique sur la prise en compte de ces enjeux n'est pas réellement amorcé en France.

De ces interrogations a résulté l'engagement par une équipe indépendante (Inestene) d'un effort de prospective balayant

# Scénarios énergétiques : les marges de liberté

les possibles sans exclusives en comparant des scénarios. Cet exercice baptisé "Détente" (Diminution des émissions de CO<sub>2</sub> et des tensions sur l'environnement induites par les transformations énergétiques) s'articule autour de trois scénarios énergétiques principaux pour la France avec comme horizon 2010–2020. Ces scénarios décrivent à la fois les consommations énergétiques et les systèmes de production. Pour chacun d'entre eux on a recherché une cohérence interne entre les composantes.

## LES ENJEUX

### La crise du nucléaire dans le débat international sur l'environnement global

L'énergie nucléaire assure environ 4,7 % de la consommation d'énergie commerciale dans le monde. Le quasi arrêt actuel des commandes de réacteurs dans le monde va se traduire, compte tenu de la durée des chantiers, par une régression de cette part d'ici 2005. Cette contribution reste hors de proportion avec les grands enjeux écologiques mondiaux comme l'effet de serre.

Certains experts (Goldemberg, Conseil Mondial de l'Energie...) étudient des scénarios mondiaux à faible consommation d'énergie (avec un transfert des pays riches vers les pays pauvres) et un très faible recours au nucléaire. La question se pose de savoir si la France peut longtemps conduire une politique qui apparait de

plus en plus comme une exception. Bien sûr, le développement du nucléaire en France contribue à son faible niveau d'émission de gaz carbonique. Reste à préciser dans quelle mesure il y a un lien obligé entre réduction de la pollution atmosphérique et recours au nucléaire.

### La fin de la surcapacité électrique française dans les années qui viennent

A la fin des années 70 et pendant les années 80, EDF a commandé un parc de réacteurs nucléaires largement au delà des besoins électriques nationaux. Cette surcapacité de l'ordre de 10 réacteurs a été en partie résorbée par des exportations massives (60 TWh). La fin de la surcapacité va découler de la fermeture d'anciennes centrales charbon et de la hausse régulière de la consommation d'électricité (elle même d'ailleurs largement sollicitée par la publicité).

Dans les années qui viennent se posera le choix de commander de nouveaux réacteurs pour poursuivre les exportations ou de rationaliser le système électrique en réduisant les appels de pointe et en économisant l'électricité. Cela permettrait d'éviter d'immobiliser trop de capital dans la production.

Ce débat est d'ores et déjà engagé avec l'opportunité d'entreprendre en France des actions dites de "Demand-Side Management" associant EDF, l'Ademe et les collectivités locales. En même temps, EDF envisage la commande de quelques réacteurs nucléaires par an d'ici 2000 (selon qu'il y a reprise économique ou non).

### Le remplacement à partir de la décennie prochaine des équipements énergétiques massivement commandés après les chocs pétroliers

La crainte de pénurie qui a suivi les chocs pétroliers a débouché sur l'engagement d'investissements très lourds dans l'énergie (exploration pétrolière, centrales nucléaires). Il en a résulté le phénomène de surcapacité déjà décrit.

La décennie 1983–1993 a vu l'inverse se produire. L'énergie, faute de décisions à prendre, est sortie de l'actualité. On a là un phénomène de cycle fréquent en économie.

En France, ce phénomène est particulièrement net pour le nucléaire. Le réacteur de Fessenheim, le plus ancien des réacteurs de 900 MWe, mis en service en 1977, arrivera en fin de vie vers 2007. Celui qui pourrait le remplacer devra être mis en construction autour de 2000. Les renouvellements s'étaleront ensuite jusqu'en 2025. C'est simultanément que les réacteurs nucléaires de l'Europe de l'Ouest arriveront en fin de vie. Le débat sera donc commun aux pays européens et dépendra des parades choisies à l'effet de serre.

### La raréfaction des ressources en combustibles fossiles et l'effet de serre

La consommation effrénée de combustibles fossiles va aboutir à l'épuisement progressif des ressources les moins coûteuses (notamment de pétrole). Il va suivre pendant le prochain siècle une augmentation des coûts au gré des tensions politiques mondiales. Celle-ci

privera encore davantage le Tiers-Monde d'énergie (alors que sa population s'accroît rapidement). L'abondance énergétique des uns risque d'avoir pour symétrique le maintien dans la pénurie des autres.

Un système énergétique mondial basé sur le charbon en relais du pétrole aggraverait la pollution de l'atmosphère et risque d'aboutir à une élévation lente et néanmoins dramatique des températures modifiant les régimes de pluies, les milieux naturels et perturbant l'agriculture. Compte tenu de la phase actuelle d'intense recherche et de modélisation des évolutions climatiques à long terme, on saura vers 2010 évaluer précisément les impacts de l'effet de serre.

Le Rapport du Groupe Interministériel sur l'Effet de Serre a conclu à juste titre qu'une réduction des émissions françaises serait extrêmement difficile à obtenir (après celle très importante réalisée depuis 1980 avec la montée en puissance du nucléaire et de gros efforts d'économie d'énergie).

Un maintien du faible niveau actuel français d'émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) accompagné d'actions vis à vis d'autres gaz à effet de serre, le méthane et surtout les chlorofluorocarbones (les CFC qui vont être petit à petit retirés du marché), aboutirait certes à une réduction de la contribution française à l'effet de serre. Mais il suppose des efforts importants, notamment dans les transports. Il n'est en outre pas certain que cette faible décroissance soit à la hauteur des efforts requis.

## **Le développement des énergies renouvelables**

Le passage des combustibles fossiles vers les énergies renouvelables doit être réussi dans le siècle qui vient. Deux milliards d'habitants ne disposeront pas avant très longtemps de réseau électrique interconnecté ; l'abaissement progressif des coûts de la

production d'électricité photovoltaïque représentera pour eux un enjeu majeur. Les progrès en cours permettront probablement à l'éolien et au photovoltaïque de concurrencer les autres systèmes électriques vers 2010. Mais en France, l'actuelle surcapacité électrique a fortement ralenti le développement des énergies renouvelables.

## **PRESENTATION DES SCENARIOS "DETENTE"**

Les scénarios, très contrastés, ont été construits à partir d'un même cadrage macroéconomique élaboré par le Bipe avec une croissance d'ensemble de l'économie française de 2,5 % entre 1990 et 2010. Ce fut le taux de croissance moyen entre 1975 et 1990. Ce taux apparaît assez fort, puisque depuis 1990 la France connaît une croissance à peu près nulle. Ce niveau de croissance permet de bien analyser les effets sur l'énergie et l'environnement d'une augmentation régulière de l'activité. Si la croissance devait être plus faible, les tensions sur la consommation d'énergie s'en trouveraient réduites.

Dans les scénarios présentés, l'activité des secteurs ne varie pas, c'est seulement la consommation d'énergie nécessaire pour assurer ces mêmes biens et services et la part de marché des différentes énergies qui se différencient.

Le projet Détente a consisté à analyser finement, d'abord côté demande, les évolutions possi-

bles des consommations énergétiques pour chaque usage dans des scénarios cohérents, ensuite, côté offre, à assurer l'approvisionnement énergétique pour répondre à ces besoins (importations de pétrole...) en adaptant la structure de production électrique, enfin à calculer les impacts, notamment les émissions de CO<sub>2</sub>.

Le choix de construire des scénarios selon des rationalités rigoureuses côté offre et demande affaiblit certes la lisibilité des scénarios pour chacun des choix pris séparément, par contre cela garantit leur cohérence. Ainsi, on ne peut imaginer développer le chauffage électrique après avoir choisi de remplacer les réacteurs nucléaires par des centrales charbon.

Les calculs énergétiques fins ont été effectués jusqu'en 2010 pour la consommation d'énergie. Mais afin de prendre



# Scénarios énergétiques : les marges de liberté

en compte le renouvellement de l'équipement électrique et de mieux cerner les niveaux d'émission de CO<sub>2</sub> à long terme, une simulation de la production électrique a été réalisée jusqu'en 2020.

Dans le projet Détente, huit scénarios ont été initialement construits. Dans cette présentation synthétique, on n'en retiendra que trois, les autres constituant des modulations d'effort de maîtrise de l'énergie et d'évolution des transports. On mentionnera leurs résultats au besoin.

## **Le scénario A de poursuite du nucléaire**

Sur la base des choix actuels, le scénario de référence est celui du renouvellement du parc nucléaire entre 2005 et 2025 avec une part de la production électrique voisine des deux tiers. Déjà, Framatome et Siemens développent ensemble un nouveau modèle de réacteur (NPI) pour le futur marché européen. Cette option centrale étayée ici sur une conviction forte de la rentabilité du nucléaire peut s'accompagner d'une diffusion très forte de l'électricité dans tous les usages, dans un souci de plus grande indépendance énergétique (notamment avec une part de marché du chauffage électrique de l'ordre de 60% dans l'habitat neuf).

Le choix nucléaire, fortement validé dans ce scénario, permet d'éviter une trop forte dépendance du pétrole et des autres combustibles fossiles et, en conséquence, de maîtriser les émissions de polluants atmosphériques. Sur la base de

ces atouts, ce scénario tendanciel comporte un maintien au niveau faible actuel des efforts d'économie d'énergie (en plus des acquis comme la réglementation thermique dans les logements). Cette situation s'inscrit dans un contexte de retrait de l'Etat des interventions économiques sur fond d'explosion des budgets sociaux (montée du chômage, financement des dépenses de santé...). Le même raisonnement vaut en grande partie pour le développement des infrastructures de transport collectif.

Toutefois, un autre scénario à fort développement du nucléaire pourrait associer un effort résolu d'économie d'énergie. Cette variante permettrait d'atteindre le niveau minimal d'émissions de gaz carbonique.

## **Le scénario B, dit de rééquilibrage**

Il s'agit là d'un scénario de transition qui comprend d'abord un effort important d'économie d'énergie, y compris dans les usages de l'électricité et les transports, qui a pour effet de réduire les besoins de centrales électriques et d'éviter des importations de combustibles. Le choix nucléaire n'est pas remis en cause, mais on rééquilibre sa contribution.

Dans cette hypothèse, les commandes à venir de moyens de production électrique se porteraient d'abord sur la cogénération et les renouvelables, puis sur les turbines à gaz. La contribution du nucléaire pourrait dès lors être vers 2010 comprise entre 40 et 60% de la production électrique avec un fonctionnement plus

long sur l'année (au delà de 6000 heures) ce qui permettrait un meilleur amortissement.

Dans cette logique, le chauffage électrique appelant des moyens de production de pointe (et donc alors des combustibles fossiles) cesserait d'être encouragé au profit du bois, des chauffages urbains et surtout du gaz naturel. Un bon compromis entre économies d'énergie, production nucléaire et réduction de la production électrique en pointe devrait permettre de maîtriser les émissions de gaz carbonique.

## **Le scénario C de sortie du nucléaire**

La sortie du nucléaire ici envisagée se fait par non remplacement des réacteurs arrivés en fin de vie et par anticipation du retrait du réseau de ceux qui restent en 2010. L'amortissement des réacteurs étant prévue par EDF sur 25 ans, il n'y aurait alors pas de destruction de capital pour les réacteurs mis en service avant 1985, c'est à dire la moitié du parc.

Ce scénario volontariste permet de déterminer les conditions limites d'une relève du nucléaire et ses impacts. Pour effectuer cette sortie du nucléaire dans les meilleures conditions, l'accent est mis sur les économies d'énergie et sur la mise en service d'une production d'électricité faisant le moins appel possible aux combustibles fossiles (renouvelables et cogénération en particulier). L'autre enjeu de ce scénario est l'évaluation de l'impact sur les émissions de dioxyde de carbone.

## COMPARAISON DES SCENARIOS

On examine successivement les résultats des 3 scénarios principaux du point de vue de la consommation d'énergie finale, de la consommation d'électricité, de la production d'électricité, de la consommation d'énergie primaire et des émissions de CO<sub>2</sub>.

### La consommation énergétique par secteurs consommateurs et par énergies

La consommation d'énergie dans les différents secteurs d'activité dépend des efforts d'économie d'énergie.

#### *Le secteur transport*

Avec les 2/3 du pétrole consommé et bientôt 40% des émissions de CO<sub>2</sub>, le secteur des transports représente un enjeu majeur. Non seulement, la route reste le mode de transport dominant mais aucun mode concurrent ne répond à un grand nombre de besoins : les liaisons campagne-campagne ou campagne-banlieue, le déplacement des jeunes enfants ou des personnes âgées, la distribution urbaine de marchandises... L'attachement des particuliers à l'automobile individuelle renforce encore le sentiment d'une marge de manoeuvre étroite.

A l'inverse, l'encombrement rapide des villes et l'augmentation des pollutions liées à l'automobile engendrent la perception de l'impossibilité de poursuivre à long terme le rythme actuel de croissance des trafics. Pourtant, la voiture

constitue un mode de conversion de l'énergie de rendement extrêmement bas.

Les potentiels d'économie d'énergie sont nombreux. Le principal repose sur une évolution des critères de choix des véhicules (moins puissants, aux performances adaptées aux conditions réelles d'utilisation essentiellement urbaines). Une réduction de vitesse des voitures à partir de moteurs plus lents et adaptés aux limitations de vitesse constitue un potentiel d'économie de 4 Mtep.

Les autres potentiels sont liés à l'amélioration des véhicules (injection électro-nique, amélioration de l'aérodynamique, allègement des camions, adaptation continue des rapports de boîte de vitesse), à l'amélioration des comportements de conduite, à la gestion du trafic urbain et aux transferts modaux.

Ces multiples marges de manoeuvre permettent d'envisager une stabilisation des consommations d'énergie à l'horizon de 20 ans même dans un contexte de croissance du trafic passagers de 42% entre 1990 et 2010. On peut estimer le potentiel maximal d'économie de pétrole à 14 Mtep pour le transport des passagers. Pourtant si on développe des moyens de transport alternatifs à la route, la part du trafic automobile ne régresserait que de 76% à 67%. Il s'agit là de potentiels considérables mais ils ne sont atteignables qu'avec une évolution importante des

comportements d'achat des véhicules et de choix quotidiens des modes de déplacement.

La même approche appliquée au transport des marchandises met en évidence un potentiel maximum d'économie d'énergie de 5 Mtep pour une croissance du trafic en tonnes\*km de 34% entre 1990 et 2010.

Au delà des possibilités techniques d'amélioration des véhicules et de la répartition entre modes de transport, la véritable question est celle de l'explosion de la demande de mobilité des personnes et des échanges de marchandises. Elle induit à moyen terme une remise en cause fondamentale de la dérégulation actuelle de l'organisation de l'espace. La meilleure réponse à la croissance des transports serait un meilleur urbanisme rapprochant l'habitat des zones d'activité notamment tertiaires, une relance de l'aménagement du territoire pour répartir l'emploi qui tend plus que jamais à se concentrer et à valoriser les circuits courts d'échanges entre entreprises.

#### *Les économies d'énergie dans l'habitat*

Les économies réalisées depuis 1973 ont permis des gains très importants sur les systèmes de chauffage. Il en a résulté une stabilisation autour de 35 Mtep (bois compris) de la consommation alors que le niveau de confort s'est nettement amélioré.

L'amélioration du parc bâti est plus lente compte tenu du rythme de renouvellement des logements. La réglementation



## Scénarios énergétiques : les marges de liberté

thermique adoptée en 1989 permet de diviser par deux les besoins de chauffage d'un logement neuf par rapport à ceux construits avant 1975. La consommation en 2010 pourrait tomber de 36 à 20 Mtep malgré une augmentation de 15% du nombre de logements (croissance démographique et décohabitation des ménages).

### *La valorisation du bois*

C'est l'habitat qui représente le principal débouché du bois (8 Mtep). Les possibilités sont considérables. D'une part, la ressource actuelle pourrait augmenter d'un tiers d'ici 20 ans, essentiellement par l'amélioration de l'entretien de la forêt privée. D'autre part, les rendements de combustion peuvent presque doubler grâce aux progrès technologiques récents (contrôle de débit d'air, ralenti de nuit, automatisation du chargement des grosses installations...).

Faute d'un effort de structuration des acteurs de la filière bois et de politique commerciale, la France se trouve dans un contexte aberrant de sous-valorisation d'une ressource bon marché qui permettrait de fixer des emplois dans les régions de moyenne montagne et de bocage.

Enfin, la ressource peut encore augmenter si l'on inclut des cultures de taillis. L'augmentation de la surface boisée (30 000 ha par an et probablement 70 000 ha avec la mise en jachère) devrait permettre au terme de la croissance (au delà de 2010) d'assurer un approvisionnement plus important sans menacer l'équilibre écologique des forêts

(14 Mtep). Les nouvelles consommations de bois se feront par la diffusion d'inserts performants en seconde énergie dans les maisons individuelles, de petits réseaux de chaleur ou de chaudières collectives et industrielles. Faute de structuration des professions, la biomasse pourrait rester inexploitée.

Pour les biocarburants, les objectifs sont beaucoup plus modestes. Les ordres de grandeur de leur possible valorisation sont de l'ordre du dixième du potentiel de valorisation du bois.

### *Les économies d'énergie dans l'industrie*

Les potentiels découlent de l'amélioration des procédés et du remplacement progressif de sites industriels anciens. Le CEREN a évalué le potentiel à 11 Mtep d'ici 2005. La consommation d'énergie dans l'industrie était de 53 Mtep en 1990. La consommation d'énergie ne pourra pas être stabilisée si la croissance de la production industrielle se maintient à 2,2% par an en moyenne. L'industrie

a été en effet le secteur dans lequel le plus d'économies ont été réalisées depuis 1973. La marge de manoeuvre y est maintenant plus restreinte et les mouvements de substitution pour l'essentiel achevés. Par contre, des mouvements de localisation des industries lourdes devraient amener une perte d'industries grosses consommatrices d'énergie. Selon les efforts de maîtrise de l'énergie, la consommation sera alors comprise entre 60 et 77 Mtep.

### *L'amélioration des comportements*

La principale ressource d'économie d'énergie est d'ordre culturel. Les habitudes quotidiennes de consommation, les comportements d'achat de véhicules jouent un rôle déterminant. Face à d'éventuelles crises énergétiques comme peuvent en produire les tensions autour des approvisionnements pétroliers ou un accident nucléaire majeur, les comportements peuvent évoluer rapidement.

Le tableau 1 résume les

en Mtep	1990	2010		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
Habitat	54,9	64	40,5	38,2
Tertiaire	27,4	47,5	40,2	32,2
Transports	45,3	65,5	48,7	45,4
Agriculture	3,3	3,5	3,4	3,4
Industrie	54,4	76,2	67,9	59,7
Total	185,3	256,7	200,7	178,9

**Tableau 1 - Consommation d'énergie finale par secteur**

consommations des différents secteurs dans les trois scénarios.

Le scénario A à fort chauffage électrique est handicapé par rapport aux autres, de même que le B où les efforts de maîtrise de l'énergie dans les transports s'avèrent insuffisants. L'écart de consommation d'énergie dans l'ensemble des secteurs entre les scénarios C et A est de 30,3% (77,8 Mtep soit plus que la production nucléaire de 1990 et l'actuelle consommation totale de pétrole)! Cela confirme l'importance majeure des décisions en matière de maîtrise de l'énergie. A noter aussi que ce sont dans des usages assez diffus que se situent maintenant les plus gros potentiels d'économie d'énergie. Les exploiter nécessitera donc une capacité de mobilisation du grand public.

Le tableau 2 présente cette consommation d'énergie finale par énergie.

Sous cette présentation, les consommations finales de charbon et de gaz naturel sont assez identiques pour les trois scénarios (c'est à dire sans décomposer la production d'électricité). De même, les consommations d'énergies renouvelables ne varient guère malgré les efforts déployés pour faire pénétrer le solaire dans la production d'eau chaude sanitaire et surtout le bois en chauffage.

Cela provient du fait que les appareils deviennent de moins en moins consommateurs (multiplication par deux des rendements des chaudières bois). Dès lors des économies viennent aussi réduire la

en Mtep	1990	2010		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
Charbon	10,3	9,8	8,3	8,8
Gaz naturel	23,4	37,3	34,3	24,9
Pétrole	73,7	83,6	63,4	55,8
Renouvelable	9,5	7	8,7	12,9
Electricité	68,4	119	88	76,5
Total	185,3	256,7	200,7	178,9

Tableau 2 - Consommation par énergie finale

pénétration de ces énergies. Il faut aussi ajouter que la meilleure valorisation des apports solaires dans les bâtiments par les techniques de l'architecture climatique est comptabilisée comme économie d'énergie.

C'est donc sur le pétrole et l'électricité que se font les différences, ce qui confirme bien les deux enjeux majeurs que sont les transports (63% du pétrole consommé en France en 1992 en énergie finale, proportion qui ne cesse de croître) et la consommation d'électricité sachant que depuis 15 ans aucun effort d'économie n'y a été fait (c'est même nettement le contraire).

Les potentiels d'économie de consommation apparaissent respectivement de 26 Mtep pour le pétrole (41% d'écart entre le scénario C et le scénario A) et de 41 Mtep pour l'électricité (34% entre le scénario C et le scénario A). L'écart de consommation d'électricité représente les deux tiers de la production nucléaire de 1990. Cet écart pourrait être réduit dans le cas d'une volonté

gouvernementale forte de relancer les économies d'énergie, même dans un scénario de recours au nucléaire. Malheureusement, ce n'est pas la tendance constatée. Rappelons que le scénario C prend en compte une pénétration progressive des techniques performantes mais reste très modéré sur les changements de comportements possibles.

### La consommation d'électricité

Une analyse détaillée des consommations d'électricité du tableau 3 est nécessaire. La première cible possible pour les économies d'électricité est le chauffage électrique dans l'habitat, dans le tertiaire et dans l'industrie. L'enjeu : environ 60 TWh. Ce seul gisement d'économie est presque suffisant pour absorber pour 20 ans les nouvelles consommations d'électricité provenant de l'augmentation de l'équipement des ménages, du tertiaire, des transports collectifs... Les autres



# Scénarios énergétiques : les marges de liberté

principaux potentiels d'économie concernent l'éclairage, l'électroménager et les moteurs industriels. Le potentiel maximal retenu pour tous les secteurs dans le scénario C est de 170 TWh, soit 35% de la consommation du scénario A.

N'ayant pas encouragé pour cause de surcapacité de production les économies d'électricité depuis 10 ans, la France dispose d'un potentiel important qui permet presque d'éviter toute croissance de la consommation électrique. Il s'agit là d'un résultat aux effets assez équivalents à ceux obtenus sur le pétrole après les chocs pétroliers.

Le début d'introduction en France du Demand-Side Management décidé en janvier 93 par le Ministère de l'Énergie, EDF et l'Ademe, marque un tournant décisif. Réduire les consommations d'électricité en pointe permettra à EDF de reporter ou d'éviter des investissements, une partie de ceux-ci peut même être transférée aux consommateurs pour les inciter à mieux gérer leur consommation.

Les consommations d'électricité dans l'industrie des divers scénarios diffèrent beaucoup moins que dans le résidentiel et le tertiaire. Dans un grand nombre de cas en effet, économiser l'énergie dans les procédés consiste à substituer l'électricité aux combustibles fossiles.

Les scénarios à forte maîtrise de l'énergie comprennent en outre dans les transports un développement important du rail et du véhicule électrique hybride. Mais ces actions qui permettent de substantielles économies de pétrole n'induisent pas de fortes consommations d'électricité. C'est donc dans les usages domestiques et tertiaires que la différence entre les scénarios se révèle. Ces secteurs représenteront en tendanciel les deux tiers des consommations électriques en 2010, avec un doublement entre 1990 et 2010 pour le scénario A. A noter que les actions sur l'éclairage, l'électroménager, les usages du tertiaire et le chauffage électrique ne posent guère de problèmes technologiques.

## La production d'électricité

### La production électrique à partir des énergies renouvelables

Seule l'hydraulique contribue aujourd'hui significativement à la production électrique (27 GWe de puissance et 75 TWh de production en année sans sécheresse). Son potentiel additionnel est maintenant réduit.

De l'électricité peut être produite à partir d'autres sources renouvelables par valorisation des déchets fermentescibles issus de l'agriculture, des ordures ménagères, de l'épuration des eaux ainsi que par la récupération de gaz de décharge. S'y ajoute la production en cogénération dans les réseaux de chaleur bois. Ils constituent les potentiels les plus importants en début de période (7 GWe).

A l'horizon du remplacement du parc nucléaire en fin de vie des réacteurs, c'est à dire dans à peine quinze ans, on peut mobiliser une capacité de production électrique à partir des énergies renouvelables, hydraulique comprise, représentant un quart environ de la production totale. Leur émergence sera progressive.

Viendront progressivement compléter ces sources : l'éolien pour la production en base et plus modestement le solaire photovoltaïque. C'est autour de 2010 que l'abaissement des coûts et la mise en place de grosses capacités de production industrielle permettront au solaire photovoltaïque de devenir plus compétitif que les

en TWh	1990	2010		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
Habitat	103,1	182	88	77
Tertiaire	78,7	163	132	89
Transports	8,6	10	16	20
Agriculture	2,3	5	5	5
Industrie	115,5	177	163	155
Total	308,2	536	404	345

Tableau 3 - Consommation d'électricité par secteur



---

énergies actuelles. Les renouvelables, hydraulique comprise, pourraient alors assurer une capacité de 44 GWe en 2020.

#### *La production électrique à partir des combustibles fossiles*

Deux techniques se développent rapidement :

- D'une part, la cogénération qui permet de répondre simultanément aux besoins de chaleur et de production d'électricité. La vapeur en sortie de turbine est réutilisée (vapeur industrielle, chauffage domestique ou tertiaire) au lieu d'être rejetée dans l'atmosphère. Cette association permet de gagner 40 % sur la consommation de combustibles tant les rendements des centrales électriques au charbon sont faibles actuellement (de l'ordre de 35%). Ce gain de 40% prend en compte à la fois la production d'électricité et celle de chaleur qui serait sinon assurée par une chaudière.

- D'autre part, les turbines à gaz à cycle combiné qui atteignent maintenant des rendements de production électrique de 50%. Cette technique permet de produire de l'électricité à des coûts compétitifs, essentiellement à partir du gaz naturel (entre 30 et 35 centimes le kWh). S'il n'y a pas d'effet d'échelle à attendre dans ces technologies, ces turbines compensent leur petite taille par des rendements élevés et une réduction des frais de distribution d'électricité grâce à une production très décentralisée.

Les potentiels de cogénération en prenant en compte une rémunération des producteurs

indépendants au coût évité pour EDF n'ont pas encore été précisément évalués en France. Les éléments dont nous disposons (réseaux de chaleur, valorisation des déchets, cogénération dans le tertiaire et l'industrie) font apparaître un potentiel de l'ordre de 22 GWe en puissance et une production maximale de 100 TWh. Ce potentiel pourrait venir relayer des centrales à charbon en bout de course. C'est là un niveau équivalent au potentiel mis en évidence dans un pays comparable comme la Grande-Bretagne.

Ainsi, c'est une profonde refonte du secteur électrique qui se profile, avec une production d'électricité associée à la production de vapeur industrielle, à des chauffages urbains mais aussi dans les chauffages collectifs d'immeubles d'habitation ou de bureaux. Les potentiels techniques de la cogénération augmentent en permanence grâce aux technologies de petite cogénération télégérée, de l'électronique de commande, de cycles variables permettant de varier le ratio chaleur/électricité.

Le seuil de rentabilité de la cogénération, si l'on tient compte des coûts évités à EDF (économies de réseau et de centrales), se situe en France à des niveaux de puissance de quelques centaines de kilowatts et non plus de centaines de mégawatts. Les compagnies peuvent désormais suivre d'année en année leur courbe de consommation au plus juste. Cela évite de financer durant cinq ou dix ans la construction d'une grosse centrale dont la production peut s'avérer excédentaire lors de son

achèvement. Cet avantage financier, valable aussi pour les énergies renouvelables, se traduit par un moindre prix de revient du kWh électrique. Néanmoins, les consommations supplémentaires de combustibles fossiles engendrées par la production d'électricité alourdiront les émissions de polluants atmosphériques de ce secteur.

Ces nouvelles techniques voient leur compétitivité progresser très vite. Le Ministère de l'Industrie a publié les coûts comparatifs entre les différentes solutions de production d'électricité ("les coûts de référence"). La hiérarchie des coûts s'y établit comme suit : pour des productions d'électricité en base (6000 heures) par an : la cogénération industrielle 17 centimes le kWh, le nucléaire 25 et les turbines à gaz à cycle combiné 30 centimes. Ces calculs montrent un net resserrement des coûts entre solutions concurrentes malgré une sous-estimation chronique des coûts du nucléaire (non prise en compte des coûts de recherche, du coût d'un éventuel accident et surtout minimisation du coût du démantèlement des réacteurs et du stockage des déchets)<sup>1</sup>.

---

1) L'utilisation d'un taux d'actualisation à 8% comme pour les investissements industriels aboutit à écraser les charges à long terme qui pèseront sur les générations futures.



# Scénarios énergétiques : les marges de liberté

Les tableaux 4 et 5 présentent l'évolution de la puissance et de la production électrique selon les scénarios.

La production nucléaire du scénario B serait de 60% de celle du scénario A. Chacun de ses réacteurs produisant de l'électricité plus régulièrement sur l'année aurait une production accrue et donc un meilleur amortissement.

Dans tous les scénarios, les centrales thermiques classiques au charbon et au fioul auraient une contribution négligeable. L'arrêt du développement du chauffage électrique dans l'habitat dans les scénarios B et C se traduit par un appel de puissance maximal en période hivernale nettement plus faible que ne le laisserait penser une réduction proportionnelle aux économies d'électricité. Dans le scénario B, on ne mobilise dans un premier temps que les potentiels d'énergies renouvelables et la cogénération. Dans le scénario C, ces capacités nouvelles étant proches de leur maximum, il faut commander

en TWh	1990	2010		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
Nucléaire	313,8	566	330	0
Thermique charbon et fioul	33,8	33,2	13	31,5
Thermique gaz naturel	0	6,7	8	131
Hydraulique	57,1	76	79,5	79,5
Autres renouvelables	1,1	4,9	21,5	39
Cogénération	4,8	9,2	39	96,5
Total production	410,6	696	491	377,5
Exportations-Importations	-45,7	-60	-27	0
Secteur énergie et pertes	-51,4	-100	-60	32,5
Disponible p. consommation	313,5	536	404	345

**Tableau 5 - Production d'électricité**

des turbines à gaz à cycle combiné pour faire l'appoint.

L'effort financier de renouvellement du parc nucléaire à engager dans les décennies qui viennent est considérable dans le scénario A. Le renouvellement du parc nucléaire et le démantèlement des réacteurs représentera un coût de l'ordre de 1000 milliards de F. Un réacteur de 1400 MWe comme ceux maintenant commandés coûte en effet 15 milliards de F. Le remplacement des 65

réacteurs actuels d'une puissance totale de 65 000 MWe se montera donc à 700 milliards de F. A cela, il faut ajouter le démantèlement, la gestion des déchets et l'augmentation éventuelle de capacité de production si la consommation d'électricité continue à croître. Le principal argument qui décidera le pouvoir politique et EDF à économiser l'électricité sera donc très probablement d'ordre financier.

La très forte différence de niveau entre la production du scénario de fort développement du nucléaire et de sortie de celui-ci découle en grande partie de l'arrêt de consommation d'électricité de l'industrie nucléaire elle-même (l'enrichissement de l'uranium et le retraitement des déchets consommeraient au maximum 47 TWh en 2010). Le tableau 4 présente la structure des parcs électriques en 2010 des trois scénarios.

Bien évidemment, dans les scénarios à forte restructuration de la production d'électricité,

en GWe	1990	2010		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
Nucléaire	59,4	102,9	58,8	0
Thermique charbon	17,8	5,4	4,2	4,2
Thermique fioul	4	1,4	1,4	1,4
Thermique gaz naturel	1	5,7	2,4	21,9
Hydraulique	24,3	26,7	27,8	27,6
Autres renouvelables	0,3	0,9	4,8	7,4
Cogénération industrie	3	2,1	6,1	9,6
Cogénération habitat-tertiaire	0	1	7,2	12,4
Total	109,8	145	112,7	85,7

**Tableau 4 - Evolution de la puissance électrique**

les exportations d'électricité sont réduites voire arrêtées. Le tableau qui suit présente la production électrique par technique. On y a déduit les exportations et les consommations de la branche énergie, du pompage et des pertes du réseau pour correspondre à la consommation d'électricité par les clients d'EDF.

Sur le plan économique trois phénomènes sont à prendre en compte. Tout d'abord, les coûts de l'aval du cycle (démantèlement des réacteurs de la première génération et stockage des déchets) sont assez équivalents dans les scénarios. Dans tous les cas, le remplacement de la quasi totalité des équipements de production électrique hors hydraulique est à assurer.

L'avantage économique d'un scénario par rapport à l'autre dépend des coûts du kWh retenus de chaque technique. Le Ministère de l'Industrie considère que le coût du kWh produit en cogénération industrielle est de 17 centimes, celui du nucléaire 25 centimes et celui des turbines à gaz entre 30 et 35 centimes. Or, le coût du nucléaire généralement repris en compte dans les autres pays est supérieur à 35 centimes.

Le nucléaire français est le plus rentable de tous, néanmoins, on peut considérer son coût comme largement sous-estimé. Si les coûts de construction, du combustible et d'exploitation ne font guère débat, des incertitudes très fortes portent sur les coûts de maintenance (ils ont doublé en moins de dix ans) et surtout le démantèlement des réacteurs et la gestion des déchets. Les

scénarios à vigoureux effort d'économie d'électricité permettent de réduire la capacité de production notamment, la plus coûteuse en pointe. Par contre, ils nécessitent des investissements très importants chez les consommateurs.

Plus que par un niveau d'investissement différent, ces scénarios diffèrent par le rôle des acteurs. Si EDF économise la réalisation d'investissements alors que les consommateurs vont investir pour économiser l'électricité, il faut transférer une partie de ce capital vers les consommateurs. C'est l'esprit du demand-side management développé maintenant dans la plupart des pays. Il se justifie chaque fois qu'économiser un kWh coûte moins cher que de produire un kWh supplémentaire.

### La consommation en énergies primaires

C'est en remontant aux énergies primaires, c'est à dire en amont de la production d'électricité, que l'on peut le mieux analyser

comment les bouleversements de la production d'électricité se traduisent en terme de parts en marché entre combustibles fossiles (tableau 6).

Les économies d'énergie primaires réalisées dans le scénario C représentent 35,4% de la consommation du scénario A. La contribution du charbon reste faible dès lors que l'on veut prendre en compte le critère d'émission de CO<sub>2</sub>. La contribution totale des énergies renouvelables pourrait passer de 25 Mtep à 41 Mtep en 2010. Elle dépasse nettement dans tous les scénarios celle du charbon et représente jusqu'à 20% de l'approvisionnement énergétique en 2010.

La consommation de pétrole est comprise entre 73 et 102 Mtep. Ce niveau dépend totalement des options prises dans les transports. Sa part dans l'approvisionnement énergétique s'échelonne entre 33 et 36%.

Le nucléaire représente 40% de l'approvisionnement énergétique dans le scénario A, et bien

en Mtep	1990	2010		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
Charbon	19,1	16,2	12,8	18,8
Pétrole	91,3	102,3	80,4	73,2
Gaz naturel	26,4	42,5	43,3	68,5
Nucléaire	61	125,6	75,1	0
Renouvelable	22,4	25	28,5	40,9
Total	220,2	311,6	240,1	201,4

Tableau 6 - Consommation d'énergie primaire

## Scénarios énergétiques : les marges de liberté

sûr rien dans le scénario C. Dans le scénario B le nucléaire représente encore 30% ; cela résulte des efforts d'économie d'énergie et du rythme lent de remplacement des réacteurs (qui s'échelonne jusqu'en 2020). Dès lors, ce scénario ne nécessite aucune commande de réacteur nucléaire avant 2005.

La contribution du gaz naturel suit le mouvement inverse. Fortement concurrencé pour la production de chauffage par l'électricité et inutile à la production d'électricité dans le scénario A, il voit sa part réduite à 13,6 %. A l'inverse dans le scénario C, sa contribution atteint 35 % et approche celle du pétrole. Les réserves mondiales de gaz naturel, supérieures et moins concentrées que celles de pétrole, permettent ce niveau d'importation. Mais cette multiplication par 2,5 des importations françaises nécessite un renforcement des infrastructures de transports (gazoducs en provenance de Sibérie, de Norvège et des Pays-Bas ainsi que les flottes de méthaniers).

### Les émissions de dioxyde de carbone

La France a connu une baisse de 25% des émissions de gaz carbonique depuis 1980. Avec une émission de 1,89 tonne de carbone par habitant en 1992, la France a le niveau le plus faible des pays industrialisés. Un maintien de ce niveau en 2010 constituera une performance remarquable.

Les émissions de CO<sub>2</sub> (tableau 7) sont comptées par leur masse de carbone. Elles ne

concernent que les émissions du secteur énergétique sans celles liées aux procédés industriels (production de ciment, de fonte...).

Atteindre l'objectif de sortir du nucléaire avec le maintien du niveau d'émission de CO<sub>2</sub> de la France et le respect de ses engagements internationaux implique de réduire les émissions dues à d'autres formes d'énergie. Ce potentiel de réduction des émissions, on le trouvera en particulier dans le secteur transport et par l'utilisation importante du bois et de la biomasse en substitution du fioul et de l'électricité dans le chauffage domestique et tertiaire.

Les impacts des scénarios sur la pollution atmosphérique apparaissent finalement peu contrastés. Les désengagements du nucléaire et les efforts d'économie d'énergie ont des effets qui se compensent. Bien évidemment un scénario qui cumulerait les deux aurait les meilleures performances.

La variante de retour du

nucléaire en base et de commande de centrales au charbon sans effort de maîtrise de l'énergie conduit à une forte élévation des émissions par rapport au scénario B. Un scénario de retrait total du nucléaire associé à la construction d'une puissance équivalente de centrales charbon donnerait des résultats pires encore.

Un scénario avec maintien d'une production électrique à 75% nucléaire et un intensif programme d'économie d'énergie et développement du chauffage électrique aurait donné les résultats les meilleurs en ce qui concerne le CO<sub>2</sub>.

Le résultat du scénario C peut être jugé comme très bon puisqu'il ne s'écarte pas fortement des autres scénarios malgré la priorité affichée à sortir du nucléaire au plus vite. Une sortie du nucléaire avec un effort faible de maîtrise de l'énergie aboutirait à des émissions nettement plus fortes qu'un retour du nucléaire en base (106 Mt).

mégatonnes de carbone	1990	2010		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
Habitat	23	19	15	17
Tertiaire	11	11	11	17
Transports	44	63	46	43
Agriculture	3	2	2	3
Industrie	31	36	32	40
Total	112	131	106	119

Tableau 7 - Emissions de CO<sub>2</sub> par secteur

## Le classement des scénarios

Le scénario A cumule les risques à l'exception de l'effet de serre.

Dans le scénario B, les économies d'énergie libèrent des contraintes simultanément vis à vis des risques nucléaires et des transports.

Le scénario C évacue rapidement le risque nucléaire mais passe par une période de tension entre offre et demande.

Très probablement, les systèmes énergétiques qui "tiendront" le mieux face aux aléas de l'histoire sont ceux qui peuvent le plus facilement "bifurquer". Là encore, les économies d'énergie, la maîtrise de la mobilité dans les transports, le développement des énergies renouvelables "construisent" une marge de liberté vitale.

Rappelons que ces scénarios n'ont pu faire l'objet de comparaisons économiques d'ensemble, même si la rentabilité financière des efforts d'économie d'énergie a été vérifiée.

## SEPT CONCLUSIONS POUR ENGAGER LE DEBAT

### Maintenir différentes options de production d'électricité

L'avenir sera très dépendant des conditions du vieillissement des réacteurs nucléaires. Il y a là une incertitude forte et irréductible. La sécurité du nucléaire et les performances économiques constatées en fin de vie de la 1ère génération de réacteurs vont peser très lourd quelles que soient les évolutions de la consommation électrique et les choix de moyens de production.

Au delà des divergences d'opinion sur l'opportunité du recours ou non au nucléaire, doit prévaloir un souci de prudence. La production énergétique implique de très fortes pollutions et des risques majeurs. Personne ne peut parfaitement hiérarchiser ces risques. Certaines solutions : les économies d'énergie, la valorisation des énergies renouvelables ne contribuent pas aux risques globaux et diminuent les tensions, ce sont des politiques "sans regrets", (les économistes appellent une "stratégie sans regrets" celle qui à côté d'autres à coût sensiblement équivalent, réduit les impacts négatifs).

### Les potentiels d'économie d'énergie restent très importants, surtout là où on les a encore peu exploités : la consommation d'électricité

Le niveau de consommation d'électricité déterminera le degré de liberté dans la

production électrique et conditionnera le classement des scénarios élaborés pour Détente.

Les efforts financiers doivent d'abord être concentrés sur les économies d'énergie. Rappelons que vers 1997, la France va sortir du contexte de surcapacité nucléaire. Côté offre, les investissements lourds ne seront à engager qu'à partir de 2000. Deux attitudes sont possibles, l'attente et la préparation de la phase suivante à travers une rationalisation de la consommation. Notre hypothèse est que l'intérêt de tous va dans le sens du développement des économies d'électricité à travers l'adoption du "Demand-Side Management", c'est à dire l'intéressement des consommateurs et d'EDF à la réalisation des économies.

Réduire, voire éviter le recours au nucléaire au delà de la première génération de réacteurs, ne sera pas possible sans maîtrise de la demande. A l'inverse, réaliser des économies d'électricité rentables en particulier sur les consommations de pointe (chauffage électrique en particulier) va dans le sens d'une meilleure gestion du service public (réduction de son endettement, moindre nombre de centrales à commander).

C'est donc aussi une condition pour que la seconde génération



## Scénarios énergétiques : les marges de liberté

de réacteurs nucléaires soit une réussite économique. Il faudra donc engager rapidement des investissements pour éviter des charges ultérieures.

L'Etat doit rapidement relancer sa politique de maîtrise de l'énergie. Le bilan des années récentes montre en effet que le marché n'a pas pris le relais. De ce point de vue, le débat qui s'ouvre n'est pas la répétition de celui des années soixante-dix lors de l'engagement de la première génération de réacteurs. Ce sont les financiers qui vont bientôt pousser à économiser l'énergie.

### **Les progrès importants réalisés depuis dix ans dans les techniques non nucléaires permettent de produire de l'électricité avec de hauts rendements**

Avec ces nouvelles centrales, les émissions de polluants atmosphériques sont moitié moindres qu'avec les centrales thermiques classiques. C'est à partir de 2000 que seront engagés les investissements massifs de remplacement des réacteurs nucléaires de la première génération.

Si cette échéance a été sagement préparée par une politique de maîtrise de l'électricité, les marges de manoeuvre seront d'autant plus grandes notamment pour envisager une moindre contribution ou un désengagement du nucléaire.

### **Le secteur transport va déterminer la consommation de pétrole et le niveau des émissions de CO2 à long terme**

Bien peu de politiques s'attaquent aujourd'hui au secteur transport ; pourtant la prolongation à long terme de la croissance de la mobilité mène à une impasse. Une mutation profonde des transports est la seconde condition pour réduire simultanément la pollution atmosphérique et gagner une marge de manoeuvre par rapport au nucléaire.

Néanmoins, il n'y a pas de scénario qui permette de réduire très fortement les émissions de CO2 dans les vingt prochaines années (après les gains très importants réalisés dans les années 80). Les scénarios permettent simplement de maintenir les émissions de CO2 au niveau actuel.

### **Reconnaître que l'avenir est ouvert**

L'exercice Détente a mis en évidence la pluralité des avenir énergétiques possibles. La politique énergétique doit être appréhendée dans sa globalité.

Les marges de manoeuvre existantes dans la production électrique, la politique de maîtrise de l'énergie ou les choix en matière de transport permettent d'engager une transition et de faire face aux enjeux majeurs. Les moyens techniques existent (d'autres pays autour de nous vivent bien sans nucléaire) les moyens financiers existent dès lors que l'effort d'économie d'énergie est massif.

Mais ces avenir n'existeront pas sans l'engagement de chacun. La marge de manoeuvre dépend donc de la qualité du débat démocratique qui existera entre les élus et dans la société sur ces questions. Les analyses effectuées dans ce projet "Détente" révèlent une marge de manoeuvre beaucoup plus large que l'image souvent admise.

### **Préparer les choix futurs en comparant des scénarios correspondant à chacune des logiques émises dans le corps social**

Les choix collectifs qui seront présentés par le Gouvernement doivent disposer du soutien le plus vaste possible dans l'opinion. L'effet de serre, le renchérissement des hydrocarbures par épuisement progressif des ressources, les risques du nucléaire sont trop lourds de conséquences pour que soit imposé d'autorité une solution quelconque.

D'abord, les choix doivent être explicitement formulés et leurs impacts décrits (mobilisation de ressources énergétiques, coût, délais de mise en oeuvre, conséquences sur l'environnement). Au terme d'une comparaison pluraliste et d'un débat dans le corps social, les responsables politiques décideront.

En Allemagne, une proposition de ce type a été formulée par les compagnies électriques elles-mêmes. Dans une lettre adressée au Chancelier Kohl, VEBA et RWE (qui exploitent 12 des 22 réacteurs nucléaires

---

allemands) proposent de conditionner un nouvel engagement dans l'industrie nucléaire à un vote d'au moins les deux tiers du Bundestag.

Plus tôt ce débat sera engagé, plus larges seront les marges de manoeuvre et plus stable sera le consensus social.

**Enfin, des scénarios énergétiques fondés sur l'efficacité énergétique sont les seuls généralisables au Tiers-Monde**

En effet, ils réduisent les investissements et surtout les

sorties de devises. Il ne peut y avoir de politique de paix dans le monde avec un développement énergétique aussi inégal entre le Nord et le Sud.

Le développement des pays du sud nécessite des techniques performantes minimisant les importations coûteuses de combustibles. Ces techniques sont pour l'essentiel conçues dans le Nord. Si les techniques de production d'énergie sont trop complexes et capitalistiques, si elles induisent des risques technologiques et favorisent la prolifération

nucléaire, il est clair que les pays du sud resteront privés d'énergie et de développement.

La voie vers un développement soutenable passe par la solidarité. Le destin des pays du nord et du sud est lié d'une autre façon au niveau d'économie d'énergie des pays industrialisés. Plus ces efforts seront importants, plus le retour d'une hausse forte des prix du pétrole se trouvera reportée dans le temps.

**Pierre Radanne**