

Texte de la 271^e conférence de l'Université de tous les savoirs donnée le 27 septembre 2000.

L'AVENIR DES ENERGIES FOSSILES par Didier HOUSSIN

Dans les années 1970, le club de Rome alertait déjà l'opinion sur l'épuisement prochain des énergies fossiles. Au cours des quinze dernières années c'est un sentiment d'abondance énergétique qui a prévalu, jusqu'à la flambée récente des prix du pétrole brut. Les bas prix du pétrole nous avaient conduit à oublier les notions de rareté des énergies fossiles, de sécurité d'approvisionnement ou encore d'économies d'énergie. Il est difficile aujourd'hui de prévoir si le renchérissement des prix du pétrole est un phénomène passager ou durable. Mais il est sûr que la question de l'avenir des énergies fossiles reste d'actualité ; manquerons nous demain de ressources ? Quel sera leur prix ? le développement de leur usage sera-t-il demain compatible avec la terre contre le réchauffement de la planète ?

Le recours aux énergies fossiles sera un jour abandonné. Peut-être faute de ressources, peut-être aussi de débouchés ou en raison de l'apparition d'énergies concurrentes qui ferait que le pétrole n'aurait été qu'un épiphénomène dans l'histoire de l'humanité.

QUELS SONT LES ATOUTS DES DIFFERENTES ENERGIES FOSSILES POUR REpondre AUX BESOINS ENERGETIQUES DE DEMAIN ?

Les énergies fossiles constituent aujourd'hui la réponse dominante aux besoins énergétiques actuels. Ils assurent la couverture de 85 % des besoins mondiaux en énergie primaire *commerciale*, (donc biomasse non incluse) le complément étant assuré pour 6 % par le nucléaire, pour 7 % par les ENR et principalement l'énergie hydraulique.

Le pétrole est aujourd'hui l'énergie dominante

La célèbre formule de l'économiste de l'énergie Paul Frankel, *oil is liquid*, illustre en trois mots l'un des principaux avantages dont bénéficie le pétrole. Ce caractère liquide, qui permet un stockage ainsi qu'un transport aisés et peu coûteux du pétrole, est pour beaucoup dans son essor. Le pétrole est l'énergie mobile par excellence pour laquelle l'éloignement entre ressources et débouchés ne constitue pas un obstacle à son développement. Le coût de transport d'une cargaison de pétrole brut entre les États Unis et le Moyen-Orient est ainsi inférieur à 1,5 \$/b.

Le pétrole joue le rôle d'énergie de bouclage du bilan énergétique, conduisant à utiliser son prix comme prix directeur de l'énergie. Ses débouchés nombreux et variés : les produits obtenus après raffinage du pétrole brut sont ainsi utilisés comme matière première pour l'industrie, comme combustible industriel, pour les besoins en chauffage domestique, pour ceux du secteur de la génération électrique.

Le domaine des transports constitue son débouché principal. Force est de constater qu'il n'y a pas aujourd'hui d'alternative économique aux produits pétroliers sur ce segment qui connaît la croissance la plus forte dans les pays industrialisés. Entre 1973 et 1995, la consommation pétrolière liée au transport a crû de 60 %. Le besoin de mobilité des personnes et des marchandises, entraîné par le développement des échanges économiques, a conduit à une croissance ininterrompue des besoins de transport.

Le gaz naturel est aujourd'hui la source d'énergie qui connaît la plus forte croissance, mais il reste handicapé par le coût de son transport

Le gaz et le pétrole sont deux énergies très proches. Le méthane, le plus léger des hydrocarbures, présente un processus de formation similaire à celui du pétrole. Les gisements d'hydrocarbures renferment très fréquemment du pétrole et du gaz, qui font souvent l'objet d'une exploitation conjointe.

Toutefois, du fait de son caractère gazeux, le méthane est peu dense en énergie aux conditions de pression et de température ambiante. À pression et température normales, 1 m³ de pétrole contient la même quantité d'énergie que 1000 m³ de gaz naturel. Il est donc nécessaire de densifier le gaz pour rendre son transport plus économique soit par gazoduc à haute pression, soit par des chaînes de gaz naturel liquéfié.

Du fait de ces investissements, le transport du gaz naturel revient donc 4 à 5 fois plus cher que le transport du pétrole et cet écart de coût croît avec la distance. Cette barrière de coût explique que les marchés du gaz naturel obéissent à des logiques régionales, seuls 20 % du gaz faisant l'objet d'échange internationaux.

En dépit de cette contrainte, le gaz naturel est l'énergie fossile qui connaît le développement le plus rapide. La consommation mondiale de gaz naturel a ainsi cru au rythme moyen de 2,4 % par an sur les vingt dernières années. Pendant cette période le gaz naturel s'est progressivement imposé grâce à la souplesse de son utilisation en réseau et à ses qualités environnementales.

Le gaz naturel connaît aujourd'hui une croissance forte sur le segment de la génération électrique. Ce mouvement est lié au développement de la technologie des cycles combinés (production simultanée d'électricité et de vapeur).

Le charbon couvre 27 % des besoins mondiaux d'énergie primaire grâce à sa place de premier combustible pour la génération électrique

La consommation du charbon est en effet essentiellement destinée à la sidérurgie et à la génération électrique. C'est la croissance de ce second secteur qui a permis la poursuite de la progression de la consommation mondiale de charbon. Le charbon présente en effet l'avantage d'être abondant dans la plupart des régions et notamment dans les pays en voie de développement où les nouveaux besoins en électricité sont les plus importants. L'Asie représente à elle seule 43 % de la consommation du charbon, la Chine absorbant 24 % de la production charbonnière mondiale. Néanmoins le recours à cette énergie est limité par ses caractéristiques de pondéreux et la nécessité de dépolluer les émissions résultant de sa combustion (poussière, SO₂, etc. ...).

LES ENERGIES FOSSILES PERMETTRONT-ELLES DE FAIRE FACE AUX BESOINS LIES AU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ?

L'évaluation des besoins : croissance économique et croissance énergétique

Le corrélation entre croissance économique et croissance énergétique est extrêmement forte. La production de richesse nécessite de l'énergie. La hausse des revenus disponible se traduit par une aspiration croissante au confort et à la mobilité. Ce lien évolue dans le temps et cette évolution semble obéir à un même modèle quel que soit les pays. L'intensité énergétique est un indicateur qui évalue la quantité d'énergie nécessaire à la production de 1000 \$ de richesse et qui semble pour un pays donné suivre dans le temps une « courbe en cloche », de type courbe de Gauss.

En phase première de développement, un pays est essentiellement structuré autour de l'agriculture et de l'artisanat, activités faiblement consommatrices d'énergies commerciales et fondées sur une utilisation massive de la biomasse. Le passage à une économie industrielle conduit à des comportements plus consommateurs en énergie commerciale. Dans une

troisième phase, on assiste à une tertiarisation de l'économie avec le développement des services qui requièrent moins d'énergie et se traduisent par une baisse de l'intensité énergétique. Il faut toutefois souligner que la diminution historique du contenu énergétique de la croissance ne signifie en rien la baisse de la demande énergétique. Ainsi, lorsque la richesse s'accroît de 1 %, la consommation en énergie augmente de 0,7 % dans les pays industrialisés et de près de 1 % dans les pays en voie de développement.

La consommation mondiale globale d'énergie est appelée à augmenter tout d'abord du fait de la croissance démographique. Notre planète compte aujourd'hui près de 6 milliards d'êtres humains. Elle pourrait en compter 8 milliards en 2025, la prévision étant beaucoup plus hasardeuse à l'horizon 2050.

La plupart des scénarios de prévisions de demande d'énergie disponibles présentent de nombreux points de convergence, au moins jusqu'en 2020. Ils s'appuient sur les hypothèses suivantes : la croissance économique mondiale serait de l'ordre de 3 % par an, avec une croissance plus forte dans les PVD (4 à 6 %) que dans les pays OCDE (2,5 % environ) et les pays de l'Europe de l'Est (2 % environ) ; l'intensité énergétique diminue de 1 % par an environ et la croissance annuelle de la demande d'énergie est de l'ordre de 2 %.

Selon les scénarios retenus par le Conseil Mondial de l'Énergie, la consommation mondiale s'établirait entre 11 et 12 Gtep à l'horizon 2010. En 2020 elle s'établirait entre 11 Gtep (scénario de croissance modérée avec de fortes contraintes environnementales) et 15 Gtep (forte croissance économique, prix modéré de l'énergie). Le scénario « le plus probable » situe à 13 Gtep environ la demande d'énergie totale à cet horizon.

- Le pétrole resterait l'énergie dominante. Sa part dans le bilan global évoluerait peu et sa consommation en valeur absolue augmenterait et devrait approcher, voire nettement dépasser, 4 Gtep en 2020.
- La production mondiale de gaz pourrait passer de 2 Gtep en 1995 à plus de 3 en l'an 2020.
- Le dynamisme de la croissance de la consommation de charbon s'explique par la croissance des besoins électriques. Deux milliards de personnes n'ont pas aujourd'hui l'électricité : dans les PVD, la demande en électricité croît à un rythme deux fois plus rapide que celui de la demande énergétique.
- L'électricité d'origine hydraulique pourrait se développer dans des proportions importantes dans les grands bassins d'Afrique, d'Amérique du Sud, ou du continent Indien, la production de cette énergie atteignant environ 0,9 Gtep en 2020 contre 0,6 en 1995.
- Les problèmes d'acceptation de cette énergie par les opinions publiques ont entraîné à la fin des années 1990 une forte révision en baisse des prévisions pour le nucléaire, qui s'établissent maintenant à moins de 1 Gtep en 2020.

Quelles sont les ressources en énergies fossiles disponibles à long terme ?

Face aux perspectives de croissance de la consommation d'énergie fossiles, disposerons-nous à l'horizon 2020/2050 de ressources suffisantes ?

Les ressources en pétrole brut

L'estimation des réserves de pétrole brut est un exercice complexe. On les évalue d'abord à partir de la notion de réserves prouvées : celles qui correspondent à des quantités présentes dans des réservoirs identifiés pour lesquelles on peut évaluer avec une certitude raisonnable qu'elles seront récupérables de façon rentable dans des conditions économiques, techniques et réglementaires actuelles. L'évaluation des réserves prouvées repose donc sur des hypothèses techniques et sur des hypothèses économiques, à savoir le prix du baril et les coûts de production.

Les méthodes d'évaluation des réserves prouvées sont désormais très normées pour les compagnies cotées à la bourse de New York (NYSE), qui ont obligation de publier, le niveau de leurs réserves prouvées, audité par les autorités boursières américaines.

En revanche, les évaluations fournies par les pays producteurs présentent un degré d'imprécision plus élevé. Il est en effet probable qu'elles soient en partie biaisées, le niveau des ressources prouvées étant l'un des paramètres pris en compte dans la détermination des quotas des membres de l'OPEP depuis 1988.

Il est possible d'évaluer à près de 140 Gtep les réserves prouvées de pétrole, soit environ 1000 milliards de bep. Le niveau actuel des réserves prouvées équivaut à 41 années de production (à son niveau actuel).

Le ratio « réserves sur production » associé au pétrole oscille autour de 40 ans depuis plus de 10 ans en dépit d'une production pétrolière en croissance. Rappelons nous également qu'il y a 30 ans, ce même ratio s'élevait... à 30 ans ! Certes, les nouvelles productions viennent chaque année réduire les ressources, mais, simultanément, l'amélioration des taux de récupération, les nouvelles découvertes résultant des efforts d'exploration, la réévaluation des quantités présentes sur les gisements développés, contribuent à augmenter le niveau des réserves.

Les réserves prouvées ne représentent donc que le niveau visible de l'iceberg constitué par les ressources pétrolières ultimes. Cet iceberg présente une taille finie dont l'estimation est controversée entre les optimistes et les pessimistes. Les ressources ultimes de pétrole, sont estimées entre 1800 à 3000 aujourd'hui. La différence entre la valeur haute et la valeur basse de l'estimation est donc considérable, de l'ordre de 1000 Gbep, soit la valeur des réserves prouvées...

Selon les pessimistes, nous ne disposons plus que des seules réserves prouvées, soit 40 ans de réserves, et nous atteindrons un pic de production pour le pétrole conventionnel vers 2010/2020. Selon les optimistes, 1200 Gbep à 1400 Gbep restent encore à découvrir, ce qui conduirait à un doublement des réserves prouvées.

À ces ressources de pétrole conventionnel viennent s'ajouter les ressources de pétrole dit non conventionnel. Ce vocable recouvre aussi bien les pétroles extra lourds (bitumes du Venezuela), que les sables asphaltiques (Canada), forme de pétrole dégradée par oxydation. Les ressources complémentaires que pourraient apporter ces pétroles non conventionnés pourraient être de l'ordre de 600 Gbep.

Les ressources en gaz naturel

Les réserves prouvées de gaz naturel sont en valeur absolue du même ordre que les réserves prouvées de pétrole. La production de gaz naturel étant aujourd'hui inférieure de près d'un tiers à la production de pétrole, cette base de réserves gazière confère une longévité apparente plus forte au gaz naturel. Le ratio des réserves gazières ramenées à la production atteint aujourd'hui 60 ans contre 45 ans, 30 ans plus tôt.

S'agissant de l'évaluation des ressources ultimes, il n'y a pas la même perspective d'augmenter les taux de récupération sur les gisements de gaz, (hors gisements de gaz associés) celui-ci étant naturellement éruptif. C'est donc vers la recherche de nouvelles accumulations ou de réévaluation de gisements existants que réside principalement le potentiel de ressources non-prouvées de gaz. L'exploration spécifiquement gazière ayant cependant été moins poussée que l'exploration pétrolière, cette piste pourrait permettre, selon les optimistes, de trouver 120 Gtep de gaz supplémentaires.

La conversion du gaz en hydrocarbures liquides dite « Gas To Liquid », qui consiste à convertir sur site le gaz naturel en carburants liquides aisément transportables et par ailleurs extrêmement propres, paraît désormais économique avec des prix du brut inférieurs à 18 \$/b. La mise en œuvre industrielle de cette technologie permettrait de disposer de 100 Gbep d'hydrocarbures liquides supplémentaires, bien adaptés aux besoins du secteur des transports.

Les ressources en charbon

Le charbon constitue la source d'énergie fossile la plus répandue. Les ressources prouvées (540 tep) représentent près de 250 années de production.

Au regard de ces réserves il pourrait paraître intéressant, en cas de pénurie future d'hydrocarbures de synthétiser des carburants liquides à partir de ces ressources colossales. Cette transformation, utilisée dans des moments très exceptionnels de l'histoire de ce siècle (Seconde guerre mondiale, embargo en Afrique du Sud) est technologiquement maîtrisée, mais ne paraît pas exploitable économiquement à horizon 2020.

La répartition géographique des ressources

L'offre d'énergie fossile est diverse par sa nature mais aussi par sa répartition géographique. Les ressources charbonnières sont présentes sur tous les continents à l'exception du Moyen-Orient ; $\frac{3}{4}$ des réserves prouvées pétrolières sont situées des pays de l'OPEP (et pour $\frac{2}{3}$ au Moyen-Orient) ; 80 % des ressources gazières sont localisées en ex-URSS et dans l'OPEP. Ces chiffres qui illustrent la très forte concentration des ressources de pétrole et de gaz en dehors de l'OCDE posent le problème de la dépendance des pays consommateurs vis-à-vis des hydrocarbures. La dépendance de l'Union européenne vis-à-vis des importations pétrolières s'élève déjà aujourd'hui à 75 % et elle atteint 40 % pour les importations de gaz. Cette situation se détériorera encore à l'avenir, les producteurs hors OPEP fournissant aujourd'hui 60 % de la production de pétrole alors qu'ils ne détiennent que le quart des réserves mondiales. Par ailleurs, les sources d'exportation de pétrole seront géographiquement plus concentrées dans un nombre de plus en plus réduit de pays producteurs.

Cette concentration de la production rendra donc l'Europe plus vulnérable aux aléas géopolitiques, mais également physiques (tremblement de terre, accident maritime dans une zone de fort trafic, ...) : ainsi, près du tiers de la production mondiale pourrait transiter d'ici 2020 par le détroit d'Ormuz.

QUELS FACTEURS JOUERONT SUR LES PARTS DE MARCHE DES DIFFÉRENTES ÉNERGIES À LONG TERME ?

Impact environnemental des énergies fossiles

Quelle que soit la filière énergétique utilisée, la production et la consommation d'énergie induisent des impacts sur l'environnement. (pollution atmosphérique locale, rejet de déchets, pollution sonore, encombrement de l'espace, modification des flux hydrologiques, déforestation). Les effets négatifs associées à l'utilisation des énergies fossiles constituent depuis plusieurs décennies une préoccupation majeure pour les pays consommateurs, essentiellement du point de vue de la qualité de l'air. La dernière décennie a vu la croissance d'une préoccupation complémentaire, plus globale, liée à l'effet de serre. Il y a aujourd'hui un consensus de la communauté scientifique sur la réalité du réchauffement de la planète, suite aux nombreux travaux qu'ont suscités les débats sur ce thème depuis la conférence de Rio. Or, le gaz carbonique, est l'un des principaux gaz contribuant à l'effet de serre et toute combustion réalisée à partir d'énergie fossile conduit fatalement à la formation de CO₂. Le niveau des émissions de dioxyde de carbone lors de la combustion dépend évidemment de la source d'énergie utilisée. On obtient ainsi en moyenne :

- 1,09 t de carbone par tep de charbon consommée,
- 0,86 t de carbone par tep de produits pétroliers consommée,
- 0,64 t de carbone par tep de gaz naturel consommée.

Deux voies permettent évidemment la diminution des émissions de CO₂ : l'accroissement des efforts d'économie de l'énergie et la modification de la structure de la consommation en énergies. Le rythme de croissance des énergies fossiles sera fortement influencé par le choix des mesures qui seront adoptées par les Etats pour faire face aux risques liés à « l'effet de serre ».

À la suite des conférences de Rio et de Kyoto, 39 pays, dont la France, se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % (en moyenne) par rapport à 1990. Les pays européens signataires ont convenu de répartir entre eux les efforts de réduction pour aboutir à une baisse commune de 8 % des émissions de gaz à effet de serre. L'effort demandé à la France est inférieur à l'effort moyen puisque notre pays a réussi à abaisser ses émissions de CO₂ de 25 % sur la période 1980-1990 et à les contenir entre 1990 et 1999.

Il ne faut pas sous-estimer le caractère ambitieux de ces objectifs. Dans notre pays, après une baisse pendant la décennie 1980, les émissions de CO₂ suivent à nouveau un mouvement de hausse fortement imputable au secteur des transports. Parvenir à une limitation des émissions dans ce secteur, serait fondamental pour assurer le respect des objectifs de Kyoto : c'est l'un des objectifs du programme de relance des économies d'énergie que le gouvernement vient de décider.

Compétitivité des énergies fossiles

Chaque État devra agir, entre autres par le biais de sa fiscalité, pour s'assurer que ces externalités seront prises en compte. Il devra s'assurer aussi que le coût de l'énergie, payé par le consommateur national, soit compétitif avec celui pratiqué dans les autres pays. L'énergie reste en effet un facteur de production important, même si sa part globale dans le PIB des pays de l'OCDE a été réduite.

Dans un contexte d'intégration des marchés européens et de mondialisation, le maintien de cette compétitivité des prix de l'énergie est cruciale. C'est le principal objectif de la création d'un marché intérieur de l'énergie en Europe. L'ouverture des marchés est depuis longtemps un état de fait pour le charbon comme pour les produits pétroliers. C'est un sujet d'actualité en revanche pour l'électricité et le gaz pour lesquels les processus de transposition de directives européennes sont en voie d'achèvement.

La crise que nous connaissons sur le marché pétrolier vient toutefois nous rappeler que le marché ne peut constituer l'alpha et l'oméga de toute politique énergétique. L'objectif est en effet de pallier les fluctuations de volume et de prix des énergies importées et de disposer d'une énergie la plus avantageuse possible à court et à long terme. Il serait inconséquent de s'en remettre exclusivement aux signaux de prix issus de marchés de l'énergie aux fluctuations très marquées, pour orienter les choix du long terme.

Le prix du pétrole reste un prix « politique » et selon une boutade bien connue, l'OPEP et le marché se partagent par moitié la fixation du prix, l'OPEP décidant des 2 chiffres avant la virgule, et le marché les 2 chiffres après la virgule. Le pétrole a été disponible à des prix relativement bas pendant les années 1990. Les cours du brut ont évolué, en moyenne annuelle entre 13 et 21 \$/b. Ils sont restés, exprimés en dollars constants, à un niveau inférieur à celui atteint en 1974, mettant en défaut les prévisions qui, il y a 20 ans, annonçaient des prix du pétrole supérieurs à 50 \$/b à l'aube de l'an 2000. Aujourd'hui, les prix évoluent cependant à plus de 30 \$/b.

La prévision des prix du pétrole à moyen terme reste un exercice extrêmement aléatoire, toutefois ces derniers devraient évoluer dans un intervalle compris entre 10 et 30-35 \$/b. Le plancher, situé aux alentours de 10 \$/b, est donné par le coût marginal de production en Mer du

Nord ou en Alaska. Il correspond également à un niveau de prix insupportable pour les pays producteurs, fortement dépendants de leurs recettes d'exportations en hydrocarbures et qui connaissent une forte croissance démographique. Au delà du plafond supérieur de 35 \$/b, la demande serait ralentie par la relance des économies d'énergie et des investissements permettraient à terme d'augmenter l'offre.

Le Commissariat Général au Plan a défini dans son rapport Énergie 2010-2020 trois scénarios. Un scénario bas qui prend pour hypothèse une stabilité des prix du pétrole sur le long terme à 17 \$/b. Un scénario médian qui propose une hausse des prix jusqu'à 25 \$/b en 2005, puis une stabilité. Le scénario haut consiste en une hausse des prix jusqu'à 30 \$/b entre 1995 et 2010 suivi d'une stabilité.

Coûts de production des énergies fossiles

Il faut souligner l'avantage en terme de prix relatifs dont ont bénéficié les énergies fossiles au cours des 15 dernières années. La baisse des coûts de production du pétrole entre 1985 et 1995 laisse augurer que cet avantage pourrait se maintenir.

La pression des prix bas a conduit à une formidable accélération du progrès technique dans l'exploration production de pétrole avec le développement du forage horizontal, la sismique à 3 dimensions, une meilleure intégration des géosciences... Les progrès technologiques et des gains de productivité ont conduit à une réduction des coûts techniques de production de pétrole de 1 \$/b par an en moyenne entre 1985 et 1995. Ils ont permis de baisser le prix plancher à partir duquel des développements peuvent être décidés par les compagnies pétrolières à moins de 15 \$/b.

La compétition des énergies non fossiles sur les coûts de production de l'électricité sera également un facteur déterminant dans la compétition entre les différentes sources d'énergie.

Entre 1971 et 1993, la demande électrique a crû au taux moyen de 4,1 % par an alors que la demande globale en énergie primaire progressait dans le même temps au rythme de 2,1 %. Les énergies nucléaire, hydraulique, ou les autres énergies renouvelables ont montré leur aptitude à pénétrer ce secteur en forte croissance et à concurrencer durablement les énergies fossiles. Le nucléaire représente ainsi 17 % de la production d'électricité mondiale, les énergies renouvelables (et essentiellement l'hydraulique) couvrant 19 % des besoins. L'investissement de la France dans la voie du nucléaire lui a permis de disposer d'un coût moyen du Kwh tout à fait compétitif et qui a permis de diminuer considérablement notre dépendance par rapport aux importations d'hydrocarbures. Au niveau mondial, la question de l'avenir du nucléaire aura un impact important sur l'évolution de la consommation d'énergies fossiles.

Conclusion

Le monde ne manquera pas de pétrole dans les vingt prochaines années mais la question se posera à l'horizon 2050. Comme le disait Huxley : « les faits ne cessent pas d'exister parce que nous les ignorons. » Dès que le pic de production sera en passe d'être atteint, le renchérissement du prix du pétrole poussera à concentrer son utilisation sur ses usages à plus forte valeur ajoutée, essentiellement les secteurs du transport ou de la chimie où ses usages ne sont pas aujourd'hui substituables. Quant au gaz, même si les ressources sont plus durables, son développement restera obéré par son coût de transport. Enfin, l'usage du charbon sera de plus en plus handicapé par les émissions de gaz carbonique que suscite sa combustion dans la perspective de la lutte contre l'effet de serre. Le bouclage du bilan énergétique supposera donc des politiques d'économies d'énergie volontaristes, une énergie nucléaire mieux acceptée au plan mondial et des progrès de compétitivité des énergies renouvelables. Le passage à une économie post pétrolière est très difficile à dater compte tenu des ruptures possibles au plan de la croissance démographique, de l'organisation de la société avec une

dématérialisation des échanges, ou encore des ruptures technologiques. Je citerai par exemple le développement des ressources d'hydrocarbures non conventionnelles telles que les schistes bitumineux ou les hydrates de gaz ou encore le développement d'énergies nouvelles telles que l'hydrogène ou la pile à combustibles.

Quoi qu'il en soit, étant donné les inerties des bilans énergétiques et les incertitudes géopolitiques liées à notre dépendance en matière d'approvisionnement en hydrocarbures, il faut dès aujourd'hui prolonger et intensifier les efforts d'économies d'énergies et les encouragements aux filières alternatives.

Le rôle du citoyen dans les choix de la politique énergétique sera fondamental. J'en prendrai un seul exemple. Sommes nous prêt en tant que citoyen à réduire nos déplacements, à accepter le covoiturage ou à payer plus cher notre combustible, ou notre véhicule, pour réduire les émissions de CO₂ ? Ainsi, l'avenir des énergies fossiles et l'évolution de nos consommations énergétiques devraient de plus en plus faire l'objet d'un large débat démocratique.

Bibliographie

- Barbier (B.), Poniatowski (L.), (1997), Actes du colloque *Énergie et Effet de Serre* (Nov. 1996), MxM Conseil, 13, rue du 4 septembre, 75002 Paris.
- Bauquis (P. R.), *Un point de vue sur les besoins et les approvisionnements en énergie à l'horizon 2050*, revue de l'Énergie, n°509, 1999.
- CEA, (1998b), *Mémento sur l'énergie*.
- Commissariat Général du Plan, *Énergie 2010-2020*, rapport de l'atelier « le contexte international », 1998.
- Favennec (J. P.), *Exploitation et Gestion de la Raffinerie*, éditions Technip, 1998, chap. 1 et 3.
- Germain (J.), *Pétrole et gaz dans le panorama énergétique mondial*, rapport 53 065, ifp, 2000.
- International Energy Agency, 1996, *World energy outlook*, IAE/OCDE.
- Ngo (C.), *Quelles énergies pour demain ?* Commissariat à l'énergie atomique, Direction de la stratégie et de l'évaluation, 1998.