

**Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)  
Forum mondial de la science**

**Conférence sur les défis scientifiques de la recherche énergétique**

**Paris, 17 et 18 mai 2006**

**Synthèse du Président**

*La conférence de l'OCDE s'est déroulée pendant deux jours en mai 2006. Elle a réuni 180 experts techniques et spécialistes des politiques de 28 pays. Les préparatifs ont été conduits sous la supervision d'un Comité de pilotage international dont les membres avaient été désignés par les délégations auprès du Forum mondial de la science. Les participants ont été présentés par les délégations ou invités par le Comité de pilotage. Ce rapport a été établi par le Président du Comité de pilotage, M. Bernard Frois. Il ne traduit pas nécessairement les points de vue des participants à la Conférence.*

**Introduction**

La demande mondiale d'énergie ne cesse d'augmenter. La production d'énergie devrait doubler dans les cinquante prochaines années pour répondre aux besoins des pays en croissance dynamique, notamment la Chine, l'Inde et le Brésil, entre autres. L'énergie devra être produite en faisant appel à tout un éventail de technologies classiques et de nouvelles technologies durables. Néanmoins, pour beaucoup de pays, les combustibles fossiles et le charbon resteront une source d'énergie abondante à un prix abordable. L'accroissement des émissions de gaz à effet de serre qui en découlera est aujourd'hui perçu comme l'un des plus grands périls qui menacent l'avenir de notre planète ; de nombreux spécialistes et décideurs publics s'alarment de son impact annoncé sur l'économie mondiale.

La question essentielle est celle de savoir si les ressources énergétiques de la planète seront suffisantes pour subvenir aux besoins croissants de la population mondiale. Il faut trouver de nouvelles sources d'énergie, en particulier pour le secteur des transports et pour la production d'électricité. Il ne sera pas facile de fournir l'énergie nécessaire pour satisfaire aux attentes d'une population mondiale de plus en plus nombreuse qui aspire à un niveau de vie décent. Et il sera exceptionnellement difficile d'y parvenir sans aggraver considérablement les risques déjà inquiétants de changement du climat.

L'intérêt de la plupart des gouvernements se polarise sur les énergies durables et propres. Or, les plus grandes promesses et possibilités s'accompagnent souvent des obstacles et des problèmes les plus difficiles à surmonter. C'est pourquoi l'objectif de la conférence était de cerner les principaux défis scientifiques et technologiques que doit relever la R-D dans le secteur de l'énergie, et d'en examiner les implications pour la politique de la recherche.

La conférence a été axée sur les questions suivantes, qui se posent aux pouvoirs publics :

- Les domaines scientifiques qui bénéficient actuellement d'un soutien sont-ils les bons ?

- Quel est le juste équilibre entre la R-D publique et celle financée par l'industrie (dont notamment les partenariats public-privé) ?
- Le financement public de la recherche énergétique est-il suffisant pour faire face aux besoins en énergie prévus pour le milieu du siècle ?

**1. L'utilisation des nouvelles technologies énergétiques peut procurer d'importants avantages.**

Les exposés présentés à la conférence ont fait ressortir que les progrès de la science et de la technologie sont susceptibles d'aboutir à d'importants accroissements des approvisionnements énergétiques mondiaux d'ici le milieu du siècle. Il existe des réserves considérables d'énergie exploitable sous des formes très diverses et aucun obstacle fondamental ne s'oppose à la mise en valeur de ces ressources, pour ce qui est des principes et des lois connus de la physique, de la chimie et de la biologie. Le défi consiste à transformer l'énergie disponible en formes utilisables à un coût raisonnable sans nuire à l'environnement, en respectant les impératifs de sécurité publique, de fiabilité et de rentabilité, ainsi qu'en obéissant à d'autres considérations d'ordre social et politique.

Dans le domaine de la technologie photovoltaïque qui utilise des matériaux semiconducteurs par exemple, le rendement théorique maximum de conversion de la lumière du soleil en électricité est de l'ordre de 70 % en raison de la très haute température de la source d'énergie primaire : à la surface du soleil, elle avoisine 6 000 kelvins. Les piles solaires aujourd'hui sur le marché ont, quant à elles, un rendement de l'ordre de 20 %, mais il existe diverses idées prometteuses permettant de se rapprocher de cette limite théorique. La production d'électricité solaire a constamment évolué au fil des ans, surtout au Japon. Il reste à savoir cependant si les efforts actuels de R-D sont à la hauteur de ce que cette technologie laisse espérer.

**2. Il est impératif d'agir dès maintenant contre le réchauffement de la planète.**

Les meilleurs travaux validés par les milieux scientifiques affirment, sans aucun doute, qu'il se produira une hausse régulière de la température de la planète, comprise dans une fourchette allant de 1.8 à 4° Celsius d'ici la fin du siècle. Les conséquences que pourrait entraîner la réalisation de cette prévision du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat sont effrayantes. Même la quantité actuelle de dioxyde de carbone nécessiterait des centaines d'années pour se dissiper naturellement. La seule solution envisageable consiste à réduire le plus possible les émissions de gaz à effet de serre à la faveur d'économies d'énergie et de l'utilisation de technologies plus propres. Sir Nicholas Stern estime, dans son rapport de 2006 (rendu public après la Conférence de Paris), qu'il est possible de lutter efficacement contre le réchauffement planétaire en utilisant 1 % seulement du PIB mondial total, compensé par un accroissement de la productivité au niveau mondial. C'est une solution séduisante, mais elle exigera un effort de tous les pays du monde et des politiques publiques cohérentes bien définies. L'une des principales conclusions de la conférence est qu'il existe la possibilité de limiter les

risques à des niveaux acceptables en recourant à diverses technologies énergétiques nouvelles.

### **3. La R-D énergétique doit bénéficier d'une plus grande priorité dans la politique scientifique.**

Trois disciplines génériques sont aujourd'hui au cœur des programmes de recherche novateurs et avancés dans les pays développés : les nanosciences, la biologie moléculaire et cellulaire d'avant-garde et les sciences de l'information. Elles sont directement en rapport avec de nombreuses applications énergétiques, mais les politiques scientifiques n'accordent pas toujours à ces dernières la place et la priorité optimales. C'est ainsi, par exemple, que les organismes de financement ont très généreusement alloué des fonds à la recherche en biologie de pointe, généralement en raison de ses applications destinées à améliorer la santé humaine, et non d'applications liées à l'énergie telles que la création de micro-organismes qui se nourrissent de déchets organiques et produisent du méthane ou de l'hydrogène utilisables comme sources d'énergie.

### **4. Les technologies des combustibles fossiles resteront compétitives pendant longtemps.**

A maintes reprises pendant la conférence, des intervenants ont affirmé que les nouvelles technologies auront beaucoup de mal à rivaliser avec les technologies matures bien établies qui reposent sur la combustion de combustibles fossiles : le pétrole, le charbon et le gaz naturel. Les approvisionnements en ressources fossiles sont encore abondants, bien que l'« ère du pétrole bon marché » soit peut-être révolue. Si les prix des combustibles se maintiennent à un niveau relativement élevé – inférieur tout de même à celui que pourrait entraîner une récession mondiale –, les sources qui peuvent se substituer aux combustibles fossiles, par exemple les sables asphaltiques et les schistes bitumineux, deviendront rentables. Ces sources présentent l'avantage considérable sur le pétrole et le gaz d'être largement réparties au plan géographique. Le coût élevé de l'énergie favorise par conséquent à la fois les technologies existantes et les nouvelles qui les remplacent (lesquelles peuvent être onéreuses en soi au départ et nécessitent de nouveaux investissements substantiels). Le système énergétique fondé sur les combustibles fossiles « se défendra » en améliorant les rendements et en abaissant les coûts – très souvent grâce aux progrès de la science et de la technologie. De fait, il a été souligné que, depuis toujours, le système énergétique est conservateur et résiste au changement. Le moteur à combustion interne, la turbine à vapeur, la batterie au plomb, le moteur électrique : ce sont autant d'éléments fondamentaux du système énergétique qui n'ont pas changé, pour l'essentiel, depuis de nombreuses décennies. Qui plus est, l'on ne saurait évaluer la faisabilité de l'adoption de nouvelles solutions exclusivement à l'aune du surcoût de production par unité d'énergie. Les systèmes énergétiques ne peuvent pas se passer de vastes infrastructures de distribution et d'utilisation. Le secteur des transports, dont l'importance est cruciale, compte notamment un immense parc de véhicules diesel et à essence, auquel s'ajoute une myriade de navires citernes, raffineries, stations-service, etc., sans parler des innombrables professionnels des transports formés et qualifiés pour travailler dans le système en place.

**5. La technologie de captation et de stockage du carbone (CSC) est un moyen puissant de lutte contre le réchauffement de la planète, mais l'impulsion des pouvoirs publics est indispensable.**

Résoudre les problèmes posés par les émissions de dioxyde de carbone et le changement climatique mondial est l'un des objectifs premiers de la recherche et de la politique énergétique. C'est désormais la problématique dominante dans les analyses et les projections concernant l'avenir énergétique, ainsi que dans les débats sur l'intérêt/la viabilité des technologies énergétiques qui rejettent plus ou moins de carbone. Nombre d'acteurs du secteur de l'énergie, notamment dans l'industrie, sont handicapés par les incertitudes et les attermolements causés par l'absence de consensus international des gouvernements sur l'ampleur, les échéances et l'urgence du combat contre le réchauffement planétaire.

Les responsables de la prospective dans les entreprises et les gestionnaires de la R-D prendraient volontiers des engagements à long terme concernant les technologies à faibles émissions de carbone, à condition de pouvoir compter sur des conditions économiques stables (prix, clientèle, etc.). En de nombreuses occasions, les participants à la conférence ont exprimé leur préoccupation quant à l'incertitude actuelle sur les suites qui seront données (si tant est qu'il y en ait) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (et à son « Protocole de Kyoto », dont la première période d'engagement arrive à échéance en 2012). De même, les systèmes d'échanges de permis d'émission manquent de stabilité et n'inspirent pas encore la confiance nécessaire pour établir des plans et investir à long terme dans le domaine des nouvelles technologies.

**6. Un regain d'intérêt pour l'énergie nucléaire se justifie.**

L'énergie nucléaire suscite un intérêt grandissant, surtout en raison des émissions négligeables de gaz à effet de serre qui lui sont imputables et de sa compétitivité économique à long terme. De plus en plus, le débat public sur l'avenir du nucléaire tient compte des progrès réalisés pour surmonter les obstacles technologiques dans les principaux domaines préoccupants, qui sont au nombre de quatre : la sûreté des réacteurs, la gestion à long terme de déchets nucléaires, le contrôle des matières radioactives et la prolifération nucléaire. L'opinion qui prévaut parmi les scientifiques et les ingénieurs est qu'aucun obstacle technologique important ne s'oppose au développement d'une nouvelle génération de réacteurs avancés sûrs, assortie d'un cycle du combustible durable et d'une gestion sûre à long terme des déchets nucléaires.

L'énergie nucléaire est d'ores et déjà disponible et demeurera une possibilité d'avenir tant qu'il n'apparaîtra pas d'autre option éprouvée offrant les potentialités requises. On ne dispose d'aucune autre source d'énergie qui ne rejette pas de carbone pour assurer une production à l'échelle de plusieurs gigawatts. Si l'on veut que le nucléaire reste une filière possible, la recherche revêt une importance primordiale pour élaborer des conceptions perfectionnées, entretenir et renouveler les compétences, tout en continuant à les enrichir dans les domaines de l'exploitation et du démantèlement des réacteurs de la génération actuelle.

## **7. L'état de préparation des technologies énergétiques nouvelles pour l'utilisation pratique diffère beaucoup de l'une à l'autre.**

Les nouvelles solutions énergétiques examinées à la conférence se trouvent à des stades de développement très divers, qui vont de la recherche fondamentale à la diffusion commerciale, en passant par la phase de développement, celle de la conception des produits ou celle des essais de faisabilité. Les biotechnologies de pointe, par exemple, en sont encore à la première phase, celle de la recherche fondamentale, mais laissent présager des perspectives extraordinaires. La captation du CO<sub>2</sub> est d'ores et déjà réalisable avec des technologies actuelles, dont plusieurs sont disponibles sur le marché, mais il reste des progrès à faire sur le plan des coûts. Le procédé d'oxycombustion, qui recourt à la combustion à haute température, doit encore faire l'objet de travaux supplémentaires, mais on y voit une solution d'avenir. Les travaux de R-D nécessaires sur les divers scénarios de stockage sont considérables, car il faut s'assurer que le niveau de sécurité sera conforme aux besoins dans les installations de très grandes dimensions prévues. Il existe un certain nombre d'installations de taille moyenne dont proviennent des données importantes. Des installations de démonstration mieux équipées sont néanmoins indispensables pour que l'industrie puisse concevoir les installations de demain, et pour que les pouvoirs publics définissent des réglementations de sécurité solidement étayées. L'industrie est prête à effectuer de lourds investissements sous réserve que les gouvernements adoptent des politiques bien définies, en particulier pour l'après 2012.

## **8. Conclusions se rapportant aux politiques de R-D**

La conférence a abordé la question de savoir si les activités de recherche sont, par leur ampleur et les domaines qu'elles couvrent, à la hauteur des résultats voulus. Les gouvernements dépensent-ils suffisamment dans la R-D liée à l'énergie ? Le financement va-t-il aux domaines de recherche appropriés ?

Compte tenu de l'importance de la demande concernant la production d'énergies nouvelles, et compte tenu également des risques associés à la dépendance persistante à l'égard des combustibles fossiles, il est urgent de s'engager à mener des activités de R-D énergétique. Cet engagement devra-t-il s'accompagner de nouveaux investissements massifs dans la recherche ? De nombreuses instances non gouvernementales ont lancé des appels à modifier radicalement la politique de la recherche. Pour n'en citer qu'un exemple caractéristique, les Académies des sciences des pays du G8, auxquels se sont jointes celles de la Chine, de l'Inde, du Brésil et de l'Afrique du Sud (chacune de ces académies réunit les chercheurs les plus éminents du pays concerné) ont rendu publique ensemble, au sommet du G8 tenu en juillet 2006 à Saint-Pétersbourg, une Déclaration conjointe appelant « tous les pays du monde à coopérer pour identifier les priorités stratégiques communes pour des systèmes d'énergie durables et sûrs et à mettre en œuvre des actions pour répondre à ces priorités [...], et à :

« [...]

« ▪ Considérer la grave insuffisance des fonds de R-D et encourager l'accélération des [travaux de] R-D liés aux formes avancées de l'énergie, également en partenariat avec les compagnies privées

« [...] »

« ▪ Concentrer les efforts des gouvernements dans le domaine de la recherche et de la technologie sur l'efficacité de l'énergie, les hydrocarbures non conventionnels, le charbon propre avec captation et stockage du CO<sub>2</sub>, l'énergie nucléaire innovante, les systèmes énergétiques répartis, les sources d'énergie renouvelables, la production et la conversion de la biomasse, la conversion du gaz en carburants liquides. »

Les politiques de l'énergie et de R-D se composent principalement des éléments suivants :

Politique de R-D	Politique énergétique
Planification stratégique	Impératifs de croissance économique et prévisions de la demande
Mécanismes et systèmes de financement	Priorités environnementales - climat - autres considérations environnementales : pollution, utilisation des terres, biodiversité, etc.
Organisation et contrôle	Sécurité des approvisionnements énergétiques - épuisement des ressources à long terme - géopolitique - prix de l'énergie
Coopération internationale	Sécurité de l'infrastructure énergétique (risques naturels et anthropiques)
Droits de propriété intellectuelle	Sécurité et sûreté pour la collectivité - nucléaire (sûreté des réacteurs, prolifération, gestion des déchets) - Biosécurité (dont bioéthique) - Politique agricole - Mode de vie, esthétique
Formation des chercheurs	
Installations et autres infrastructures de recherche	
Financement public ou privé, partenariats public-privé	

Il est bien sûr impossible de prédire exactement comment se déroulera la recherche scientifique, dont les avancées se doivent souvent à d'heureuses découvertes faites par hasard. Les participants à la conférence de l'OCDE ont fait observer que les responsables

de l'élaboration des politiques sont en général insuffisamment renseignés sur les possibilités offertes par la recherche énergétique et sur les résultats que l'on peut raisonnablement attendre du système scientifique à telle ou telle échéance (par exemple en termes de baisse des prix ou d'amélioration de l'efficacité des sources d'énergie nouvelles et renouvelables). Les spécialistes de la politique scientifique doivent en savoir davantage sur les besoins et les contraintes de la politique nationale, tandis que les responsables de l'élaboration de la politique énergétique ont besoin d'informations plus fournies sur l'état d'avancement de la science et de la technologie, ainsi que sur les perspectives réalistes en la matière.

De l'avis de la plupart des participants à la conférence, les efforts de R-D sur les technologies énergétiques nouvelles ne sont pas suffisants ni bien ciblés pour produire les effets nécessaires sur la production d'énergie d'ici le milieu du siècle. Etant donné que les financements sont faibles dans l'ensemble et que de nombreuses voies de recherche prometteuses ne sont pas encore étudiées, il s'impose à l'évidence de redoubler d'efforts pour faire en sorte que l'activité des systèmes nationaux de recherche corresponde bien à ce que réclament les prévisions des besoins futurs. La conclusion principale de la conférence est qu'il faut pousser beaucoup plus loin qu'on ne le fait aujourd'hui l'harmonisation et la coordination des politiques de la recherche et de l'énergie.