



ASSEMBLÉE NATIONALE

COMMISSION DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TERRITOIRE

COMPTE RENDU N° 38 *(Application de l'article 46 du Règlement)*

Mercredi 15 mars 2006
(Séance de 18 heures)

Présidence de M. Patrick Ollier, Président

SOMMAIRE

	page
– Présentation du rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur les nouvelles techniques énergétiques	2

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques a présenté son rapport sur **les nouvelles techniques énergétiques**.

Après avoir rappelé que le rapport sur « les nouvelles technologies de l'énergie et la séquestration du CO₂ » faisait suite à une saisine de la commission des affaires économiques, de l'environnement et du territoire, en date du 5 avril 2005, **M. Claude Birraux** a noté qu'il s'inscrivait également dans un ensemble de travaux parlementaires sur des sujets connexes : le rapport de l'Office sur le développement durable, présenté par Pierre Laffitte et Claude Saulnier, la mission d'information de la Conférence des Présidents sur l'effet de serre, présidée par Jean-Yves Le Déaut, et la mission d'information de la commission des affaires étrangères sur le thème « énergie et géopolitique ».

Il a ensuite précisé que le rapport avait pour but d'énoncer des faits et des analyses techniques sur les différentes filières énergétiques et la séquestration du CO₂ et qu'il se présentait sous la forme d'un guide alphabétique des énergies, avec, pour chacune des énergies, plusieurs fiches comprenant des données de base et des questions d'actualité.

Avant de passer la parole à M. Christian Bataille, il a indiqué que la synthèse présentée à la commission avait pour but de faire émerger des lignes de force, dans le diagnostic et les recommandations.

M. Christian Bataille a tout d'abord expliqué qu'avant de développer les analyses de l'Office, quelques données de base seraient rappelées en guise de propos introductifs. Tout en signalant que les émissions de CO₂ provenaient essentiellement de la combustion des énergies fossiles – charbon, pétrole, gaz naturel – dans les secteurs des transports, du résidentiel-tertiaire (bâtiments) et de l'industrie, il a également évoqué plusieurs gaz absorbant les rayonnements infrarouges émis par la Terre et rejetés par les activités humaines tels le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux ou composés fluorés, qui avaient un fort pouvoir de réchauffement global et ne pouvaient être négligés. Il a néanmoins souligné qu'en termes de volumes d'émissions, le CO₂ restait le plus important des gaz à effet de serre, avec près de 80% des émissions mondiales et 70 à 75% des émissions des pays industrialisés.

M. Claude Birraux a ensuite exposé des données statistiques faisant état en 2003 d'un total d'émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie de 25 milliards de tonnes, émissions dont les responsables sont :

- en premier lieu les Etats-Unis, avec 27 % des émissions mondiales, soit 6,6 milliards de tonnes de CO₂ ;
- puis l'Union européenne (à 25) avec 3,9 milliards de tonnes de CO₂ ;
- suivie de la Chine, pratiquement au même niveau que l'Union européenne, avec 15 % des émissions mondiales ;
- et de l'Inde, qui émet toutefois trois fois moins de CO₂ que la Chine.

M. Christian Bataille a ensuite commenté un graphique figurant la hiérarchie des émetteurs de CO₂ et mettant en évidence la performance de la France au sein de l'Union européenne. En effet, la France a émis en 2003, 390 millions de tonnes de CO₂ contre

854 millions de tonnes pour l'Allemagne (soit 2,2 fois plus que la France) et 540 millions de tonnes pour le Royaume-Uni. Soulignant que, rapportées au PIB, les émissions de la France étaient moitié plus faibles que celles de l'Allemagne, il s'est demandé si l'application du Protocole de Kyoto à l'intérieur de la bulle européenne tenait suffisamment compte de cette disparité. Il a ainsi rappelé que l'objectif de l'Allemagne était une réduction de ses émissions de gaz à effet de serre de 21 % seulement par rapport à ses niveaux de 1990, concluant qu'au terme de cette évolution, les émissions allemandes resteraient très supérieures à celles de la France, même si celle-ci est simplement contrainte de stabiliser ses émissions au niveau de 1990.

M. Claude Birraux a ensuite évoqué l'importance de la production électrique et des transports dans les émissions mondiales de CO₂. Il a indiqué que la production d'électricité et l'ensemble de la branche énergie – production de chaleur, raffineries – étaient responsables de 40 % des émissions mondiales de CO₂ en 2004 ; quant aux transports, ils étaient à l'origine du quart des émissions mondiales, avec un taux de croissance élevé, en raison de l'accroissement rapide du parc automobile. Il a également précisé que l'industrie était à l'origine du cinquième des émissions mondiales de CO₂ et le résidentiel tertiaire de 15 à 20 % selon les estimations. Puis il a expliqué la singularité des performances de la France par secteur d'émission, notant que grâce au parc électronucléaire, la branche énergie ne représentait que 14 % des émissions totales. Il a indiqué qu'en revanche, les émissions des transports s'élevaient à 38 % du total et le résidentiel tertiaire à 27 %, tout en estimant qu'en réalité, les performances du secteur des transports français n'étaient pas plus mauvaises que dans les autres pays et que seule l'excellence de la production électrique française contribuait paradoxalement à braquer les projecteurs sur ce secteur plus qu'ailleurs.

En guise de dernière remarque introductive, **M. Christian Bataille** a exposé les liens unissant la réduction des émissions de CO₂ et la sécurité énergétique. Evoquant la répartition mondiale des réserves en combustible fossile, il a rappelé qu'après le Moyen Orient, qui possède plus de 60 % des réserves de pétrole et plus de 40 % des réserves de gaz naturel, le continent européen, avec les pays de l'ex URSS, était mieux doté que d'autres, en tenant compte à la fois du charbon, du pétrole et du gaz naturel. Il a noté qu'en conséquence, la tentation était grande d'arrimer l'Europe, qui représente une part dérisoire des réserves mondiales, à la Russie pour ses approvisionnements en pétrole et surtout en gaz naturel : tout en soulignant qu'il s'agissait là d'un choix politique majeur, en réalité déjà fait par la Commission européenne, il a estimé que la récente crise du gaz naturel entre l'Ukraine et la Russie avait montré les dangers d'une telle orientation. Enfin, rappelant l'obligation de la France de stabiliser au niveau de 1990 ses émissions de gaz à effet de serre, il a affirmé que la réduction des émissions de CO₂ avait indiscutablement de nombreux bénéfices secondaires :

– le premier étant d'obliger à réduire les consommations unitaires et d'augmenter l'efficacité énergétique, susceptible de contribuer à la baisse des coûts de production ;

– le second étant d'inciter au développement des énergies sans carbone, d'où une réduction possible de la dépendance énergétique extérieure.

Il a toutefois considéré que ces bénéfices ne devaient pas être annihilés par un ralentissement de la croissance économique.

Avant de présenter le fonds des travaux de l'Office à la commission, **M. Claude Birraux** a en outre signalé que la maîtrise des émissions de CO₂ ne résulterait pas d'une seule technologie mais d'un ensemble de moyens, au nombre desquels le développement des énergies sans carbone, mais aussi la maîtrise des émissions liées aux énergies fossiles, dont les réserves sont trop importantes pour qu'elles soient délaissées. Il a ensuite annoncé que la présentation qu'il s'appropriait, avec M. Christian Bataille, à exposer à la commission comportait deux parties : la première consacrée à la réduction des émissions de CO₂ liées aux énergies fossiles et la seconde au développement des énergies sans carbone. Plus globalement, il a estimé qu'avec le foisonnement et l'imbrication des technologies issues de la recherche et du développement actuels, les opportunités de progrès étaient nombreuses et compatibles avec la croissance économique, dès lors qu'étaient respectées les ressources de la géologie et les lois de la physique. Soulignant que 88 % de l'énergie primaire consommée dans le monde provenait des combustibles fossiles et qu'en conséquence « consommer moins d'énergies fossiles en consommant mieux » était une priorité, il a abordé les différents moyens susceptibles de concourir à cet objectif. Il a tout d'abord évoqué le remplacement des centrales thermiques au charbon obsolètes par des installations à haut rendement énergétique permettant de diminuer fortement les émissions de CO₂, à production constante. Il a ensuite désigné l'accroissement du rôle du gaz naturel en remplacement du charbon afin d'aboutir au même résultat, la séquestration du CO₂, c'est-à-dire sa capture et son stockage géologique, permettant de réduire les émissions des sources concentrées et massives de l'industrie. Enfin, il a estimé que des réductions d'émissions dans les transports étaient également indispensables, même avec les combustibles fossiles.

S'agissant précisément du charbon, **M. Christian Bataille** s'est appuyé sur un graphique démontrant qu'avec 27 % de la consommation d'énergie primaire, celui-ci occupait la deuxième place dans l'approvisionnement mondial en énergie. Insistant sur le fait que la France, ayant abandonné cette énergie, avait une vision faussée du charbon considéré comme appartenant au passé, il a noté que 80 % des réserves mondiales de combustibles fossiles étaient constituées de charbon et que, dans la production électrique mondiale, le rôle du charbon était encore plus important : 40 % de la production électrique mondiale ont été assurés en 2003 par des centrales à charbon, celui-ci assurant encore 50 % de la production électrique aux Etats-Unis, 51 % en Allemagne, 70 % en Chine et 80 % en Inde. Il en a conclu que le charbon aurait une place essentielle dans l'approvisionnement en énergie du futur.

Puis **M. Claude Birraux** s'est interrogé sur comment réduire les émissions de CO₂ des centrales thermiques ? Il a indiqué que cet objectif passait d'abord par une augmentation de leur rendement, signalant que le remplacement d'une centrale thermique par une centrale de nouvelle génération permettait de réduire de 25 % les émissions de CO₂, à production d'électricité constante. Il a également noté qu'après la réduction des émissions de poussières, de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote, le nouveau défi des centrales thermiques au charbon était de généraliser les centrales à vapeur supercritique ou ultrasupercritique qui, fonctionnant à des pressions de 200 à 300 bar et à des températures de plus de 500°C, avaient des rendements atteignant 50 %. Il a par ailleurs signalé que les centrales thermiques à gazéification intégrée du charbon et à cycle combiné IGCC (Integrated Gasification coal Combined Cycle) représentaient une autre possibilité, même si les rendements atteints étaient inférieurs à ceux des centrales ultrasupercritiques, différents types de combustibles pouvant y être utilisés. Il a affirmé qu'à terme, l'objectif était de mettre au point la centrale thermique du futur, comme dans le projet américain FutureGen, c'est-à-dire sans émission ni de polluants ni

de dioxyde de carbone, ce qui exigeait inévitablement la séquestration du CO₂ produit en même temps que l'électricité et l'hydrogène. Il a néanmoins estimé qu'en tout état de cause, les émissions de CO₂ des centrales thermiques pourraient être fortement diminuées, d'un facteur de 6 à 8, mais ne seraient vraisemblablement pas réduites à zéro, en raison du coût énergétique des procédés et de leurs rendements décroissants.

M. Christian Bataille a ensuite exposé une deuxième voie possible, celle de la production électrique avec des cycles combinés à gaz naturel, considérant que parmi les applications industrielles du gaz naturel, la production d'électricité connaissait un essor rapide qui devrait se poursuivre dans les prochaines années. Il a avancé que le remplacement des centrales thermiques au charbon par des cycles combinés à gaz permettrait de diviser par deux les émissions de dioxyde de carbone par mégawatt produit, un cycle combiné à gaz de 800 MW n'émettant en effet que 365 grammes de CO₂ par kWh produit, contre 777 g pour une centrale thermique à charbon pulvérisé. Il a toutefois reconnu que la production d'électricité à l'aide de cycles combinés à gaz naturel présentait des inconvénients, indiquant en premier lieu, qu'un cycle combiné à gaz émettait du CO₂ (un cycle combiné de 900 MW produisant en base émet 2,6 millions de tonnes de CO₂ par an) et qu'en second lieu, le coût du combustible représentait 63 % du coût hors taxe total, sachant en outre que le coût du MWh est très sensible à l'évolution du prix du gaz naturel qui semble durablement orienté à la hausse (le prix du gaz naturel est en effet passé de 6 \$/MBtu en février 2005 à 15 \$/MBtu en août 2005 et se trouvait à 9 \$/MBtu en janvier 2006).

Enfin, **M. Claude Birraux** a fait part d'une troisième voie pour diminuer les émissions de CO₂ liées aux combustibles fossiles : la séquestration du CO₂. Il a expliqué que la séquestration du CO₂ comprenait deux opérations principales : d'une part, la capture du dioxyde de carbone à l'état gazeux, et, d'autre part, son stockage de manière à éviter tout rejet dans l'atmosphère. Il a également signalé que, dans la pratique, une troisième opération pouvait s'imposer, le transport, dès lors que le stockage avait lieu sur un site différent de celui de la capture. Il a ensuite indiqué que la capture du CO₂ issu de l'utilisation de combustibles fossiles était réalisée dans la pratique selon trois types de technologies :

– la capture *postcombustion* correspondant à la récupération du CO₂ dans les fumées issues de la combustion ;

– la capture *précombustion* correspondant à la décarbonatation du combustible en préalable à la combustion (le dioxyde de carbone est récupéré en amont de la combustion, qui ne porte alors que sur l'hydrogène et ne délivre que de la vapeur d'eau) ;

– la capture par *oxycombustion* correspondant au remplacement du comburant habituel – l'oxygène de l'air – par de l'oxygène pur (qui permet d'obtenir en aval un flux de dioxyde de carbone très concentré).

Il a néanmoins estimé qu'aucune des solutions techniques de capture ne permettrait de réduire à zéro les émissions d'une même source, en raison de rendements décroissants des procédés et des coûts incompressibles élevés en résultant.

S'agissant du transport du CO₂, il a signalé que les solutions les plus vraisemblables étaient le transport par gazoduc, déjà utilisé, ou par bateau. Quant au stockage du CO₂, il a rappelé que la méthode de la minéralisation devait être éliminée en raison de son coût et des

tonnages gigantesques, de même que le stockage océanique en raison de ses conséquences environnementales, et que donc les deux solutions préférées étaient le stockage dans des gisements d'hydrocarbures, qui sont stimulés par l'injection de CO₂, et le stockage dans des aquifères salins ou basaltiques profonds.

S'agissant du coût de la séquestration, **M. Christian Bataille** a noté que celui-ci était encore très élevé en dépit des multiples expériences en cours, tant pour la capture que pour le stockage. Pour étayer son propos, il a fait part des données de Gaz de France, opérateur qui possède l'expérience de l'ensemble de la chaîne, indiquant qu'au total, dans l'état actuel des techniques, le coût de la séquestration était compris entre 43 et 90 €/t CO₂, la capture étant l'opération la plus coûteuse (entre 40 et 60 €/t CO₂), suivie du transport (entre 2 et 20 €/t CO₂) et du stockage (entre 0,5 et 10 €/t CO₂). Il a également souligné que la capture et le stockage des émissions de CO₂ se limitaient aux installations émettrices suffisamment proches des formations géologiques favorables dans la mesure où ils s'appliquaient aux seules sources statiques d'émissions massives, selon des procédés dont l'efficacité n'est pas totale. Faisant état d'estimations réalisées par l'industrie des hydrocarbures, il a estimé que pourrait être obtenue grâce à la séquestration une réduction de 20 % des émissions de CO₂ des États-Unis, de l'Union européenne et de la Chine, soit 10 % seulement des émissions mondiales de CO₂. En conséquence, il a conclu que la séquestration du CO₂ représentait une solution intéressante mais partielle, dont la mise en application était de surcroît subordonnée à une baisse sensible de ses coûts.

M. Claude Birraux a ensuite abordé un quatrième point concernant l'utilisation des combustibles fossiles : la réduction des consommations dans les transports. Il a noté que la prédominance des carburants pétroliers dans les transports avait plusieurs raisons : tout d'abord le faible prix relatif, pendant une très longue période, de l'essence et du gazole, par rapport à toutes les autres sources de carburants ; ensuite, l'inertie des systèmes énergétiques – production, distribution, moteurs –, dont la mise en place exige des investissements énormes ; et enfin, sur un plan technique, l'avantage déterminant des carburants liquides, en raison de leur fort contenu énergétique, leur facilité de stockage, de distribution et la rapidité de leur chargement à la pompe. Il a ainsi indiqué qu'en comparaison, le GPL (gaz de pétrole liquéfié) devait être placé sous une pression de 5 bar, que le GNV (gaz naturel véhicule) devait être comprimé à 200 bar dans le réservoir d'une automobile et qu'il fallait une nuit pour le remplir avec un compresseur individuel, que 4,6 litres d'hydrogène comprimé à 700 bar étaient nécessaires pour avoir l'équivalent énergétique d'un litre d'essence et qu'enfin l'électricité stockée dans des batteries, longues à recharger, ne donnait actuellement qu'une autonomie de 100 à 200 km à une automobile particulière. Il a également précisé que des carburants liquides pourraient être produits à partir des énormes réserves de charbon et de gaz naturel, assurant ainsi la pérennité des carburants automobiles.

M. Claude Birraux a ensuite abordé le développement des énergies sans carbone et s'est interrogé en premier lieu sur l'apport de l'éolien. Il a indiqué que les éoliennes avaient fonctionné en 2004 1 450 heures à puissance nominale en Allemagne, 2 110 heures au Danemark et 2 220 heures au Royaume-Uni et environ 1 800 heures en France sur 8000 heures disponibles. Il a estimé qu'en raison de l'intermittence de cette production, l'alimentation en électricité d'utilisateurs, particuliers ou industriels, ne pouvait en aucun cas reposer exclusivement sur des éoliennes et que des moyens de production complémentaires devaient nécessairement leur être associés. Il a souligné que l'éolien ne semblait pas en

mesure d'assurer une part importante de la production d'électricité nationale et cité à titre d'exemple l'Allemagne, dont les 16 600 mégawatts de capacité éolienne installée n'ont fourni, en 2004, que 4 % de la production totale d'électricité. Il a rappelé que si l'éolien représentait 17,1 % de la production nationale d'électricité au Danemark, le montant produit ne dépassait pas cependant 7 TWh.

M. Christian Bataille s'est interrogé sur les bénéfices à attendre du développement du solaire photovoltaïque. Il a indiqué que le coût de l'électricité photovoltaïque était d'environ 500 €/MWh pour une installation raccordée au réseau et d'environ 1000 €/MWh pour une installation isolée. Il a estimé que le solaire photovoltaïque, s'il pouvait être intéressant pour des sites isolés, ne pourrait en aucun cas assurer une production de masse d'électricité, pour des raisons économiques et techniques, liées notamment à son caractère intermittent. Il a ainsi considéré que la production électrique obtenue à l'issue d'un programme comme le programme allemand de 100 000 toits était négligeable par rapport aux moyens de production classiques : 100 000 toits d'une puissance de 3 kWc chacun assurent l'équivalent annuel de 0,4 TWh, soit 150 fois moins que la production hydroélectrique française, avec un surcoût annuel de 200 millions €. Il a noté que le développement du solaire photovoltaïque était plutôt recherché par les pays industrialisés pour stimuler leur industrie nationale, dans la perspective du développement des marchés de l'électrification décentralisée dans les pays en développement.

M. Claude Birraux a évoqué la part assurée par les différentes énergies dans la production d'électricité mondiale en 2003 : 16 % pour le nucléaire, 16 % pour l'hydraulique, 40 % pour le charbon et 26 % pour le pétrole et le gaz. Il a observé que les pays dotés d'un parc électronucléaire important étaient ceux qui présentaient les meilleures performances en terme de limitation de leurs rejets de gaz à effet de serre, à niveaux de développement comparables.

Soulignant le caractère compétitif de l'énergie nucléaire et son intérêt pour la réduction des émissions de CO₂, **M. Christian Bataille** a ajouté que les réacteurs actuellement en fonctionnement sont à 81 % des réacteurs à eau légère de 2^{ème} génération, qui utilisent de l'uranium enrichi, et souligné que leur approvisionnement en combustible ne pose aucune difficulté, de même que celui des réacteurs de Génération III, comme l'EPR, qui pourraient les remplacer à partir des années 2020. Il a précisé que les réserves classiques connues d'uranium représentent 70 années de consommation actuelle et les réserves probables supplémentaires, 100 années, ce qui permettrait d'engager la croissance du parc électronucléaire mondial avec le même type de réacteurs. Il a estimé que la pérennité de l'approvisionnement en uranium est, en réalité, assurée pour bien plus longtemps, le niveau des réserves d'uranium étant porté à plusieurs millénaires avec les réacteurs de 4^{ème} Génération appelés à prendre, vers 2040, le relais des réacteurs à eau légère ; ces réacteurs utilisent en effet une proportion du potentiel énergétique de l'uranium beaucoup plus grande que les réacteurs à eau légère.

Il a rappelé par ailleurs que la hausse du prix de l'uranium n'avait qu'un impact très réduit sur le prix du MWh nucléaire, le coût de l'uranium ne représentant que 5 % du coût total. Il a ajouté que selon la Direction générale de l'énergie et des matières premières, le cycle combiné à gaz et le charbon pulvérisé étaient respectivement plus chers de 20 % et de 23 % que le coût du MWh nucléaire et que l'avantage du nucléaire était encore plus

déterminant si l'on prenait en compte le coût du CO₂ émis : comparé au 28,4 €/MWh du nucléaire, le MWh gaz ressort en effet à 42,1 € (+48%) et celui du charbon à 48,3 € (+70 %).

M. Claude Birraux a indiqué que les biocarburants de première génération étaient fabriqués à partir des graines de blé, de soja ou de tournesol ou de la racine de betterave, qui constituent les réserves énergétiques de ces végétaux. Il a souligné que la nouvelle frontière des biocarburants consistait à les produire à partir de la plante entière et que les volumes à attendre étaient considérablement plus élevés, sans concurrence avec les cultures alimentaires.

Il a expliqué que le premier stade de la transformation de la biomasse était l'obtention de gaz de synthèse et que pour parvenir à des carburants liquides, il suffisait ensuite de mettre en œuvre la réaction de Fischer-Tropsch. Il a estimé que les biocarburants de 2^{ème} génération présenteraient ainsi l'avantage de valoriser des ressources abondantes et de présenter un bilan d'émission de CO₂ quasiment parfait, si l'énergie utilisée pour les procédés provenait elle-même de la biomasse. Il a ajouté que la biomasse pourrait être également une source d'hydrogène pour les piles à combustible.

Il a rappelé que depuis 2001, les efforts de recherche semblaient conduire à l'émergence de trois technologies principales, les piles SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) pour la cogénération de chaleur et d'électricité, la pile DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) pour les applications portables et les piles PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) pour les transports.

Il a précisé que selon le CEA, le coût d'une pile à combustible rapporté à sa puissance était de 6000 à 8000 €/kW, alors que le coût du kW d'un moteur diesel de bus était de l'ordre de 150 €/kW. Il a donc conclu que pour ce type d'application, le gain à obtenir était d'un facteur 50. Il a estimé que le défi semblait encore plus difficile pour une automobile individuelle : le coût de l'unité de puissance du moteur à combustion interne étant de 30 à 50 €/kW, il faut parvenir à diviser le coût de la pile au moins par un facteur 200 pour la rendre compétitive avec une motorisation classique.

Il a ainsi indiqué que pour l'Institut Français du Pétrole, la commercialisation des piles à combustible n'apparaissait pas possible avant 2020 et que Renault l'envisageait pour 2015-2020.

Pour conclure, **M. Christian Bataille** a noté que les pays industrialisés avaient opéré une vague d'investissements énormes dans l'énergie entre 1960 et 1980 pour faire face à la croissance de la consommation d'électricité et de carburants automobiles et que, compte tenu de la durée de vie des équipements dans l'énergie – de 20 à 50 ans, de nombreuses installations seraient à renouveler dans les toutes prochaines années : centrales thermiques, centrales nucléaires, modules de raffineries de pétrole.

À ces investissements de renouvellement, il a considéré que s'ajouteraient des investissements de capacité, dans les pays industrialisés mais surtout dans les pays émergents ou en développement : nouvelles centrales électriques, exploration-production de pétrole et de gaz naturel, usines de liquéfaction du gaz naturel, gazoducs.

Il a ajouté que l'Agence internationale de l'énergie évaluait à 13 500 milliards d'euros les investissements à réaliser dans le monde

M. Claude Birraux a rappelé que l'Union européenne s'était engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 8 % à l'horizon 2008-2012, par rapport au niveau de 1990 et que le coût de cette réduction devrait être, selon la Commission européenne, de 6,8 milliards € par an, soit 0,2 % du PIB communautaire chaque année. Il a précisé que la mise en place d'un système d'échanges de quotas d'émission était censée diminuer de moitié le coût de la réduction.

Il a estimé néanmoins que l'atonie de la croissance économique européenne par rapport à celle de ses compétiteurs exigeait la plus grande prudence dans les charges que l'Union européenne s'imposait unilatéralement et mis en garde contre le risque, qu'après la délocalisation des industries de main-d'œuvre, l'Europe assiste à la délocalisation de ses industries fortement consommatrices d'énergie.

S'interrogeant sur le futur calendrier, **M. Christian Bataille** a souligné que sur le plan technologique, 2020 était une date charnière pour l'énergie : des investissements de renouvellement du parc électrique devront entrer en service, à cet horizon, dans la plupart des pays industrialisés et de nombreuses pistes technologiques déboucheront par ailleurs sur des réalisations opérationnelles.

Il a considéré que d'ici 2020 et au-delà, une priorité devait être accordée à l'efficacité énergétique qui a deux dimensions, d'une part, la réduction des consommations énergétiques de chacune des filières, et, d'autre part, la sélection des filières dont le rapport bénéfice sur coût est le plus avantageux, en termes d'émissions de CO₂ et d'investissements comme de prix de revient.

Il a estimé en tout état de cause que compte tenu de l'ampleur des défis à relever, des priorités étaient indispensables et que d'ici à 2020, la recherche et développement devait être spécialement active dans le domaine de l'énergie, afin de les déterminer le plus rapidement possible.

Pour finir, **M. Claude Birraux** a mis en avant plusieurs recommandations en matière d'efficacité énergétique : appuyer les efforts de recherche dans le domaine des centrales thermiques à charbon à très haut rendement, favoriser la réalisation de projets de séquestration du CO₂, mettre en place une réglementation concernant le stockage souterrain du CO₂, développer les savoir-faire français en matière de procédés de synthèse de carburants liquides à partir de charbon et de gaz naturel, appuyer les efforts de réduction des consommations des moteurs à combustion interne, renforcer l'industrie nationale du solaire photovoltaïque, appuyer les efforts d'agrément de l'EPR aux Etats-Unis compte tenu de la volonté du président Bush de relancer la construction de centrales nucléaires, appuyer les efforts de recherche et développement sur les réacteurs à neutrons rapides de 4^{ème} génération, mettre en place un programme spécifique pour le développement des biocarburants de 2^{ème} génération et établir dans les cinq ans des priorités claires dans les efforts de recherche et développement.

Le Président Patrick Ollier s'est dit impressionné par la qualité du rapport et a indiqué que ce travail considérable allait apporter des éléments particulièrement utiles à la réflexion de la Commission.

M. Antoine Herth a estimé que le rapport très complet réalisé par l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques se révélait indispensable pour faire le tour de la question énergétique. Il a interrogé les deux rapporteurs sur les expérimentations menées en France sur la valorisation des déchets ménagers pour la fabrication du biogaz. Considérant comme les rapporteurs, que l'Union européenne devait veiller au poids des charges qu'elle s'imposait unilatéralement à elle-même et à ses industries, il a souhaité avoir des précisions sur les modalités pratiques des mécanismes d'échanges et de bourses des crédits carbone, et notamment leur application au monde agricole, dont le principe a été reconnu par la loi d'orientation agricole. Soulignant que les conclusions du rapport étaient très pragmatiques, il a insisté sur la nécessité de ne pas fermer la porte à des types d'investissements décentralisés dans le cadre de l'équipement des particuliers, le modèle français étant fondé sur un socle indispensable, le nucléaire, qui n'excluait pas une certaine diversification. Il a également mis en avant l'intérêt d'encourager les petites et moyennes entreprises travaillant dans le secteur des énergies alternatives, celles-ci pouvant conquérir des parts de marché dans la vente de biens d'équipement dans des pays en développement dans lesquels n'existe pas d'industrie nucléaire.

M. Philippe Tourtelier a également félicité les deux rapporteurs tout en émettant quelques réserves sur leur travail. Il a ainsi regretté la part importante de la présentation consacrée au problème de l'effet de serre, alors qu'une mission d'information avait été constituée sur ce sujet, et souligné que la question centrale de la saisine à l'origine de ce rapport était la séquestration du dioxyde de carbone. Il a regretté en outre la tendance du rapport à défendre l'énergie nucléaire et à sous-estimer la production d'énergie décentralisée, en se basant sur l'état actuel des technologies. Il a également dénoncé une approche trop orientée sur la question de l'électricité, alors que les véritables enjeux concernaient plutôt les transports. Il a rappelé à cet égard que l'électricité n'était pas à l'origine de 50 % de la consommation d'énergie et que dans ces conditions, y consacrer la moitié du rapport pouvait paraître excessif et conduire à accorder au nucléaire une part prépondérante. Soulignant que la question des transports restait la plus problématique, il s'est inquiété de l'utilisation du charbon propre avec séquestration de carbone pour la production de carburant liquide, qu'il a considérée comme cruciale.

M. Daniel Paul a estimé qu'il s'agissait d'un excellent rapport, qui faisait le point sur l'intégralité des sources d'énergie, et insisté sur la nécessité d'avoir une approche plurielle et exhaustive en la matière, compte tenu de l'ampleur des défis à relever. Il a mis en avant l'intérêt d'indiquer pour chacune des techniques le coût représenté pour le panier de la ménagère et ses implications sur les émissions de gaz à effet de serre. Il a observé à cet égard que le prix du kilowatt nucléaire était, quel que soit le cas de figure, largement inférieur à celui des autres techniques énergétiques, et s'est interrogé sur la raison de la hausse du prix de l'électricité en France, sachant que 80 % de celle-ci était produite par l'énergie nucléaire et que 14 % l'était par l'énergie hydroélectrique. S'agissant du secteur des transports, qui était très dépensier en énergie, il a constaté que l'utilisation d'autres modes de transports que la route, notamment pour le fret, était largement insuffisante. Il a par ailleurs souligné l'intérêt que pouvait représenter le développement du « petit nucléaire » dans certains petits pays en développement dans des conditions de sécurité ad hoc par rapport à la construction de grands barrages.

M. Jean-Paul Charié a salué le travail en commun effectué par les deux rapporteurs en dehors de tout clivage politique. Il a indiqué que dans la Beauce, les agriculteurs avaient pris conscience que leur production ne serait plus réservée exclusivement à des débouchés alimentaires mais également destinée à la filière énergétique. Il a ajouté qu'une réunion de travail relative à la production de blé pour l'alimentation de chaudières avait ainsi été organisée très récemment. Compte tenu du caractère nécessairement limité de la surface agricole française, il s'est montré néanmoins réservé sur la capacité des biocarburants à répondre à l'ampleur des défis en matière énergétique et a demandé aux rapporteurs de préciser quel pouvait être l'apport de ceux-ci par rapport aux besoins de notre pays en nouvelles énergies alternatives. Il s'est notamment interrogé sur l'apport que pourrait représenter en théorie l'utilisation de la totalité de la surface agricole française à des fins de production de biocarburants. Il a par ailleurs souhaité connaître l'analyse des rapporteurs sur le rapport entre le développement de l'industrie nucléaire et la nécessité de faire des économies de consommation d'énergie, l'un de ces axes devant précéder ou non l'autre. Il a enfin mis en garde contre les implications en terme de régression de niveau de vie qu'aurait l'arrêt des émissions de gaz à effet de serre imposé à sept milliards d'habitants.

Rappelant qu'il reste encore l'équivalent de 160 années de production de charbon, **Mme Josiane Boyce** s'est interrogée sur les capacités des pays émergents à remplacer leurs centrales thermiques par des installations de nouvelle génération d'un rendement supérieur. Elle s'est également inquiétée des conséquences sur la faune et la flore de l'utilisation d'eau par les centrales nucléaires pour leur refroidissement dans le contexte d'un réchauffement climatique de la planète.

M. Christian Bataille, en réponse aux divers intervenants, a apporté les éléments de réponse suivants :

– le rapport a bien veillé à prendre en compte toutes les formes d'énergie tout au long de ses 350 pages, et si la présentation a conduit à mettre l'accent sur l'énergie nucléaire, c'est en raison de la place particulière que prend cette forme d'énergie en France ;

– les énergies solaires et éoliennes présentent un véritable intérêt, mais demeurent très coûteuses à exploiter, et ne permettent pas, en tout état de cause, une production de masse d'énergie ;

– le charbon dit « propre » ne constitue pas une forme d'énergie véritablement nouvelle, puisque l'Allemagne nazie, une fois coupée de ses ressources pétrolières du Caucase, a produit du charbon liquide, à l'aide du procédé Fischer – Tropsch ; ce procédé a été perfectionné en Afrique du Sud. En outre, il s'agit d'une énergie carbonée, qui produit du gaz à effet de serre ;

– toutes les formes d'énergie devront être mobilisées dans l'avenir pour faire face au déclin des réserves en pétrole, qu'il ne faut pas dramatiser outre mesure ; le charbon liquide aura toute sa place dans ce contexte, car il constitue le meilleur substitut pratique aux carburants utilisés dans les moyens de transport ;

– le moteur à hydrogène fonctionne, mais pour l'instant au niveau expérimental, et à un niveau de prix élevé ; la production de l'hydrogène va s'appuyer sur des centrales électriques, et dans ce cadre, la capacité à maîtriser l'énergie nucléaire constituera un atout ;

– les comparaisons de coûts d’exploitation des différentes formes d’énergie doivent être effectuées sur des bases comparables ; les coûts de l’énergie nucléaire qui ont été mentionnés comprennent les charges liées au démantèlement des centrales et à la gestion des déchets ; le coût d’exploitation du gaz est bien sûr très inférieur lorsqu’on n’intègre pas toutes les charges de la filière ;

– la miniaturisation des centrales nucléaires, qui semblait une voie d’évolution dans ce domaine voilà quelques années, avec notamment la perspective d’un fonctionnement couplé avec des usines de dessalement de l’eau de mer, n’est plus vraiment d’actualité, et l’intérêt nouveau accordé à la technologie EPR a plutôt réorienté la filière nucléaire vers la mise au point de réacteurs géants ;

– le déploiement de la technologie EPR devrait conduire à une implantation des nouvelles centrales nucléaires plutôt en bord de mer, ce qui conduira à terme à dégager les cours d’eau intérieurs.

En réponse à M. Daniel Paul, **M. Claude Birraux** a rappelé que l’objectif poursuivi dans le rapport était de donner des exemples de base afin de démontrer la nécessité de stimuler la recherche en vue d’améliorer les procédés existants et de baisser leurs coûts pour les rendre plus compétitifs. A cet égard, il a estimé que chaque pays devait trouver sa propre réponse, que le charbon n’était pas adapté en France mais que la production de carburant à partir de la biomasse pouvait constituer une piste. En revanche, il s’est prononcé contre le « petit nucléaire » pour les pays en développement, considérant qu’il s’agissait d’une technologie de pointe qui nécessitait des infrastructures suffisantes pour la maîtriser, une recherche de haut niveau et une réelle interaction entre le producteur et l’autorité de sûreté. Il a néanmoins précisé qu’il ne visait pas par l’expression « pays en développement » la Chine ou l’Inde, la première ayant désormais plus de chercheurs que le Japon et connaissant une hausse annuelle de 15 % des financements consacrés à la recherche.

S’agissant du biogaz, il a indiqué à M. Antoine Herth que le rapport faisait état de plusieurs expériences, dont une conduite à Chambéry, tout en soulignant que cette technique posait également quelques problèmes, les moteurs nécessitant une qualité et une composition du biogaz constantes. S’agissant des mécanismes d’échange dans le cadre des quotas d’émission de gaz à effet de serre, il a souligné qu’il convenait d’être attentif à toute hausse des prix et d’avoir une visibilité à long terme. Il a enfin rappelé qu’il était à l’origine, avec Jean-Yves Le Déaut, de trois dispositions de la loi d’orientation sur l’énergie issues des propositions de leur rapport de 2001 sur les possibilités techniques des énergies renouvelables, dispositions visant à favoriser le développement de l’énergie solaire et des biocarburants ainsi qu’à définir l’aide à apporter aux pays en développement pour acquérir ces technologies, notamment l’énergie solaire.

A M. Philippe Tourtelier, il a rappelé que la mission sur l’effet de serre avait été créée récemment alors que l’Office avait été chargé du rapport sur les nouvelles technologies de l’énergie en avril 2005. Il a expliqué par ailleurs qu’il s’agissait là d’une thématique de plus en plus prégnante, le réchauffement climatique correspondant à une préoccupation désormais mondiale, après le tsunami en Asie en 2004 et l’ouragan Katrina à La Nouvelle Orléans en 2005, de même que la sécurité énergétique, en raison des besoins mondiaux en énergie considérables et des risques dans l’approvisionnement récemment illustrés par le conflit entre la Russie et l’Ukraine. Cette question nécessite donc une politique de long terme,

dont l'horizon a été fixé par le rapport à 2020, indépendante de toute contingence électorale. S'agissant de la séquestration du CO₂, il a rappelé que la production de carburants liquides avec séquestration nécessitait une amélioration des techniques actuelles : le CO₂ séquestré l'étant sous une forme supercritique, qui lui donne un aspect liquide, les interactions chimiques avec le milieu environnant doivent encore être étudiées. **M. Christian Bataille** a précisé que là aussi, l'horizon retenu dans le rapport était 2020, avec la mise en œuvre du projet FutureGen.

Enfin, en réponse à M. Jean-Paul Charié, **M. Claude Birraux** a signalé que le rapport comportait un tableau des investissements nécessaires d'ici 2030 pour faire face à la demande et remplacer les systèmes de production existants, investissements se montant à 13 417 milliards de dollars. Il a également calculé que si la France devait diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, cela équivaldrait à 500 kilos équivalent carbone par citoyen, et qu'en conséquence des choix devraient être faits. A cet égard, il a estimé que le développement des énergies sans carbone était intéressant, notamment la technique « BTL » (biomasse to liquid).

