

Le nucléaire outil du développement durable

... et d'abord, raisonner global

Le réchauffement climatique n'a pas de frontières... et les réserves de charbon, de pétrole et de gaz sont un capital mondial où puise l'ensemble de la Communauté humaine... La question énergétique est planétaire. Ce serait un non-sens que de l'appréhender dans une optique franco-française en gardant les yeux rivés sur notre petit périmètre hexagonal. Certes, chaque pays définit sa politique énergétique selon ses propres

inclinations. Mais nous sommes tous embarqués sur le même navire et c'est le paramètre mondial qui, au bout du compte, dicte le jeu. C'est pourquoi parler des choix énergétiques de la France implique nécessairement que l'on évoque aussi la question de l'énergie telle qu'elle se pose au niveau global. C'est à cette double démarche que nous nous attachons dans ce document.

Le plus grave problème auquel l'humanité est confrontée est celui de son avenir énergétique. Si nous voulons laisser une planète à peu près vivable à nos descendants et améliorer dans la période présente le sort des milliards d'individus vivant dans la précarité, il faut surmonter deux difficultés majeures : l'épuisement prochain des ressources énergétiques fossiles ; la menace du réchauffement climatique. Les actions à mener sur ce double front doivent prendre en compte un paramètre démographique et humain fondamental : la population de la planète augmente et aspire à vivre mieux.

La population de la planète augmente et aspire à vivre mieux. La Terre compte aujourd'hui 6,4 milliards d'habitants. Parmi cette population, les inégalités de consommation énergétique sont vertigineuses. Quand un Américain consomme 8 tonnes d'équivalent pétrole (tep) par an, un

Africain en consomme 0,4 et un Chinois 0,7. Plus de 1,5 milliard d'individus n'ont pas encore accès à l'électricité. 2,5 milliards ne disposent, pour toute ressource énergétique, que de bois et de déchets agricoles et animaux. Au total, on estime qu'environ 4,5 milliards de personnes vivent dans l'inconfort ou la précarité énergétiques. Vers le milieu du siècle, la population de la Terre approchera les 9 milliards d'habitants. Et l'on sait que cette croissance démographique se produira essentiellement dans les pays défavorisés. **Cela va entraîner dans les années qui viennent une très forte hausse de la demande énergétique**, d'abord bien sûr pour accompagner l'augmentation du nombre des habitants mais aussi pour satisfaire les aspirations des plus défavorisés à une élévation de leur niveau de vie. Ce processus est en marche. En Chine, au Brésil, en Inde, des millions de personnes sortent chaque année de la précarité et accèdent à un statut social plus favorable. Le signe en est un fort accroissement de la consommation (habitat moins précaire, services de santé, voitures, téléviseurs, ordinateurs, réfrigérateurs, transports, etc.) impliquant la montée en flèche concomitante de la demande d'énergie. Cette croissance est à l'œuvre dans de nombreux pays - totalisant des milliards d'habitants - appelés à quitter progressivement leur statut de pays « pauvres » pour celui de pays « émergents ». On ne peut que se réjouir de ce progrès... qui devra nécessairement s'appuyer sur une production d'énergie plus importante qu'aujourd'hui.

Présentation

A l'occasion des élections présidentielle et législatives de 2007, le débat sur la politique énergétique de la France a été relancé. Sur cette question qui relève de son champ de compétence, la Société Française d'Énergie Nucléaire a vocation à s'exprimer. Elle propose ici quelques éléments d'information et d'analyse sur la contribution que le nucléaire est en mesure d'apporter à l'approvisionnement énergétique du monde et de notre pays. Une contribution dont les aspects positifs l'emportent largement, à notre sens, sur les contraintes et qui permet de considérer le nucléaire comme une énergie utile, capable de répondre aux exigences du développement durable. En soumettant ces analyses à l'appréciation critique de nos concitoyens, nous espérons favoriser des dialogues constructifs et faire œuvre utile dans le débat.

Francis Sorin

Contact SFEN : Tél : +33 (0)1 53 58 32 10 – Fax : +33 (0)1 53 58 32 11 – E-mail : sfen@sfen.fr – Site Internet : www.sfen.org
Des informations et des analyses plus détaillées sont disponibles à la SFEN et sur notre site Internet.

Association scientifique sans but lucratif créée en 1973, la Société Française d'Énergie Nucléaire regroupe 4000 adhérents, chercheurs, ingénieurs, professeurs, médecins... Son objet est de favoriser l'avancement des sciences et des techniques nucléaires et de contribuer à l'information sur les utilisations et les implications de cette forme d'énergie.

Parution dans la Revue Générale Nucléaire 2007 – N°1 – janvier-février
Directeur de la publication : Bertrand Vieillard-Baron
Imprimeur : Color 36

Il va falloir produire de plus en plus d'énergie... même si on l'économise !

Le monde produit aujourd'hui 11 milliards et 200 millions de tonnes d'équivalent pétrole (tep) par an. Tous les scénarios énergétiques s'accordent à estimer que cette production devra être multipliée par 1,5 ou 2 aux horizons 2030/2050. C'est ainsi par exemple que l'étude 2006 de l'Agence Internationale de l'Énergie* - qui est une référence en la matière - avance les hypothèses de 17 milliards de tep en 2030, chiffre ramené à 15 milliards dans le cas où les politiques d'économie d'énergie seraient très poussées. Il est bien sûr indispensable d'économiser l'énergie, de l'utiliser plus efficacement. Mais une telle démarche ne concerne principalement que les pays riches, car on ne va pas demander aux quelque 4 milliards d'individus vivant aujourd'hui dans la précarité énergétique d'économiser une énergie qu'ils ne consomment pas ! Il en résulte que même si les pays industrialisés

Nucléaire : une contribution déterminante

réussissent à pratiquement diviser par 2 leur consommation d'énergie dans les décennies à venir (hypothèse plus qu'optimiste !...), et si les pays émergents parviennent à mieux utiliser la leur, il faudra de toute façon en produire des quantités de plus en plus grandes pour satisfaire la demande mondiale. **Autrement dit, la voie des économies d'énergie, absolument nécessaire, n'aboutira pas à stabiliser la demande mais simplement à réduire l'ampleur de son augmentation.** La nécessité d'augmenter l'offre d'énergie demeure donc et se heurte à deux problèmes majeurs :

1. LE MONDE DOIT FAIRE FACE À L'ÉPUISEMENT DE SES RÉSERVES ÉNERGÉTIQUES FOSSILES. Charbon, pétrole et gaz fournissent environ 85 % de l'énergie mondiale. Ces ressources sont en voie de raréfaction. Les réserves connues de pétrole et de gaz sont en voie d'épuisement annoncé à échéance de 40 et 60 ans. Cette perspective bouleverse la donne. La sagesse nous impose de gérer prudemment le capital pétro-gaz en en réservant une bonne partie aux pays en voie de développement... et à nos descendants.

2. LE MONDE DOIT COMBATTRE LA MENACE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE. Les principaux responsables de ce réchauffement sont le charbon, le pétrole et le gaz que nous brûlons dans les centrales électriques, les véhicules automobiles, les installations de chauffage, etc. Cette combustion relâche

dans l'atmosphère des gaz à effet de serre (surtout du gaz carbonique CO₂) venant s'ajouter à ceux qui sont naturellement présents dans l'atmosphère. C'est cet ajout artificiel excessif qui perturbe le climat et provoque un réchauffement dont les conséquences potentielles sont inquiétantes : fonte de la banquise, élévation du niveau des océans, inondations, désertifications, canicules, bouleversement du régime des pluies, atteintes à la biodiversité, développement de certaines maladies et épidémies... Pour maintenir ce réchauffement - d'ores et déjà enclenché - dans des limites supportables, **le monde doit impérativement diminuer ses émissions de CO₂ (d'abord les stabiliser puis les diviser par 2) et donc restreindre fortement le recours aux combustibles fossiles.** Comment y parvenir, alors que charbon, pétrole et gaz fournissent aujourd'hui plus des quatre cinquièmes de l'énergie mondiale ? Toutes les études s'attachant à identifier les voies d'un développement durable pour l'humanité en viennent à une conclusion évidente : c'est le développement des énergies non émettrices de CO₂, énergies renouvelables et énergie nucléaire, qui peut fournir la clé du problème. La capture et le stockage du CO₂ pourraient également, dans le futur, être d'un secours notable.

Les énergies renouvelables : un apport précieux mais insuffisant. Aux côtés de l'hydraulique, qui pourrait encore être développée, les électricités solaire et éolienne apporteront au bilan global une contribution précieuse mais relativement limitée, en raison de leur faible concentration de puissance (il faut environ 3000 grandes éoliennes pour produire la même quantité d'électricité que celle fournie par une centrale nucléaire « classique » de 2000 mégawatts) et de leur caractère intermittent et aléatoire (faiblesse du rayonnement solaire dans certaines régions et à certaines périodes ; irrégularité... ou absence de vent). Le potentiel des énergies renouvelables (ENR) thermiques : solaire chaleur, biomasse, géothermie est plus important. Au total, la contribution globale de ces énergies est estimée à un maximum de l'ordre de 30 % à 35 % vers le milieu du siècle (scénario « Monde viable » du Conseil Mondial de l'Énergie), contre 13 % aujourd'hui. D'autres scénarios, comme par exemple celui proposé par l'énergéticien Pierre-René Bauquis, situent la part des ENR à des niveaux nettement inférieurs. Quant à l'Agence Internationale de l'Énergie, qui prend l'année 2030 comme référence, elle prévoit à cet horizon une contribution des ENR de l'ordre de 16 % de l'énergie mondiale, dans le cadre de son scénario optimiste (voir figure ci-contre). Bien entendu, ces chiffres ne sont que des scénarios. Ils renvoient néanmoins à des ordres de grandeur que les énergéticiens jugent crédibles, et ont le mérite de « cadrer » le véritable potentiel des ENR. On voit que ce potentiel est important mais on mesure aussi qu'il serait illusoire de considérer les ENR comme la panacée qui va régler tous les problèmes et plus particulièrement la fourniture d'électricité.

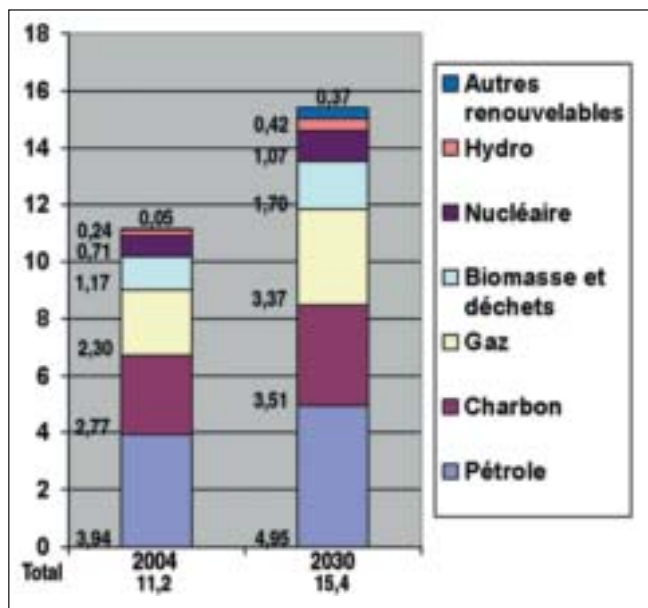
L'apport du nucléaire apparaît décisif pour résoudre le problème de l'approvisionnement en électricité. Le nucléaire est aujourd'hui la première source d'électricité en Europe, la troisième dans le monde. Il fournit un peu plus de 16 % des kilowattheures produits, ce qui représente environ 6,3 % de l'énergie mondiale. **En ce qui concerne l'électricité, la progression de la demande mondiale est prévue dans tous les scénarios**

Prolifération ?

Certains estiment que le développement des programmes nucléaires de production d'électricité augmenterait les risques de prolifération militaire. Ce point de vue mérite d'être considéré... et fortement nuancé. L'histoire des pays actuellement détenteurs d'un arsenal nucléaire montre qu'il n'est nullement besoin d'en passer par un programme civil électronucléaire pour fabriquer un engin militaire. Ce fait est confirmé par les deux pays actuellement soupçonnés de contrevenir aux règles internationales de non-prolifération. Ceux-ci ont engagé un projet présumé militaire en dehors de tout lien avec des installations électronucléaires civiles... qu'ils ne possèdent pas. Ces exemples montrent que ce ne sont pas les programmes civils qui sont proliférants mais les technologies « discrètes » (production et extraction de plutonium dans des installations dédiées, enrichissement de l'uranium) existant en dehors de tout support électronucléaire et mues par la volonté politique des États. Comme le souligne Georges Le Guelte, directeur de recherche à l'Institut des Relations Internationales et Stratégiques, « **la prolifération des armes n'est pas un problème technique engendré ou aggravé par le développement des programmes nucléaires civils ; il s'agit avant tout d'une question politique et l'abolition complète des applications civiles de l'énergie nucléaire n'empêcherait en rien la réalisation clandestine d'installations militaires** » (RGN - 2004 - n°5). En d'autres termes, électronucléaire pacifique et « bombe » ne sont pas les deux faces, inéluctablement imbriquées, d'une même médaille.

Une autre analyse a cours, soulignant que loin d'instiller des ferments guerriers dans la géopolitique planétaire, le développement du nucléaire civil peut se révéler au contraire un précieux outil de réduction des tensions internationales : il ménage en effet une meilleure disponibilité des énergies fossiles à l'intention des pays défavorisés qui en ont un besoin vital pour leur développement. En cela, il peut éradiquer, au moins partiellement, les tentations violentes, les guerres de l'énergie et contribuer à un meilleur équilibre des relations entre pays et entre zones géographiques.

à l'approvisionnement énergétique mondial



Consommation d'énergie mondiale en 2004 et en 2030

Le scénario « alternatif » de l'AIE

(en milliards de tonnes d'équivalent pétrole)

Cette prospective est élaborée par l'Agence Internationale de l'Énergie. Elle suppose que d'ici à 2030 soient mises en œuvre des politiques volontaristes et efficaces d'économie d'énergie et de sobriété énergétique. C'est ce que l'AIE appelle le « scénario alternatif ». La consommation mondiale n'en augmente pas moins dans des proportions importantes : 4,2 milliards de tep (pour une population de 8,1 milliards d'habitants). La contribution du nucléaire reste assez nettement supérieure à celle des énergies renouvelables (hors biomasse) représentées par l'hydraulique et les « autres énergies renouvelables » (essentiellement éolien, solaire et géothermie). C'est cette dernière catégorie qui connaît la plus forte progression, pratiquement multipliée par 6 par rapport à 2004.

comme devant être encore plus marquée que pour l'énergie en général. D'où le rôle décisif que le nucléaire est appelé à tenir. « Il a fait ses preuves en tant qu'énergie propre et fiable et devrait demeurer un des piliers de l'approvisionnement énergétique » écrit l'AIE dans son dernier rapport. En se substituant plus ou moins largement aux combustibles fossiles, le nucléaire apparaît comme un des principaux moyens de réduire la menace du réchauffement climatique (voir pages suivantes) en évitant chaque année le rejet dans l'atmosphère de plusieurs milliards de tonnes de CO₂. Par ailleurs, le nucléaire permet aux pays utilisateurs d'accroître leur indépendance vis-à-vis des marchés internationaux des combustibles fossiles, entrés en turbulence, et de bénéficier d'un coût de l'électricité modéré et stable sur le long terme. Pour toutes ces raisons, les pays sont de plus en plus nombreux qui envisagent de lancer - ou de relancer - des programmes électronucléaires. Même des pays ayant décidé dans le passé de « sortir » du nucléaire, comme la Suède, l'Allemagne ou la Belgique, en viennent aujourd'hui à rouvrir les débats sur ces décisions.

Dans le contexte préoccupant de l'énergie mondiale, le nucléaire, capable de fournir des quantités massives d'électricité sans ajouter de CO₂ à l'atmosphère est un outil précieux. Renoncer à ce potentiel, comme certains le préconisent, sous prétexte qu'il s'agirait d'une énergie par principe inacceptable, serait tourner le dos à la lutte contre le réchauffement climatique et faire preuve d'irresponsabilité.

L'uranium suffisamment abondant

Les ressources en uranium sont suffisamment abondantes (et bien réparties autour du globe) pour permettre un développement durable du nucléaire bien au-delà du 21^e siècle. Utilisé dans les réacteurs de 4^e génération (qui auront un rendement nettement supérieur aux réacteurs actuels), cet uranium pourra contribuer pendant des siècles à l'approvisionnement du monde en électricité.

Energies renouvelables et nucléaire doivent se compléter et non pas s'exclure

Toutes les études prospectives élaborées par les organismes internationaux l'établissent clairement : faire face au défi énergétique, promouvoir le développement durable, c'est mettre en œuvre la nécessaire conjugaison de trois lignes d'action complémentaires : sobriété énergétique, développement des énergies renouvelables, développement de l'énergie nucléaire. Que l'on néglige un seul des termes du triptyque, le système devient inopérant et n'est plus à la hauteur des enjeux. C'est pourquoi la « guerre des énergies », que certains se plaisent à entretenir, n'a pas lieu d'être. **Il est absurde d'opposer « renouvelables » et nucléaire et de laisser croire que les premières ont la capacité de se substituer à la seconde. Ce n'est pas en termes de substitution mais d'addition qu'il faut raisonner lorsqu'on envisage les contributions respectives de ces deux sources d'énergie.** Car c'est l'addition des deux qui peut permettre d'opérer à une échelle suffisamment large la seule substitution qui vaille : celle des énergies fossiles par les énergies non émettrices de CO₂. **Sortir du « tout-fossile », c'est bien là qu'est le véritable défi si nous voulons transmettre à nos descendants un monde viable.** Agir efficacement en ce sens suppose que le nucléaire tienne toute sa place dans le « bouquet énergétique » de demain. Il s'agit d'une technologie en permanente évolution. Grâce à une meilleure utilisation de l'uranium, les réacteurs auront la capacité de contribuer pendant des siècles à l'approvisionnement du monde en électricité, tout en parvenant à réduire fortement le volume et la radioactivité de leurs déchets. Ils pourront être adaptés pour d'autres applications, telles la production de chaleur à très haute température, la fourniture d'hydrogène ou le dessalement de l'eau de mer. Un potentiel considérable qui, face à la crise de l'énergie, mérite d'être préservé et exploité. L'étape plus lointaine devrait être celle de la maîtrise de l'énergie nucléaire de fusion...

L'efficacité du nucléaire contre

Contrairement aux centrales électriques « classiques » et aux autres systèmes de production d'énergie brûlant des combustibles fossiles, les centrales nucléaires ne rejettent pas dans l'atmosphère de gaz à effet de serre (GES). C'est là une caractéristique écologique majeure de l'énergie nucléaire. Capable de produire des quantités massives d'électricité sans émettre de gaz carbonique (= CO₂, le principal gaz responsable de l'effet de serre), le nucléaire s'affirme ainsi comme un outil important de lutte contre le réchauffement climatique.

Gaz à effet de serre : l'urgence est de restreindre les émissions. Des six principaux gaz à effet de serre (GES), le premier responsable - et de très loin - du réchauffement climatique est le gaz carbonique (CO₂)*. Ce gaz est naturellement présent dans la biosphère en très grandes quantités (des dizaines de milliards de tonnes). Le problème vient de ce que les activités humaines - principalement la production d'énergie - en rejettent des milliards de tonnes supplémentaires chaque année (26 milliards en 2004 - voir tableau ci-dessous). C'est cet ajout artificiel qui est à l'origine de l'aggravation de l'effet de serre et donc du réchauffement

climatique. Celui-ci est d'ores et déjà enclenché, menaçant de bouleverser de façon irréversible les équilibres naturels de la planète et notre environnement. L'enjeu de la lutte que la Communauté humaine doit mener pour réduire cette menace se formule en termes très simples : d'ici à 2100, la hausse de la température moyenne mondiale pourrait s'inscrire dans une « fourchette » allant de 1,4 °C (situation considérée comme un moindre mal) à 5,8 °C (éventualité jugée dramatique)**. Le résultat dépendra en exacte proportion des quantités de gaz à effet de serre que, dans notre sagesse ou notre imprudence, nous aurons économisées ou rejetées à l'occasion de nos activités de production d'énergie. Pour nous rapprocher du bon côté de la « fourchette », le recours au nucléaire apparaît déterminant.

Le nucléaire permet d'éviter des émissions de CO₂ correspondant à 10 % des rejets mondiaux. C'est la production d'électricité par les centrales à combustibles fossiles (en premier lieu le charbon) qui est la cause principale des rejets mondiaux de CO₂ (40 % - voir tableau). Le remplacement d'une centrale à charbon de 1000 MWe par une centrale nucléaire de même puissance permet d'éviter le rejet à l'atmosphère d'environ 6,5 millions de tonnes par an*** (cette économie est respectivement de l'ordre de 5 millions et 3,3 millions de tonnes de CO₂ dans le cas d'une centrale au pétrole ou au gaz). Au total, les centrales nucléaires fonctionnant aujourd'hui dans le monde permettent d'éviter le rejet à l'atmosphère de plus de 2 milliards de tonnes de CO₂, soit environ 10 % des rejets mondiaux.

Les émissions mondiales de CO₂ dues à la production d'énergie, par secteur

(en milliards de tonnes par an - année 2004)

Production d'électricité	10,58	40,6 %
Transports	5,28	20,3 %
Industrie	4,74	18,2 %
Résidentiel et services (y compris agriculture)	3,29	12,6 %
Autres	2,16	8,3 %
Total	26	100 %

C'est la production d'électricité qui est à l'origine des plus importantes émissions de CO₂ dans le bilan énergétique mondial. C'est en premier lieu dans ce secteur que le développement des énergies non carbonées (ENR et nucléaire) pourra être le plus efficace dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Pour contenir le réchauffement dans des limites supportables, l'humanité devra stabiliser puis réduire fortement ses rejets de CO₂ pour les limiter à environ 12 à 15 milliards de tonnes annuelles au-delà de 2050. Le maintien et le développement d'un grand parc nucléaire mondial sera un des moyens de tendre vers cet objectif. Ce recours au nucléaire apparaît aujourd'hui d'autant plus indispensable que les perspectives d'émissions de CO₂ dans les années à venir sont préoccupantes. L'AIE le prévoit en nette augmentation à l'horizon 2030. Sauf dans un cas : celui où, aux côtés des énergies renouvelables, le nucléaire verrait sa contribution très fortement augmentée. On aboutirait alors à une stabilisation des rejets de CO₂, le nucléaire permettant dans cette



Arguments infondés...

Certaines associations anti-nucléaires s'attachent à minimiser, voire à nier, l'efficacité du nucléaire dans la lutte contre le réchauffement climatique. Leurs arguments ne sont guère convaincants.

* **Evoquer le pourcentage relativement modeste du nucléaire dans l'approvisionnement énergétique mondial pour lui dénier tout rôle important dans la limitation de l'effet de serre est une manière de brouiller les cartes.** Un tel raisonnement en pourcentage escamote le véritable impact quantitatif que le nucléaire a dès à présent, et pourra avoir demain, dans la diminution des rejets de CO₂. Cet impact s'évalue en milliards de tonnes d'économies : 2 milliards aujourd'hui, peut-être 4 milliards demain si l'on accroît nettement la capacité nucléaire mondiale dans les 20 ou 30 prochaines années (voir scénario « BAPS » de l'AIE page ci-contre). Ces quantités sont importantes lorsque l'on sait que les économies globales à réaliser devraient être de l'ordre de 10 à 15 milliards de tonnes de CO₂ vers le milieu du siècle.

* **Le nucléaire est inefficace contre le réchauffement climatique, dit-on, car pour qu'il écarte cette menace, il faudrait**

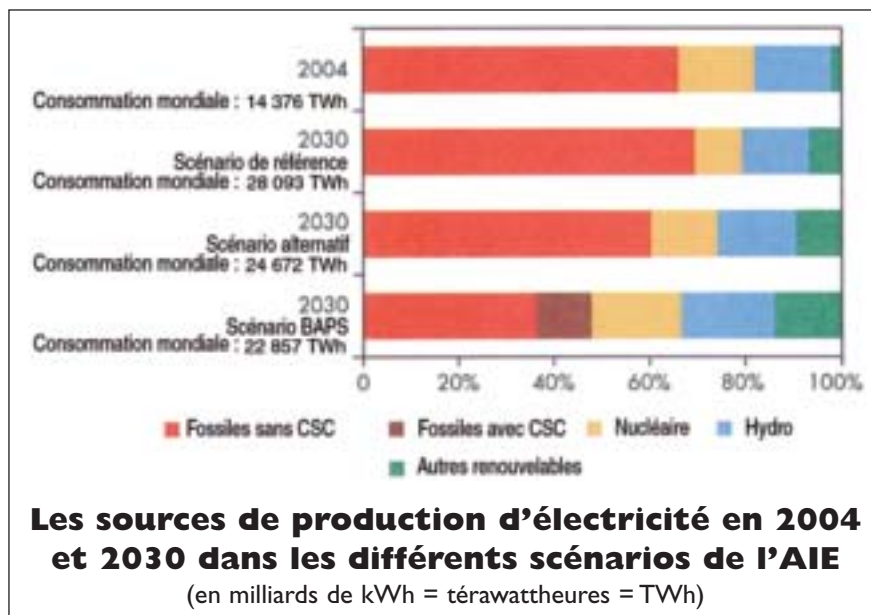
multiplier par 10 en 30 ans le nombre de réacteurs en service, ce qui est impossible. Cet argument du tout ou rien est quelque peu biaisé. Il consiste à assigner au nucléaire un objectif irréaliste (écarter à lui seul la menace du réchauffement) pour mieux lui reprocher ensuite de ne pouvoir l'atteindre. Or, personne n'a jamais prétendu que le nucléaire pouvait à lui seul conjurer le péril. Il n'est pas toute la solution. Il est un moyen aux côtés de plusieurs autres pour atteindre le but recherché. Notons que ce même type d'argument pourrait concerner le rôle des énergies renouvelables dans la production d'électricité.

* **Prétendre que le recours au nucléaire est inutile puisque les énergies renouvelables ont la même capacité que lui à lutter contre l'effet de serre et peuvent donc être utilisées à sa place revient à sous-estimer gravement l'ampleur de la menace climatique.** Celle-ci ne peut être efficacement contenue que par l'addition des contributions des deux sources d'énergie non carbonée dont le monde dispose, ENR + nucléaire. Seule cette addition peut contribuer à réduire dans les proportions souhaitables les émissions de CO₂.

Le réchauffement climatique

A travers les hypothèses chiffrées, le rôle déterminant du nucléaire contre le réchauffement climatique

C'est dans le scénario qui assigne au nucléaire sa part la plus importante (puissance installée de 660 gigawatts en 2030 contre 368 aujourd'hui) que le réchauffement climatique est le mieux maîtrisé. Ce scénario « BAPS », élaboré par l'AIE dans « World Energy Outlook 2006 » est le plus économe en énergie et le plus écologiquement vertueux. Les combustibles fossiles sont ramenés à une part minoritaire dans la production d'électricité (48 % contre 65 % aujourd'hui). La contribution du nucléaire correspond à 19 % de la production mondiale d'électricité. Elle équivaut à celle de l'hydraulique et est sensiblement supérieure au pourcentage dévolu aux autres énergies renouvelables (15 %), constituées principalement de la biomasse et des énergies éolienne, solaire et géothermique. Ce scénario « BAPS », qui accorde aux énergies non émettrices de gaz à effet de serre la place la plus importante est le seul cas de figure où les émissions de CO₂, au lieu d'atteindre les niveaux inquiétants de 35 à 40 milliards de tonnes par an, sont stabilisées



à quelque 26 milliards de tonnes, soit pratiquement les niveaux d'aujourd'hui. On est loin du souhaitable, c'est-à-dire réduire les émissions de 25 % à 50 % d'ici 2050 et encore plus au-delà, mais on emprunte la voie qui pourrait permettre d'y parvenir. **La contribution du nucléaire joue un rôle essentiel en ce sens.** (A noter que dans le scénario « BAPS », on projette la mise en

œuvre de techniques de capture/séquestration du carbone (CSC) émis par les centrales électriques à combustibles fossiles. Cette CSC est appliquée sur des installations fournissant près de 10 % de l'électricité mondiale et pourrait permettre de capturer environ 2 milliards de tonnes de CO₂. Mais il est précisé que cela reste du domaine de l'hypothèse).

hypothèse d'éviter le rejet à l'atmosphère d'environ 4 milliards de tonnes de CO₂ par an (cf. figure ci-dessus).

Au-delà de ces estimations sur les niveaux futurs de la contribution nucléaire, il faut souligner deux choses : toute mise en service d'installation à base d'énergie non carbonée, en épargnant des rejets de CO₂, est un frein au réchauffement climatique. C'est pourquoi, énergies renouvelables et énergie nucléaire, associées dans une complémentarité intelligente, sont parmi les clés essentielles du développement durable.

Le nucléaire n'est pas toute la solution au changement climatique... mais sans le nucléaire, il apparaît impossible d'atteindre l'objectif d'une réduction suffisante des émissions de CO₂ au niveau mondial.

* Nous parlons ici de gaz carbonique, que l'on note CO₂. Pour obtenir le tonnage correspondant en carbone, que l'on note C, il convient de diviser par 3,5 le tonnage de CO₂.

** GIEC (Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat) - Quatrième rapport du Groupe de travail 1 (« Bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques ») - 2007

*** Source : Rapport « Climate Change » - Etude Foratom - 2005

Nucléaire et Protocole de Kyoto

L'objectif fixé par le Protocole de Kyoto : baisse de 5,2 % des rejets de CO₂ en 2012 par rapport à 1990 correspond, pour les 38 pays tenus de l'atteindre, à une réduction globale du niveau annuel de leurs émissions de CO₂ d'environ 700 millions de tonnes. Le tonnage économisé aujourd'hui par le nucléaire représente trois fois cet objectif. Si les 28 pays industrialisés membres de l'OCDE développaient leur recours au nucléaire dans les mêmes proportions que la France, ils diminueraient d'un tiers leurs émissions globales de CO₂. L'objectif « Kyoto » serait très largement dépassé et une bonne partie du chemin serait accompli dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Ecologistes favorables au nucléaire

De grandes figures de l'écologie mondiale s'affirment favorables au nucléaire. **Le professeur James Lovelock**, un des fondateurs et théoricien de l'écologie moderne écrit, dans sa préface à un livre de Bruno Comby (*) : « J'espère qu'il n'est pas trop tard pour que le monde suive l'exemple de la France et fasse du nucléaire notre principale source d'énergie. C'est à l'heure actuelle la seule énergie sûre, écologique et bon marché capable de remplacer notre dangereuse pratique de brûler des combustibles fossiles émetteurs de gaz carbonique ».

Patrick Moore, membre fondateur de Greenpeace, déclarait récemment à la presse canadienne : « [...] le nucléaire est un choix de sécurité et d'écologie... Il est vrai que les énergies renouvelables font partie de la solution [pour produire de l'électricité], mais le nucléaire est la seule source électrique non émettrice de gaz à effet de serre qui puisse effectivement remplacer les combustibles fossiles et combler la demande mondiale ».

Le Révérend Hugh Montefiore, un des fondateurs et leaders des Amis de la Terre en Grande-Bretagne, déclarait peu avant sa disparition en 2005 : « A cause de mon engagement pour l'environnement et des conséquences dramatiques du réchauffement de la planète, je suis parvenu à la conclusion que la solution consiste à développer l'énergie nucléaire [...] ».

En fait, écologie n'est pas synonyme d'antinuclearisme, bien au contraire. Dans le monde et en France, on compte nombre d'associations de défense de l'environnement favorables au nucléaire, comme par exemple : Association des Ecologistes pour le Nucléaire ; Mouvement National de Lutte pour l'Environnement ; Ecologie Radicale ; Sauvons le Climat, etc. Des personnalités de l'écologie comme Nicolas Hulot, Corinne Lepage, Brice Lalonde, Bettina Laville, admettent l'utilité du nucléaire dans la période actuelle et à venir. Il faut bien reconnaître que les Verts et Greenpeace, qui militent contre le nucléaire, n'ont pas le monopole de l'écologie et que beaucoup de citoyens concernés par l'environnement s'affirment favorables au nucléaire... précisément parce qu'ils sont écologistes.

(*) « Le nucléaire, avenir de l'écologie ? » - Editions TNR - 2001

Sûreté nucléaire : des risques maîtrisés

L'exploitation des grandes sources d'énergie traditionnelle comporte des risques pour la sécurité et la santé des individus. De ce point de vue, le nucléaire est perçu très négativement par beaucoup de nos concitoyens qui estiment que cette forme d'énergie est porteuse de dangers graves. Certes, il ne faut pas minimiser les risques potentiels présentés par l'utilisation du nucléaire. Mais le bilan d'un demi-siècle d'exploitation mondiale des grandes sources d'énergie démontre que c'est le nucléaire qui occasionne le moins de dommages à la sécurité et à la santé des individus.

Evaluer le risque

Des incidents, des anomalies de fonctionnement se produisent dans les installations nucléaires comme dans n'importe quelles autres installations industrielles. Et malgré toutes les précautions prises, un accident grave reste possible.

Trois points doivent être soulignés à ce propos :

- **Une centrale nucléaire ne peut pas exploser comme une bombe.** Cette image est encore assez répandue dans l'opinion mais elle est fautive. Une telle explosion est physiquement impossible.
- **Un accident de type Tchernobyl ne peut pas se produire dans une centrale française ou de technologie occidentale.** Cet accident est intervenu sur un type de réacteur de conception entièrement différente des réacteurs occidentaux, instable à certains régimes de fonctionnement, et à la suite de violations flagrantes des procédures de sûreté. En outre, le réacteur ne disposait pas d'enceinte de protection (comme celles qui équipent les centrales françaises et occidentales), ce qui a favorisé la dispersion dans l'environnement des produits radioactifs contenus dans le cœur détérioré. Très lié au contexte de l'Union Soviétique de l'époque et à sa technologie, l'accident de Tchernobyl apparaît comme une exception dont le caractère particulier ne doit pas remettre en cause le bilan global de sûreté des installations nucléaires au niveau mondial.
- **La probabilité qu'un accident intervienne sur une centrale nucléaire française est infime. Tout indique que, dans le cas où il surviendrait, ses conséquences resteraient limitées,** tant du point de vue de la sécurité des personnes que du relâchement éventuel de radioactivité dans l'environnement. Les dispositifs de sauvegarde enclenchés sur les installations, les enceintes de protection entourant le réacteur, les plans d'intervention mis en place par les pouvoirs publics, tout cet ensemble de mesures (régulièrement testées lors des « exercices de crise » conduits sur les centrales d'EDF) est appelé à restreindre efficacement les conséquences d'un tel événement.

De toutes les grande sources d'énergie, c'est le nucléaire qui a le meilleur bilan de sûreté.

Evaluer les risques d'une source d'énergie, ce n'est pas seulement envisager l'hypothèse d'un accident, c'est aussi faire le bilan global de l'exploitation de cette énergie sur une longue période de temps. De ce point de vue, le constat est sans équivoque : il montre, au niveau mondial, sur les cinquante ans écoulés, que c'est le nucléaire qui affiche de loin le meilleur bilan de sûreté par rapport aux autres grandes sources de production d'électricité (*).

Sans entrer dans le détail des statistiques, il faut relever que la plus grande source d'électricité mondiale, le charbon, coûte malheureusement chaque année 15 000 morts par accidents

miniers et plusieurs milliers de victimes de la silicose. Les accidents dus au gaz et au pétrole, les ruptures de barrages hydro-électriques augmentent lourdement ce bilan. Par comparaison, le programme électronucléaire n'a fait aucune victime en France, hormis des accidents de chantiers et de rares cas d'accident et de contamination parmi les mineurs d'uranium. Ce constat est transposable au niveau mondial : les programmes électronucléaires fondés sur les technologies occidentales ont ramené les risques à un niveau minime par rapport aux dommages - se chiffrant en dizaines de milliers de victimes - dus à l'exploitation des énergies fossiles et hydrauliques (*). La mise en œuvre du nucléaire à une large échelle dans le monde et en France, en diminuant le risque global, constitue un réel progrès pour la sécurité et la santé des individus.

Processus de progrès

Les enseignements acquis en un demi-siècle montrent que, lorsqu'elles sont conçues, construites et exploitées avec la rigueur requise, les installations nucléaires sont sûres. A mesure de l'expérience accumulée et de l'avancement des technologies, la sûreté nucléaire est engagée dans un processus de progrès. Le travail des concepteurs et des exploitants, le contrôle permanent des autorités de sûreté, la vigilance des associations citoyennes, tout doit concourir à favoriser ce processus et à écarter le penchant qui pourrait conduire à se satisfaire de l'acquis et à s'installer dans la routine.

(* Cf. l'étude « Severe Accidents in the Energy Sector » réalisée par l'Institut Paul Scherrer à la demande de l'Office fédéral suisse de l'énergie - Nov. 1998.

Avion kamikaze : quelles conséquences ?

Qu'advierait-il si un avion gros porteur, de type Airbus ou Boeing, était détourné par des terroristes et précipité sur un réacteur nucléaire ? Les études réalisées sur la question permettent d'apporter les précisions suivantes* :

- Le bâtiment réacteur est une structure cylindrique que l'avion kamikaze aura du mal à atteindre de plein fouet, c'est-à-dire perpendiculairement au plan tangentiel. Car cela nécessite une précision à quelques mètres près. La probabilité est forte que l'avion ricoche sur l'enceinte.
- L'enceinte de confinement d'un réacteur est une cible dure (murs épais de béton armé) opposée à un projectile mou pour l'essentiel, hormis les moteurs, car un avion est principalement composé de structures non rigides (carlingues, ailes...).
- La probabilité qu'un moteur, projectile dur, atteigne l'enceinte de plein fouet est très faible. Cela créerait-il une brèche ? Les tests réalisés aux Etats-Unis, au Sandia Laboratory avec un avion F4, projectile compact percutant un épais mur de béton à 774 km/h montrent que les réacteurs n'ont entamé le mur que sur une faible profondeur.
- Même en faisant l'hypothèse d'une perforation de l'enceinte, les projectiles, ralentis au passage des parois, auraient une énergie moindre et la probabilité qu'ils portent atteinte aux éléments essentiels de la sûreté du réacteur serait très réduite. De même, l'impact d'un projectile sur le bâtiment où les combustibles sont entreposés sous un important volume d'eau aurait une incidence limitée.

En conclusion, le crash d'un « avion-suicide » causerait des dégâts très sérieux mais tout indique que ses conséquences vers l'extérieur resteraient limitées.

* Cf. l'étude réalisée en 2002 par l'Electric Power Research Institute à la demande du Département américain de l'Energie. Et aussi l'article « Nuclear power plants and their fuel as terrorist targets » paru dans la revue Science, vol. 297, 20 septembre 2002.

Nucléaire : les avantages pour la France

Raisonnement global... Pas de pétrole ; pratiquement plus de gaz ni de charbon : contrairement à beaucoup de ses voisins (comme par exemple l'Allemagne ou la Grande-Bretagne), la France ne dispose pas dans son sous-sol de matières premières énergétiques. C'est pour pallier ce handicap que notre pays a décidé, dans les années 1970, de recourir au nucléaire pour produire son électricité. Grâce à cette énergie et au complément apporté par l'hydraulique, la France est devenue capable de produire son courant électrique par ses propres moyens, sans dépendre de l'extérieur (voir encadré ci-dessous). C'est là une précieuse « assurance sécurité » dans un contexte mondial

marqué par l'épuisement des réserves de pétrole et de gaz et par les contraintes liées à l'utilisation du charbon. Forte de son programme nucléaire, qui lui fournit 80 % de son électricité, la France est à l'abri, dans ce domaine essentiel, des « chocs de prix », des turbulences, des crises pouvant affecter les marchés internationaux de l'énergie. Parce qu'il permet de se protéger et de s'affranchir de ces contraintes extérieures, le choix du nucléaire s'interprète d'abord, pour la France, comme le choix d'être un acteur indépendant et souverain dans ce secteur déterminant qui est celui de l'approvisionnement en électricité.

Les avantages du nucléaire pour la France : indépendance, lutte contre l'effet de serre, prix modérés de l'électricité. L'électricité représente plus de 40 % de la consommation d'énergie en France. Les autres grands postes du bilan énergétique national sont principalement les transports et la production de chaleur pour les secteurs industriel, agricole et résidentiel-tertiaire. A partir de cette situation, la loi du 13 juillet 2005 sur les orientations de la politique énergétique de la France définit trois grands objectifs :

- contribuer à l'indépendance énergétique du pays et garantir sa sécurité d'approvisionnement ;
- préserver la santé humaine et l'environnement en renforçant la lutte contre le réchauffement climatique ;
- assurer un prix compétitif de l'énergie.

Les enseignements tirés de 40 ans d'exploitation du nucléaire en France montrent que cette forme d'énergie répond efficacement à ces grands objectifs (pratiquement identiques à ceux que l'Union Européenne s'est fixés).

- **Le nucléaire permet à la France d'être indépendante de l'extérieur pour couvrir ses besoins en électricité.** Il lui garantit dans ce domaine une sécurité d'approvisionnement à long terme (voir encadré ci-contre).
- **Le nucléaire est un outil efficace de lutte contre le réchauffement climatique** (voir pages précédentes). **Il préserve l'environnement et sait gérer ses déchets** (voir pages suivantes).
- **Le nucléaire permet de produire une électricité à des coûts modérés et stables sur le long terme** (voir encadré page suivante). Il fait bénéficier les consommateurs français d'un courant moins cher que la moyenne des tarifs pratiqués en Europe.

Ajoutons que le nucléaire est un des rares secteurs de haute technologie où la France est leader mondial. Il est un moteur important du développement de notre économie, de la vigueur de nos exportations, de la création et de la localisation des emplois (voir encadré « Une industrie de pointe » ci-après).

Economies d'énergie et énergies renouvelables : un potentiel précieux mais insuffisant. Dans la perspective des objectifs fixés par la loi du 13 juillet 2005, la situation énergétique de la France est appelée à évoluer. La priorité doit être, bien entendu, d'économiser l'énergie et de l'utiliser plus sobrement : de nombreux dispositifs, normes et réglementations ont été prévus en ce sens, ainsi qu'une fiscalité incitative. Cette orientation vers la maîtrise de l'énergie doit s'accompagner d'un effort soutenu pour développer les énergies renouvelables

L'indépendance électrique grâce à l'uranium

Le nucléaire permet à la France de produire son électricité par ses propres moyens, en toute indépendance par rapport aux marchés extérieurs. Certains contestent cette idée d'indépendance au motif que l'uranium alimentant nos centrales nucléaires est importé. En fait, la France est associée à la propriété et à l'exploitation d'importants gisements d'uranium (en particulier au Canada) par l'intermédiaire d'Areva (2^e producteur mondial de ce marché). Notre pays dispose ainsi d'un « portefeuille » de réserves acquises de 225 000 tonnes, soit 35 années de consommation. Il faut ajouter à ce capital librement disponible les stocks d'uranium constitués sur notre territoire, équivalant à plusieurs années de consommation, ainsi que des réserves (actuellement non exploitées) dans notre sous-sol. Cette situation assure à la France une complète maîtrise de son approvisionnement en uranium, à l'abri de toute contrainte extérieure.

• **L'indépendance ainsi acquise dans le domaine de la production d'électricité est appelée à se perpétuer sur le très long terme.** En effet, à la faveur des opérations du cycle du combustible la France a entrepris de se constituer de très importantes réserves de matière énergétique (uranium appauvri, plutonium) pouvant être recyclées non seulement dans les réacteurs nucléaires actuels mais aussi, avec un rendement bien plus élevé, dans les nouveaux types de réacteurs en cours de mise au point. Il s'agit là d'un gisement d'énergie considérable dont le potentiel d'ores et déjà constitué est susceptible de pourvoir pendant des siècles aux besoins en électricité du pays.

Ainsi, avec le nucléaire, la France s'est forgé une garantie d'approvisionnement en électricité en toute autonomie et sur le très long terme.

Nucléaire : les avantages

Des coûts de l'électricité bon marché et stables sur le long terme

Pour la production d'électricité en base, le nucléaire est la source d'énergie la moins chère en France. Le coût de son kilowattheure est inférieur de 15 % à 20 % à celui des kWh charbon et gaz (*). L'électricité produite par les énergies renouvelables, éolienne et solaire, est beaucoup plus chère - au moins deux fois plus.

Cette compétitivité du nucléaire permet aux consommateurs français - particuliers et entreprises - **de bénéficier d'un courant bon marché, moins cher que la moyenne des tarifs pratiqués en Europe.** Sans le nucléaire, les Français paieraient leur électricité plus cher.

Le coût du kWh intègre la totalité des opérations liées à la filière nucléaire, notamment la recherche-développement, le traitement des combustibles usés, le démantèlement des installations et la gestion des déchets. Des provisions sont constituées chaque année pour le financement entier de ces opérations.

- A cela s'ajoute un autre avantage économique majeur : **la stabilité du coût de l'électricité nucléaire.** En effet, le prix de l'uranium n'intervient que pour une très faible part (environ 6 %) dans le coût total du kWh. Une augmentation même très forte de ce prix n'a donc qu'une incidence limitée dans le coût de revient total, comme on le vérifie aujourd'hui. Ecartant les aléas des marchés, cette stabilité permet à la France d'avoir maîtrise et visibilité à long terme sur les conditions économiques de sa production d'électricité. Ce ne serait pas le cas avec les combustibles fossiles puisque les prix du charbon, du pétrole et du gaz représentent de 60 % à 80 % des coûts des kWh qu'ils produisent.

Source : DGEMP - Ministère de l'Industrie.

(ENR). Premier producteur européen d'électricité d'origine « renouvelable » grâce à l'hydraulique, qui assure environ 12 % de sa consommation de courant, la France

est appelée à faire porter ses efforts sur le développement des autres ENR, essentiellement éolien, solaire et biomasse.

Les mérites et les limites des énergies renouvelables

Le solaire, dont le coût de revient est très élevé, ne pourra contribuer que pour une part très marginale à la production d'électricité. En revanche, pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, son potentiel important mérite d'être pleinement exploité. L'apport de la **biomasse** pourra être significatif, notamment avec l'utilisation accrue du bois pour le chauffage des locaux et, dans le domaine des transports, avec l'incorporation progressive des biocarburants dans le carburant des véhicules (en proportion de 7 % à l'horizon 2010).

Le recours aux **éoliennes** pour la production d'électricité prête davantage à discussion. Celles-ci ne fonctionnent en moyenne que 1/4 du temps (*) et doivent donc en théorie, si l'on veut assurer la continuité de la fourniture électrique, être suppléées 3 jours sur 4 par des énergies classiques (la plupart du temps, dans la pratique, par des énergies fossiles émettrices de gaz à effet de serre). Par ailleurs, le courant éolien coûte deux fois plus cher que le courant nucléaire ou d'origine fossile. Dans des pays comme le Danemark ou l'Allemagne, où l'électricité est essentiellement produite par des combustibles fossiles émetteurs de CO₂, l'implantation d'un fort contingent d'éoliennes a sa justification : lorsqu'elles fonctionnent, elles peuvent se substituer à des installations fossiles et éviter ainsi des rejets de CO₂. **Mais dans un pays comme la France, dont le parc électrique - nucléaire et hydraulique - n'émet pratiquement pas de CO₂, les éoliennes ne présentent aucun intérêt écologique particulier pour lutter contre la dérive climatique.** Il reste que la France a décidé de favoriser l'implantation de quelque 12 500 mégawatts d'éoliennes d'ici 2016 (en garantissant notamment aux exploitants d'éoliennes le rachat à un tarif très élevé du courant produit, ce surcoût devant finalement être supporté par l'ensemble des consommateurs d'électricité). On peut se demander si les quelque 15 milliards d'euros qui devront être dépensés pour construire ces 5000 à 6000 éoliennes ne seraient pas mieux employés à des programmes beaucoup plus utiles, par exemple la rénovation de l'habitat ancien, facteur de très importantes économies d'énergie.

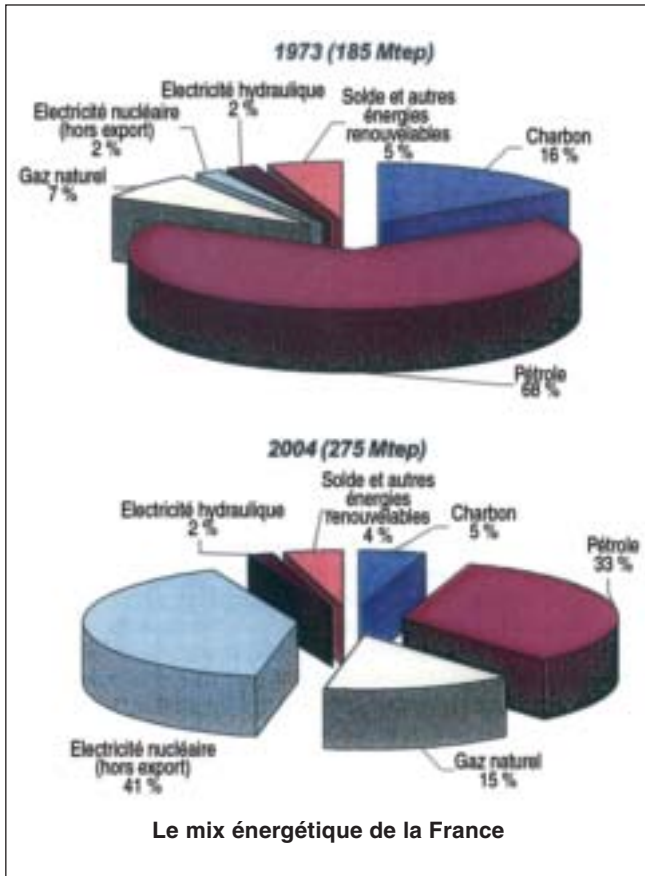
(*) Statistiques de l'Observatoire français de l'énergie. Moyenne de fonctionnement de 2014 heures par an en 2005, sur les 8760 heures que compte une année.

A l'horizon 2010, ces énergies sont appelées à satisfaire 10 % de la demande nationale d'énergie (en comprenant l'hydraulique). Cette part devrait être de 21 %, à la même époque, pour ce qui concerne la demande d'électricité. Ces objectifs ambitieux seront-ils atteints ? Si les ENR sont séduisantes, il faut se garder de leur demander plus qu'elles ne peuvent donner pour l'instant. L'opinion, et certains responsables politiques, ont manifestement tendance à surestimer la contribution que les ENR pourront apporter à notre bilan énergétique. Si elles ont leurs mérites - en premier lieu celui de ne pas émettre de CO₂ - ces énergies ont aussi leurs limites (voir encadré ci-contre). **A l'horizon prévisible, et dans l'état actuel des technologies, il apparaît évident que les « renouvelables » ne pourront apporter qu'une contribution minoritaire à notre approvisionnement énergétique en général et à notre production d'électricité en particulier.** Dans ce dernier cas, le solaire, l'éolien et la biomasse ne seront en mesure - aux côtés de l'hydraulique - que de fournir un complément limité de kilowattheures à ceux que produisent en base nos centrales nucléaires. Même si l'on peut espérer à l'avenir de bons résultats dans le domaine des économies d'énergie, il est vraisemblable que la couverture de la demande électrique par les ENR n'ira guère bien au-delà, dans les années 2020, du quart des besoins (*). Alors comment produire les 75 % restants ?

La réponse logique, conforme aux intérêts du pays sur les plans stratégique, économique, environnemental, est que le nucléaire demeure un des piliers essentiels de notre approvisionnement en électricité. On peut certes envisager qu'à mesure du développement des énergies renouvelables, la part relative du nucléaire dans le bilan électrique national diminue sensiblement. C'est d'ailleurs ce qui est prévu dans la Programmation Pluriannuelle des Investissements (PPI) qui dessine l'évolution de nos capacités de production électrique dans les toutes prochaines années. Mais restreindre trop fortement notre recours au nucléaire, voire y renoncer complètement, serait à notre sens une lourde erreur, un choix irresponsable, contraire à l'intérêt national.



pour la France



Abandonner le nucléaire serait pour la France un recul stratégique, économique, environnemental

Etant donné que les énergies renouvelables ne pourront satisfaire qu'une part très minoritaire de nos besoins en kilowattheures, la France sera contrainte, si elle renonce au nucléaire, d'acheter à l'étranger des quantités massives de gaz. **Une telle situation serait un défi au bon sens puisque notre pays devrait ainsi appuyer l'essentiel de son approvisionnement en électricité sur une matière première dont les réserves mondiales sont en voie de raréfaction, dont les prix seront de toute évidence orientés à la hausse et dont la disponibilité sera de moins en moins garantie !** La France perdrait l'indépendance électrique que lui assure le nucléaire et deviendrait tributaire du marché international du gaz dominé par les trois premiers producteurs mondiaux que sont la Russie, le Qatar et l'Iran. Il faudrait régler chaque année à nos fournisseurs une facture gazière de l'ordre de 15 à 20 milliards d'euros (voire davantage si le prix du pétrole, auquel est corrélé le prix du gaz, dépasse les 60 dollars le baril !). Cette ponction sur la richesse nationale, s'assimilant à une véritable délocalisation de nos capacités économiques, se traduirait inévitablement par une hausse des coûts de l'électricité. Dans le même temps, le pays se verrait privé des quelque 6 milliards d'euros de

Une industrie de pointe où la France est leader mondial

Le nucléaire est un secteur industriel de première importance en France. Il représente 100 000 emplois directs et presque autant d'emplois induits. Environ 95 % des dépenses effectuées dans le cadre du programme nucléaire demeurent à l'intérieur du pays, alimentant l'activité économique et assurant la localisation des emplois.

La France a bâti en 20 ans une industrie nucléaire qui se situe au premier rang mondial et dont le savoir-faire est internationalement reconnu. Cela nous vaut des exportations représentant chaque année environ 5 à 6 milliards d'euros (équipements et services, électricité). Ces exportations représentent un des postes bénéficiaires les plus importants de notre balance commerciale et soutiennent des milliers d'emplois. D'un point de vue stratégique, économique et social, la France a tout intérêt à maintenir au top niveau mondial sa position dans le nucléaire, un des rares secteurs de haute technologie où elle fait la course en tête.

recettes annuelles que lui rapportent ses exportations d'équipements et d'électricité d'origine nucléaire (voir encadré « Une industrie de pointe » ci-dessus). Abandonner le nucléaire, ce serait saborder un secteur industriel de pointe où la France est leader mondial. Outre la suppression de 100 000 emplois directs et de presque autant d'emplois induits (dont on doute qu'elle soit compensée par des créations équivalentes), ce serait la marginalisation de tout un acquis scientifique et technique dont le caractère d'excellence est internationalement reconnu et qui apporte une contribution utile au développement énergétique mondial. Enfin, après avoir réussi à mettre en place un parc électrique ne générant pratiquement aucun gaz à effet de serre, la France en viendrait à lui substituer un système déversant chaque année dans l'atmosphère des dizaines de millions de tonnes de CO₂, aggravant le réchauffement climatique !

Un abandon du nucléaire entraînerait pour la France de graves conséquences. Parallèlement aux économies d'énergie et au développement des énergies renouvelables, le nucléaire doit être appelé à demeurer un des outils essentiels de notre politique énergétique. **Dans cette perspective, la construction d'un premier réacteur de nouvelle génération à Flamanville, l'EPR, est un projet pleinement justifié** (voir ci-après). En plus de l'électricité qu'il produira, cet EPR « tête de série » permettra de préparer dans les meilleures conditions le renouvellement, à l'horizon des années 2015/2020, de notre parc de centrales.

**Voir dans ce document :
Avec l'EPR, le futur se prépare aujourd'hui...**

(*) Voir à ce sujet les études de la Direction de l'Énergie et des Matières Premières : www.industrie.gouv.fr

Voir aussi l'article intitulé « Réflexion sur l'avenir du parc électrogène français » de Bernard Wiesenfeld et Pierre Moïsdon, dans RGN5/2005, p. 64.

Déchets nucléaires : les voies d'une

Non, les déchets nucléaires ne sont pas « une menace pour la santé des générations futures ! ». Non, ils ne vont pas « empoisonner la Terre pour l'éternité ! ». Le débat national sur la gestion des déchets nucléaires, qui s'est déroulé en France au second semestre 2005, a bien montré l'inanité de telles proclamations, martelées

par certains groupements anti-nucléaires. Ce débat et le vote de la loi (*) auquel il a abouti ont permis de rectifier des idées fausses courant sur le sujet et de démontrer que les techniques sont disponibles pour gérer de façon sûre les déchets nucléaires, dès aujourd'hui et sur le très long terme.

• On sait « quoi faire » des déchets nucléaires.

L'idée selon laquelle « on n'a pas trouvé la solution pour gérer les déchets » est assez largement répandue dans l'opinion. C'est une idée complètement fautive. En France, tous les types de déchets nucléaires sont gérés selon des méthodes et des procédures précisément définies tenant compte de leurs caractéristiques particulières.

- **Les déchets à vie courte**, qui constituent 90 % de la totalité en volume, font l'objet d'un stockage définitif dans deux Centres gérés par l'ANDRA (dans la Manche et dans l'Aube). Comme leur radioactivité diminue de moitié tous les 30 ans en moyenne, ils deviennent assez rapidement inoffensifs. Il faut souligner que c'est là un avantage par rapport aux autres types de déchets industriels toxiques tels le mercure, l'arsenic, le cadmium, etc. qui ne sont pas radioactifs mais stables. De ce fait, leur dangerosité ne diminue pas au fil du temps et le risque potentiel qu'ils représentent reste toujours au même niveau à toutes les échelles de durée.

- **Les autres catégories de déchets**, déchets à vie longue, déchets radifères et graphites, sont actuellement en phase d'entreposage. Ils feront l'objet, dans la prochaine période, d'un stockage définitif selon les procédures très précisément fixées par la loi du 28 juin 2006.

Que les déchets nucléaires soient stockés définitivement ou entreposés provisoirement, le principe technique qui commande à leur gestion est le même : il consiste à les confiner sous forme stable à l'intérieur de structures étanches de façon à se protéger de leurs rayonnements et à éviter leur dispersion dans la biosphère. **Gérés de longue date, en France, selon ces techniques, les déchets nucléaires ne causent aucun dommage significatif aux individus ou à l'environnement.**

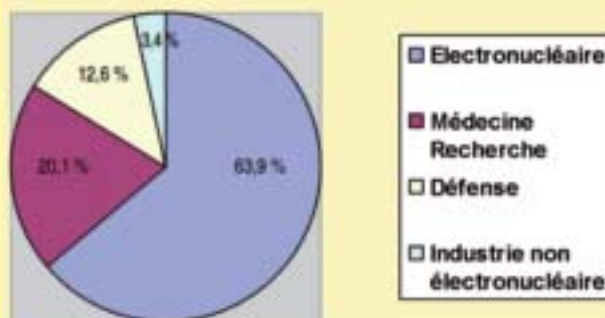
• Avant stockage, les déchets de haute activité (desquels on a retiré les matières énergétiques recyclables, uranium et plutonium) sont incorporés dans une matrice de verre qui piège les radioéléments. Ces blocs vitrifiés sont enfermés dans des conteneurs en acier et entreposés dans des puits bétonnés sur les sites des usines de retraitement. Cette méthode est mise en œuvre depuis 30 ans sans qu'il en résulte une quelconque nuisance.

• **Le stockage en couche géologique profonde permet le confinement des déchets sur le long terme.** Cette solution, qui fait l'objet d'un large consensus international (**), a été décidée par la loi du 28 juin 2006. Elle consiste à disposer les conteneurs de déchets vitrifiés dans des casemates (ou « alvéoles ») aménagées à l'intérieur d'une couche géologique stable et imperméable. La profondeur du stockage (400 à 500 mètres) est suffisante pour assurer la protection contre les bouleversements éventuels des terrains de surface, voire contre une érosion glaciaire. En cas d'intrusion ou de forages intempestifs, les

multiples « barrières » (matrice de verre, conteneur, casemate, couche rocheuse) empêchent efficacement la dispersion des produits radioactifs.

Ce stockage géologique a le grand mérite d'offrir **une sûreté totalement passive ne réclamant pas d'action particulière à la charge des générations suivantes.** La loi française a prévu son entrée en service en 2025. Ce stockage sera « réversible », tout au moins pendant un certain temps, afin de permettre la reprise des conteneurs de déchets si l'on veut réaménager le système.

Répartition et volumes des déchets nucléaires



Les déchets nucléaires ne proviennent pas uniquement des centrales nucléaires. Celles-ci en produisent environ les deux tiers, qui représentent la plus forte radioactivité. Les autres secteurs qui en produisent sont la médecine et la recherche, la défense, les autres industries non électronucléaires. Le schéma ci-dessus indique la répartition en pourcentage de ces déchets pour les différents secteurs à l'horizon 2010 (Source : Inventaire national de l'ANDRA).

On ne croûle pas sous les déchets nucléaires !...

Les déchets nucléaires sont de volume relativement modeste : environ 1 million de m³ à l'heure actuelle. Ils représentent environ 1 kg par habitant et par an (contre 100 kg/habitant de déchets chimiques et 2500 kg/habitant d'autres déchets industriels et ménagers).

Les déchets nucléaires dont le risque potentiel est le plus élevé sont définis sous le terme « Haute Activité Vie Longue - HAVL. » Ils constituent 0,5 % de l'inventaire national des déchets radioactifs et concentrent 96 % de la radioactivité globale. La totalité des HAVL produits depuis le début du programme électronucléaire français représentent en tout et pour tout, à la fin 2006, un volume de 2080 m³, soit un cube de moins de 13 mètres de côté. Ce volume réduit ne diminue pas, bien entendu, le risque potentiel de ces déchets mais facilite leur manipulation et leur confinement.

gestion sûre

• Un dommage minimum dans l'hypothèse la plus pessimiste

Dans le cours normal de son évolution, un stockage souterrain ainsi aménagé n'entraîne pas de nuisance. Les déchets ne peuvent en aucune manière irradier vers la surface, c'est physiquement impossible. Ils dégagent de la chaleur mais ne contiennent aucune source d'énergie à même de déclencher un quelconque phénomène violent tel qu'explosion ou incendie. Ils ne peuvent que rester confinés sur place, isolés de la biosphère.

La seule altération possible du système est une lente érosion des conteneurs permettant que l'eau vienne au contact des blocs vitrifiés et, se chargeant ainsi en produits radioactifs, migre ensuite vers la surface. Ce scénario est bien sûr pris en compte dans les études de sûreté. Il ne pourrait se produire que sur des durées extrêmement longues... alors que, entre-temps, la radioactivité des déchets sera revenue à des niveaux inoffensifs. La conséquence la plus pénalisante pouvant résulter d'un tel scénario serait, dans un lointain futur, des résurgences localisées d'eaux induisant des doses de radioactivité inférieures d'un facteur 100 à 1000 à la radioactivité naturelle (**).

• Repères

- Les déchets nucléaires présentent un risque potentiel, mais les techniques dont on dispose dès à présent pour les manipuler, les transporter, les stocker permettent de dire qu'il n'imposeront pas à nos descendants de nuisance inacceptable.

- Ceux qui proclament que le stockage souterrain des déchets est « une menace pour les générations futures » ne proposent aucune description précise du scénario par lequel cette menace pourrait se concrétiser. Leur discours relève de l'incantation.

- Il est parfaitement exact de dire que les déchets nucléaires vont rester radioactifs pendant « des centaines de milliers d'années ». Mais ils ne le restent pas au même niveau pendant toute cette période. Les déchets de haute activité traités en France perdent l'essentiel de leur radioactivité en quelques centaines d'années et deviennent moins radioactifs que l'uranium naturel duquel ils sont issus en quelques milliers d'années. Quant à cet uranium, partout présent dans l'écorce terrestre et dont on exploite, de par le monde, les nombreux gisements, il reste radioactif pendant des milliards d'années...

- Il est vraisemblable que l'on parviendra dans le futur à transmuter la plupart des déchets HAVL en des éléments moins radioactifs, à durée de vie beaucoup plus courte. La loi française organise la poursuite des recherches conduites en ce sens par le CEA.

- Lorsqu'on fait valoir que le nucléaire a le grand avantage écologique de ne pas rejeter de gaz à effet de serre, certains rétorquent qu'il produit des déchets et que cela revient à choisir entre la peste et le choléra ! L'équivalence ne tient pas. Car il y a une grande différence entre rejeter dans l'atmosphère des milliards de tonnes de CO₂, qui vont contribuer de façon certaine et sur une durée indéfinie à un changement climatique capable de bouleverser l'environnement à l'échelle de la planète..., et garder sous contrôle des déchets mis hors d'état de nuire dans leurs stockages et sans impact sur les équilibres naturels de la biosphère.

(*) Loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs.

(**) Beaucoup de pays travaillent à la mise en place de ce type de stockage : Belgique, Etats-Unis, Finlande, Suède, Suisse...

(***) Cf. les études de l'ANDRA et du CEA ainsi que les exercices internationaux Everest et SPA.

Nucléaire, environnement et santé

Exploitée avec la rigueur requise, l'énergie nucléaire a un impact limité sur les milieux naturels. Elle n'émet pas de gaz à effet de serre et répond aux exigences du développement durable.

• **Pas de nuisance significative causée à l'environnement.** Milliers de prélèvements et d'analyses ; bilans radio-écologiques répétés... les installations nucléaires sont examinées « sous toutes les coutures » du point de vue de leur impact environnemental. Les quantités considérables de données ainsi recueillies en France depuis 40 ans ne mettent en évidence aucune nuisance significative causée à l'environnement.

• **Un impact radioactif limité.** Les quantités d'effluents radioactifs liquides et gazeux que les installations nucléaires sont autorisées à rejeter sont établies par les pouvoirs publics à des niveaux très bas écartant en théorie tout risque d'une augmentation significative de la radioactivité de l'environnement. Dans la pratique, les rejets sont inférieurs à ces normes. Les études n'identifient aucune conséquence dommageable de ces rejets sur la santé des populations et l'environnement.

• **Une énergie sans CO₂ ni pollution chimique dommageable.** Contrairement aux centrales électriques brûlant du charbon, du pétrole ou du gaz, les centrales nucléaires ne rejettent pas de gaz à effet de serre ni autres produits polluants portant atteinte à l'environnement (*). Si l'on prend en compte l'ensemble du parc de centrales nucléaires en France, les rejets évités en un an sont de l'ordre de 380 millions de tonnes de CO₂, 2 millions de tonnes de dioxyde de soufre, 1 million de tonnes d'oxyde d'azote, 80 000 tonnes de poussière. On peut dire ainsi que notre parc nucléaire développé depuis les années 1970 en remplacement des centrales à combustibles fossiles a agi comme un important réducteur de pollution. Cela contribue à diminuer le risque sanitaire global auquel est exposée la population française du fait de la production et de l'utilisation de l'énergie. C'est ce qui ressort des travaux de l'Académie de Médecine (voir encadré ci-dessous).

La recommandation de l'Académie de Médecine

Quels sont les risques pour la santé de l'utilisation des différentes sources d'énergie ? L'Académie de Médecine a entrepris sur ce thème une étude comparative dont les résultats ont été publiés en juillet 2003 (**). Prenant en compte l'ensemble des rejets et des pollutions liées aux utilisations des énergies, l'Académie a désigné la filière nucléaire comme celle ayant « le plus faible impact sur la santé par kilowattheure produit » et a recommandé de « maintenir la filière ». Cette prise de position a été votée en séance plénière le 1^{er} juillet 2003, à l'unanimité moins une abstention.

(*) Sauf de faibles quantités de CO₂ durant les phases de construction et de démantèlement des installations ainsi que des quantités réduites d'agents chimiques (essentiellement chlore et sodium) rejetés en milieu aquatique.

(**) « Evaluer les risques pour la santé des choix énergétiques ». Publication et « Recommandation » de l'Académie nationale de Médecine, 1^{er} juillet 2003.

EPR : le futur se prépare aujourd'hui

Raisonnement global...

Dans les 20 prochaines années, l'Europe va devoir renouveler et augmenter ses capacités de production d'électricité. On évalue à environ 600 gigawatts (l'équivalent de 600 unités de 1000 mégawatts chacune), la puissance à installer durant cette période. Pour respecter les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre que l'Union Européenne s'est fixés (moins 20 % en 2020 et encore davantage au-delà), les Etats membres devront privilégier le recours à des sources électrogènes non émettrices de CO₂. Le projet de construction par la France d'un réacteur EPR à Flamanville s'inscrit dans le droit fil de cette orientation. Sur le marché intégré de l'électricité mis en place au niveau européen, ce réacteur, qui va permettre d'éviter le rejet de millions de tonnes de CO₂ chaque année, sera, de tous les grands équipements électriques projetés, celui qui aura la plus grande efficacité dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Préparer le renouvellement du parc électrique.

Le problème du renouvellement des capacités de production électrique, enjeu déterminant de la politique européenne, se pose aussi en France, avec tout autant d'acuité. En effet, si l'on table sur une durée de vie de l'ordre de 40 ans pour nos réacteurs nucléaires les plus anciens, la période 2017/2025 verra la mise hors service de plusieurs dizaines de réacteurs, représentant entre le tiers et la moitié de la capacité totale de production d'électricité de notre pays ! Les économies d'énergie et les énergies renouvelables ne pourront compenser qu'une faible part de ce déficit. Le moyen d'y parer sera de mettre progressivement en service, à l'horizon considéré, un nombre important de nouveaux réacteurs nucléaires. C'est dans cette perspective qu'a été conçu, dans le cadre d'une coopération franco-allemande, l'European Pressurized Reactor (EPR) qui inaugure une nouvelle génération de réacteurs nucléaires (Génération 3) à la pointe des technologies.

Une indispensable « tête de série ». Mais avant de lancer la construction « en série » de ce nouveau modèle de réacteur, il sera primordial de le « tester » au préalable. C'est là le rôle fondamental de l'EPR de Flamanville. Il doit permettre, en tant que « tête de série », d'expérimenter le fonctionnement du nouveau « produit », de parachever sa mise au point, de garantir son adaptation aux critères d'exploitation du parc électrique français. C'est le préalable indispensable pour être prêt à lancer à grande échelle le programme de construction de nouvelles centrales nucléaires destiné à remplacer nos réacteurs les plus anciens.

Garantir l'offre d'électricité. Outre son utilité spécifique de « tête de série », l'EPR de Flamanville - prévu pour fonctionner 60 ans - a été programmé pour contribuer à notre approvisionnement en électricité dès le milieu de la décennie 2010. Il fait partie des nouveaux moyens de production (avec entre autres les éoliennes, la biomasse, et quelques installations au gaz et au fioul) qui devraient permettre, à cet horizon, d'assurer l'équilibre offre/demande, dans la perspective d'une augmentation maîtrisée de la consommation d'électricité.

EPR, carte d'identité

Fruit d'une étroite coopération franco-allemande, l'EPR - European Pressurized Reactor - inaugure une nouvelle génération de réacteurs nucléaires. Combinant le meilleur des technologies des deux pays, il leur apporte d'importantes innovations et présente, par rapport aux réacteurs actuellement en service, les caractéristiques suivantes :

- **Puissance accrue : 1600 mégawatts,**
- **Durée de vie : 60 ans,**
- **Moindre consommation d'uranium à quantité égale d'électricité produite,**
- **Moindre production de déchets,**
- **Diminution du coût de revient de l'électricité,**

- **Sûreté :** contrairement à ce qu'affirment les associations anti-nucléaires, l'EPR n'est pas un réacteur plus dangereux mais un réacteur encore plus sûr, fruit de plus de 40 ans d'expérience sans accident en France. Il est adapté pour résister à la chute d'un avion de ligne. Bien que la probabilité d'un accident soit infime, les réacteurs français et l'EPR en particulier sont conçus de telle manière que si, malgré tout, celui-ci se produisait, il n'y aurait pas de conséquence significative à l'extérieur de la centrale.

La Finlande a acheté un EPR à la France. La Chine pourrait faire de même. Plusieurs autres pays sont en contact avec la France pour des achats éventuels.

Maintenir la France au top niveau du nucléaire mondial.

Au moment où se dessine la relance du nucléaire au niveau mondial et où de nombreux pays s'apprêtent à renouveler ou à développer leurs programmes d'équipement, le projet de Flamanville aura un autre mérite : celui d'être une « vitrine » de la compétence française dans le domaine des réacteurs les plus avancés. Une telle « vitrine » sera une aide déterminante pour nouer de nouveaux partenariats commerciaux et pour renforcer les positions de notre industrie nucléaire au plan international, avec, à la clé, le développement des exportations et le soutien des emplois.

A l'inverse, l'ajournement de la construction de l'EPR de Flamanville serait interprété comme un désengagement de la France des efforts jusqu'à présent entrepris pour développer le nucléaire de demain. Elle pourrait perdre l'avance acquise dans ce secteur très concurrentiel et délivrerait à ses partenaires actuels et potentiels le message négatif d'un pays qui renonce à construire chez lui le nouveau « produit » qu'il propose aux autres...

Beaucoup de scientifiques et d'ingénieurs, en France comme à l'étranger, estiment que l'EPR est le réacteur nucléaire le plus avancé aujourd'hui disponible sur le marché mondial. Au même titre que la fusée Ariane, qu'Airbus ou que le TGV, c'est un « point fort » de notre industrie. Le jeter aux oubliettes ou le frapper d'un moratoire serait contre-productif. D'un point de vue technique, industriel, économique, environnemental, la France a tout intérêt à entreprendre sans tarder sa construction. C'est la condition pour bien préparer le renouvellement de notre parc de centrales et pour conforter notre leadership dans le domaine des technologies nucléaires avancées.