



Conférence ministérielle internationale  
"L'énergie nucléaire pour le 21<sup>ème</sup> siècle"  
Paris, les 21 et 22 mars 2005

## SOMMAIRE

- La politique énergétique française depuis 30 ans (Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie – Direction générale de l'énergie et des matières premières)
- Qu'est-ce que l'AIEA ? (Agence internationale de l'énergie atomique)
- L'électronucléaire et le développement durable (Agence internationale de l'énergie atomique)
- Promouvoir la sûreté des installations nucléaires (Agence internationale de l'énergie atomique)
- Synthèses – L'énergie nucléaire aujourd'hui (Organisation de coopération et de développement économiques)
- Conférence ministérielle internationale "L'énergie nucléaire pour le 21<sup>ème</sup> siècle" – Paris, les 21 et 22 mars 2005 – Programme provisoire

## La politique énergétique française depuis 30 ans

MINISTÈRE de l'ÉCONOMIE, des FINANCES et de l'INDUSTRIE  
Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières

La consommation d'énergie en France a connu trois phases principales au cours de la deuxième moitié du vingtième siècle : jusqu'en 1973, une croissance rapide de l'usage d'énergies fossiles alimentant le développement économique des « Trente Glorieuses » ; de 1973 à 1986, une remise en cause du pétrole liée aux chocs pétroliers de 1973 et 1979-1980 ; de 1986 à 2000, une reprise modérée de la consommation totale.

### 1. Situation de la France concernant l'offre d'énergie

#### 1.1. La France est peu dotée en ressources énergétiques

Par rapport à un certain nombre de pays européens bénéficiant de hasards géographiques ou géologiques (charbon en Allemagne et en Espagne, pétrole, gaz et charbon au Royaume-Uni, gaz aux Pays-Bas, hydraulique en Suisse, etc.), la France est pauvre en ressources énergétiques immédiatement disponibles. Depuis la fin des années 1970, la production nationale de **charbon** est passée de plus de 40 millions de tonnes par an à moins de 3 millions de tonnes en 2003, l'extraction s'arrêtant même en avril 2004 avec la fermeture du dernier puits à Creutzwald, en Lorraine. Ce déclin a été accompagné par une politique sociale ambitieuse dans le cadre du « Pacte charbonnier » et de la gestion de « l'après mines ». Le gisement de **gaz naturel** de Lacq a fourni, jusqu'à la fin des années 70, entre 6 et 7 millions de tep de gaz par an, contribuant ainsi jusqu'à 15% de la production nationale d'énergie primaire, mais ce pourcentage est descendu actuellement à moins de 1%. La **production pétrolière** n'a guère dépassé 3 millions de tep par an, tributaire de la propension des opérateurs à investir dans l'exploration-production sur le territoire national, pour s'établir désormais à environ 1,5 million de tonnes par an, soit légèrement plus que 1% de la production nationale primaire.

#### 1.2. Le programme nucléaire : une réponse aux chocs pétroliers

La France, comme d'autres pays industrialisés, a réagi aux deux chocs pétroliers par des mesures en faveur de la sécurité d'approvisionnement qui ont profondément modifié le système énergétique et conduit à une politique énergétique ambitieuse guidée alors par trois grandes préoccupations :

- Une meilleure diversité d'origine géographique des importations de combustibles fossiles, particulièrement pour le pétrole et le gaz, la part du charbon en France poursuivant son déclin,
- Une meilleure diversité des mix énergétiques avec, pour plusieurs pays dont la France, un investissement massif dans le nucléaire civil,
- Un engagement d'actions en faveur de l'efficacité énergétique et des économies d'énergie.

Comme dans d'autres pays, la politique énergétique française a privilégié le développement d'une offre nationale d'énergie. Les seules à être industriellement envisageables en France étaient l'électronucléaire et les énergies renouvelables. Dans les années 1950, un programme de construction de grands barrages avait été mis en place. Vingt ans après s'est engagé un programme nucléaire grâce auquel la France dispose aujourd'hui de 58 réacteurs pour une puissance installée de 63 GW, soit le

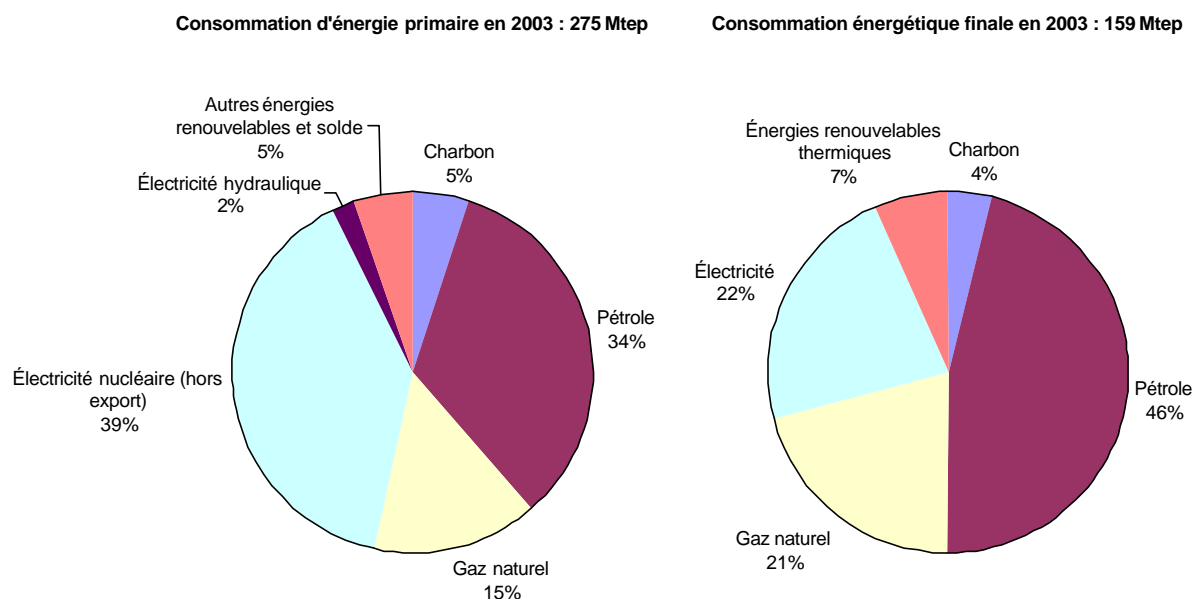
deuxième parc au monde en taille après celui des États-Unis. Cet effort se traduit aujourd'hui par une place prépondérante du nucléaire dans la production d'électricité (78 %) et un recours non négligeable à l'hydraulique (12 %).

Hormis l'hydraulique, l'effort des pouvoirs publics en faveur des énergies renouvelables s'est porté sur le bois (9,3 Mtep en 2003), les déchets urbains solides (2,1 Mtep, en croissance), l'éolien (0,03 Mtep, soit 342 GWh, en croissance rapide), les biocarburants (0,4 Mtep) et de nombreuses autres technologies prometteuses dont le développement devrait s'accélérer dans les années à venir.

## 2. Situation de la France concernant la demande d'énergie

### 2.1 Des besoins énergétiques en hausse

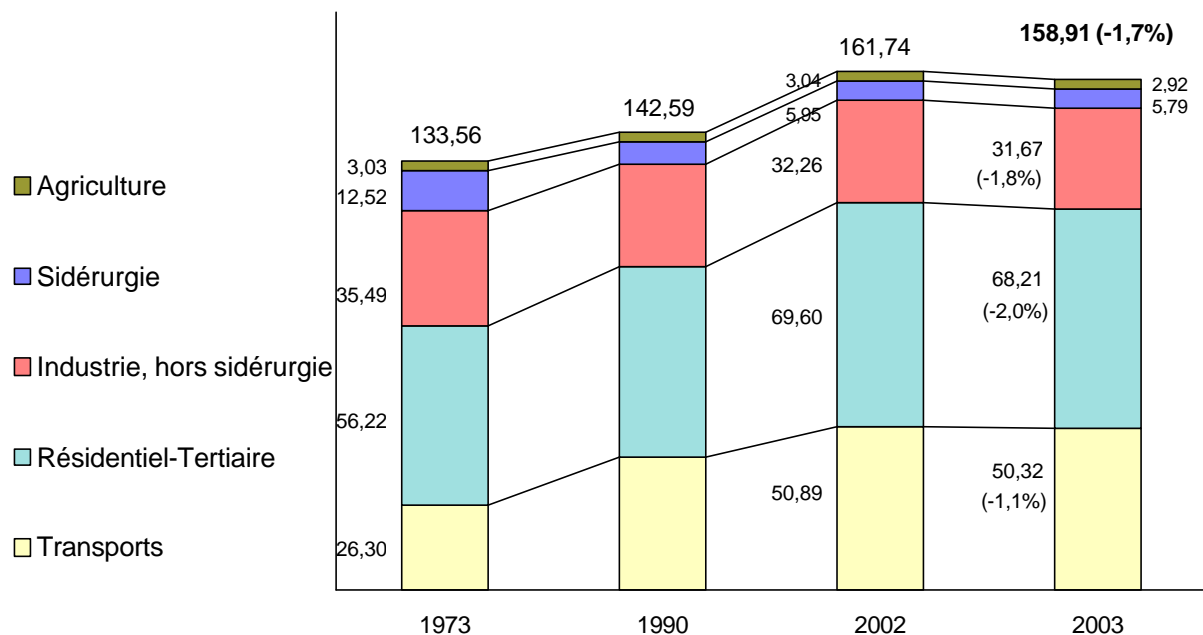
Il convient de distinguer la consommation d'**énergie primaire**, c'est-à-dire celle directement puisée dans la nature (pétrole brut, houille, lignite, gaz naturel, bois, etc., mais aussi, par convention, l'électricité nucléaire, hydraulique et éolienne), de l'**énergie finale**, qui est livrée au consommateur, souvent transformée (électricité produite dans une centrale thermique classique, essence, gazole, coke de houille, etc.).



**Graphique 1 : Consommation d'énergie primaire et consommation énergétique finale en 2003 (source : Observatoire de l'énergie).**

En matière d'électricité, la France, avec une consommation finale de 413 TWh en 2003, arrive à la 4<sup>ème</sup> position au sein des pays de l'OCDE.

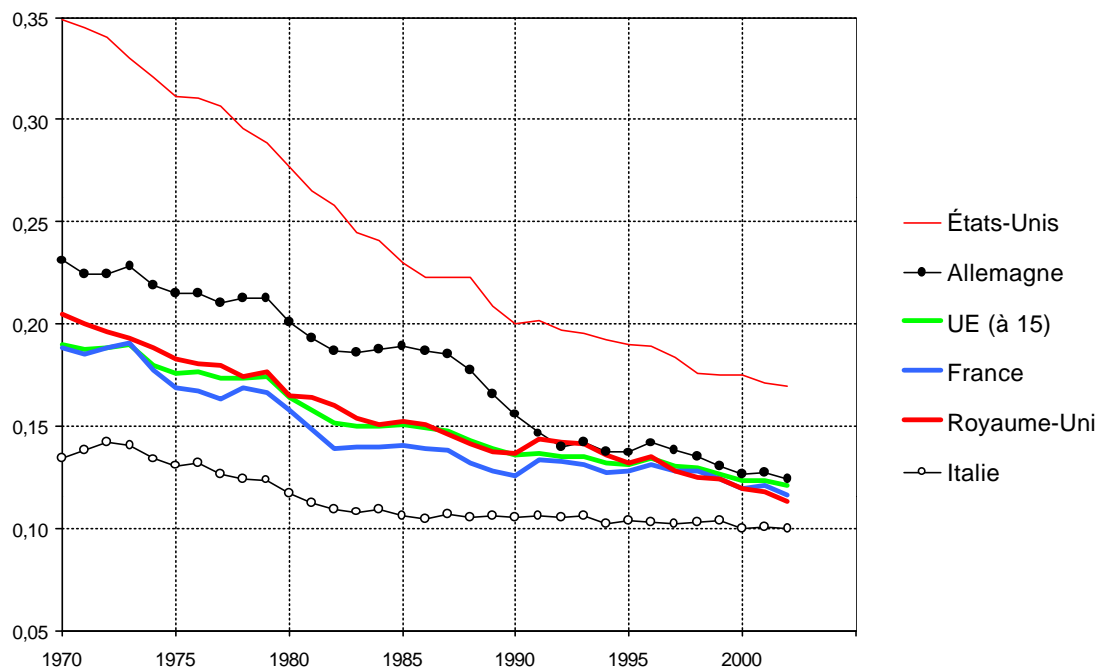
Jusqu'à ces toutes dernières années, la croissance économique de la France et une démographie dynamique ont tiré la demande d'énergie vers le haut. Le développement des transports routiers (de voyageurs et de marchandises), celui des usages domestiques de l'électricité et les besoins des industries grosses consommatrices d'énergie (sidérurgie, chimie, papeteries, cimenteries,...) ont contribué à une progression soutenue de la consommation d'énergie.



**Graphique 2 : Consommation finale énergétique par secteur en Mtep, après correction du climat (source : Observatoire de l'énergie)**

## 2.2 Une intensité énergétique décroissante

La structure de l'économie française, plus orientée vers le tertiaire que d'autres pays industrialisés, notamment en Europe, nous donne un avantage comparatif sur l'intensité énergétique, tant primaire que finale, depuis longtemps relativement faible en France.



**Graphique 3 : Intensité énergétique finale de quelques pays, dont la France (en tep par millier de dollars US 1995 et en parité de pouvoir d'achat).**

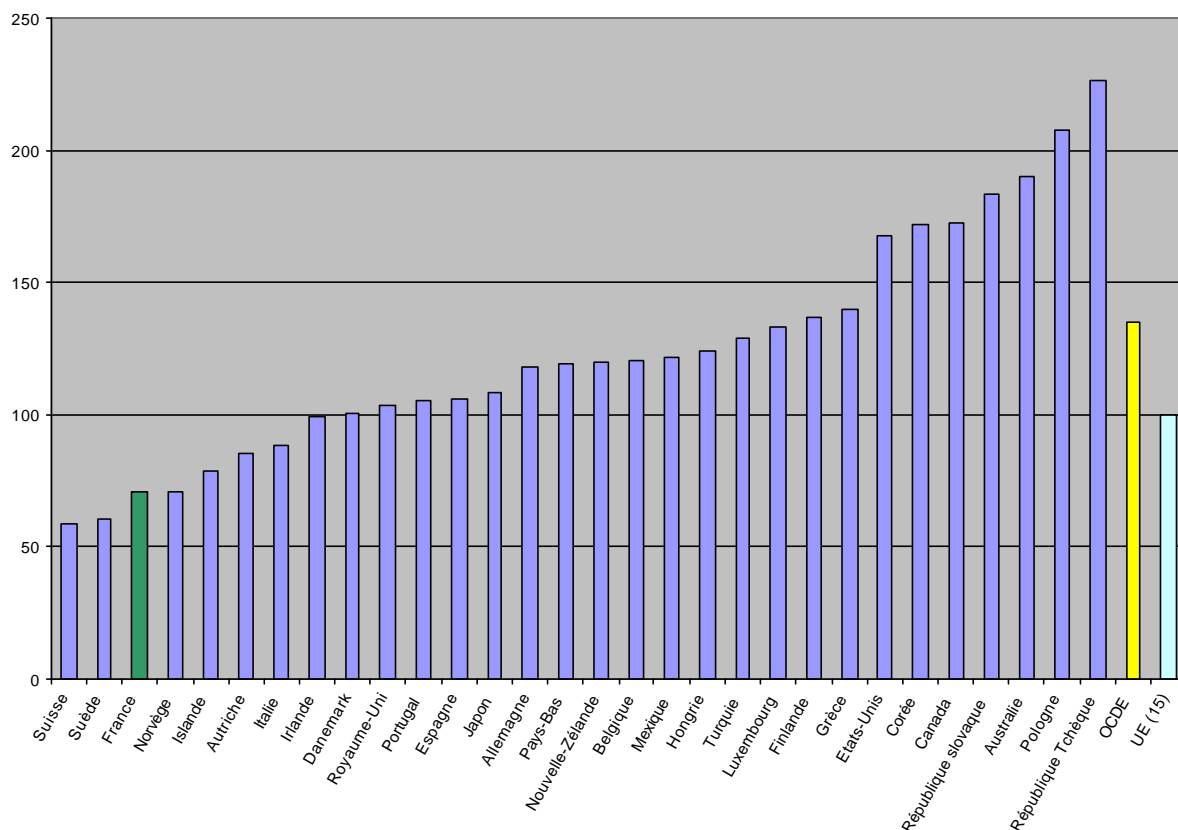
### 3. Les grands axes de la politique énergétique française

#### 3.1 Les constantes de la politique énergétique française

Depuis trente années, la politique énergétique française est animée par quatre grandes préoccupations :

- **la sécurité d’approvisionnement**, à court ou moyen terme, de façon à éviter toute rupture qui serait préjudiciable à la santé, au bien-être et à la compétitivité économique. Cette sécurité d’approvisionnement se conçoit à court terme, comme à long terme, en quantité et en prix, et nécessite la mise en place d’outils appropriés. En France, l’arrêté du 7 mars 2003 relatif à la « programmation pluriannuelle des investissements de production d’électricité » fixe des objectifs de puissance à installer d’ici 2007 afin d’atteindre deux objectifs : d’une part, maintenir des réserves de puissance suffisantes pour assurer l’équilibre offre-demande d’électricité et, d’autre part, veiller au développement de filières ou techniques dont le développement est souhaitable, telles les énergies renouvelables qui doivent permettre de produire en 2010 jusqu’à 21% de la consommation intérieure d’électricité ;
- **la compétitivité de l’énergie tant pour les entreprises que pour les ménages**. Celle-ci doit tenir compte de l’imperfection intrinsèque des **marchés de l’énergie**, due à l’inégale répartition des ressources sur la planète, à l’origine de rentes de situation liées à l’existence de monopoles de production et à l’existence, pour les énergies de réseau, de situations de monopoles naturels au niveau du transport et de la distribution. La Direction Générale de l’Energie et des Matières Premières (DGEMP) du Ministère de l’Economie, des Finances et de l’Industrie (MINEFI) publie régulièrement des données statistiques afin de réduire l’asymétrie d’information entre producteurs et acheteurs, dont une analyse comparative sur les coûts de production de l’électricité. La plus récente de ces études, publiée en 2004, témoigne que le recours au nucléaire est la solution la moins coûteuse en France. Malgré la hausse récente des prix des énergies fossiles, la réduction de la facture énergétique (28,3 milliards d’euros en 2004, soit 1,8% du PIB, contre 50 milliards d’euros et 5% en 1981), grâce au développement d’énergies produites nationalement - énergies renouvelables et nucléaire - et aux exportations d’électricité (62 TWh de solde en 2003), contribue à la bonne santé de l’économie française. Cette facture aurait été supérieure de 11,2 Md € (+0,8% du PIB) si l’on avait remplacé le parc nucléaire actuel par des centrales au gaz. Si l’on se réfère à la moyenne de l’Europe à 15, qui se situe à 98,0 €HTT/MWh pour l’électricité à usage domestique et 59,4 €HTT pour l’électricité à usage industriel, la France se situe en dessous de cette moyenne avec respectivement 90,5 €/MWh et 53,3 €/MWh contre 127,8 €/MWh et 71,2 €/MWh pour l’Allemagne et 141,2 €/MWh et 81 €/MWh pour l’Italie.

- **le respect de l'environnement** : il s'agit de combattre et de minimiser les externalités négatives dues à la production et à l'utilisation de l'énergie, c'est-à-dire les dommages causés à l'**environnement**, avec des objectifs au moins aussi ambitieux que ceux fixés par la Commission européenne à l'horizon 2010 (émissions de CO<sub>2</sub>, couche d'ozone, énergies renouvelables, etc.) ; le recours au nucléaire a permis d'éviter la production en 2004 de 36 millions de tonnes de carbone (ou 132 MtCO<sub>2</sub>), soit environ un tiers des émissions actuelles ou la presque totalité des émissions dues aux transports routiers, alors que la France s'engage à rester d'ici 2010 au niveau des émissions de 1990 et à les diviser d'un facteur 4 d'ici 2050<sup>(1)</sup>.



**Graphique 4 : Emissions de CO<sub>2</sub> en 2002 rapportées au PIB (en kg C par 1000 US\$ 1995 en parité de pouvoir d'achat). Source : AIE/OCDE**

- **la solidarité entre territoires et envers les personnes démunies** : sont concernés ici d'une part, la préoccupation de **l'emploi et de la solidarité** qui renvoie à la compétitivité de l'économie française mais aussi à la fiscalité (en particulier pour son application relative au travail ou à l'énergie) et à des tarifs «sociaux », et d'autre part les **missions de service public**, telles que, pour l'électricité, l'universalité, la continuité et l'obligation de fourniture, l'égalité de traitement, la « péréquation » tarifaire, la garantie de services spécifiques tels le maintien de l'électricité pour les citoyens les plus défavorisés.

<sup>1</sup> Les chiffres de ces deux derniers paragraphes ont été établis sur les hypothèses suivantes : rendement des centrales au gaz (modèle standard) de 57,1% (fourchette haute de rendement d'une étude AIE/AEN à paraître) ; coûts du dollar (1€=1,312\$) et du pétrole (44,51\$/bl) de janvier 2005.

### 3.2. Les orientations récentes de la prospective énergétique

La politique énergétique française se veut à la fois déterminée, ambitieuse et équilibrée, en s'attachant aussi bien à l'offre qu'à la demande, tant dans les usages actuels qu'en matière de travaux de recherche et développement qui doivent préparer les énergies de demain.

Le concept d'**indépendance énergétique** conserve tout son intérêt puisque la France importe encore la moitié de sa consommation d'énergie primaire, contre près des trois quarts avant la mise en place du programme nucléaire. La France affiche en effet aujourd'hui un taux d'indépendance énergétique de 50 % contre 26 % en 1973.

Au printemps 2004, lors de la discussion du **projet de loi d'orientation sur l'énergie**, le Gouvernement français a proposé quatre axes d'orientations prioritaires et indissociables :

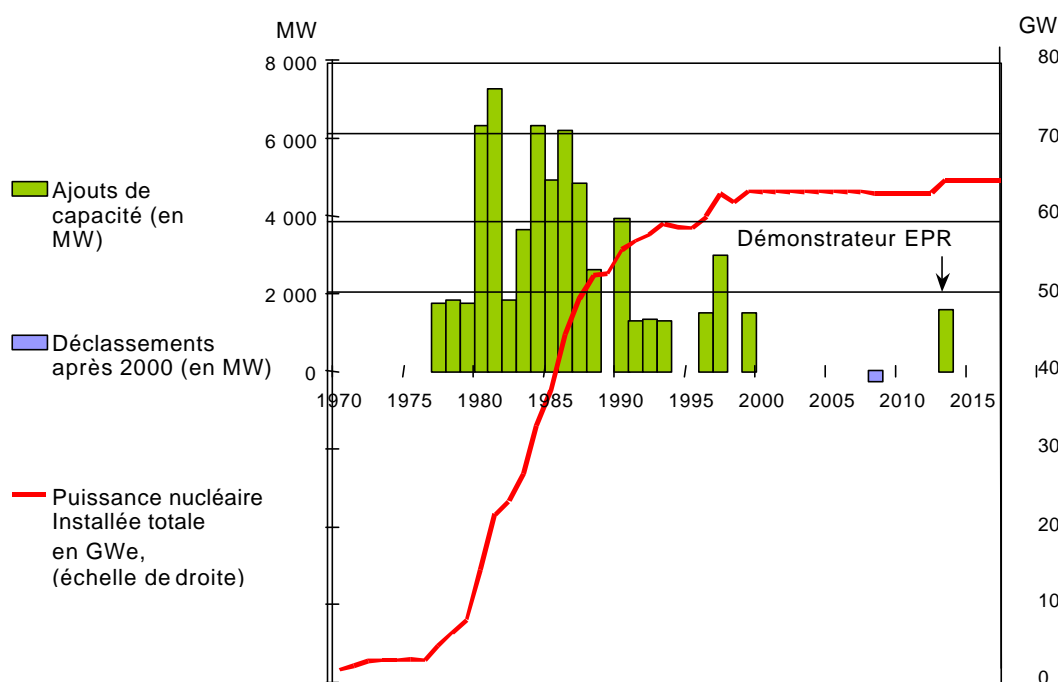
- **relance de la maîtrise de l'énergie**, avec des objectifs de baisse de l'intensité énergétique de -2% par an dès 2015 et -2,5% d'ici 2030, et, au-delà du respect du Protocole de Kyoto, de division par quatre des émissions de CO<sub>2</sub> de la France d'ici 2050, de nombreuses mesures d'économies d'énergie ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre, dont le système, innovant, des certificats d'économie d'énergie (« certificats blancs ») ;
- **maintien de l'option nucléaire ouverte** avec le lancement du réacteur nucléaire franco-allemand EPR (European Pressurized water Reactor) ;
- **développement des énergies renouvelables**, telles que les éoliennes ou les biocarburants.
- **relance** de la recherche sur les nouvelles technologies de l'énergie

En complément à ce projet de loi, le **Plan « Climat »**, publié en juillet 2004 par le gouvernement français dans le cadre de ses engagements de lutte contre l'effet de serre, regroupe des mesures dans tous les secteurs de l'économie et de la vie des ménages, en vue d'économiser près de 15 millions de tonnes d'équivalent carbone par an à l'horizon 2010. Une grande part de ces mesures concernent l'énergie qui représente en France environ 80% des émissions.

## 4. L'avenir de la politique nucléaire française

### 4.1. La préparation du renouvellement du parc électronucléaire français

La France, qui dispose d'un parc nucléaire relativement jeune (19 ans), devra faire face au renouvellement prévu de ce parc à l'horizon 2015 – 2020, période à laquelle les réacteurs les plus anciens devraient atteindre 40 ans. En effet, les centrales françaises sont entrées en service pour l'essentiel entre le début des années 80 et la fin des années 90 et arriveront en fin de vie entre 2020 et 2030. Eu égard aux délais de construction de tels équipements, c'est donc dès aujourd'hui qu'il faut prévoir la construction des nouvelles capacités qui viendront remplacer les centrales mises à l'arrêt.



A l'échéance 2020, la composition du bouquet électrique devra tenir compte, pour ce qui concerne la production en base :

- de la capacité technique et économique de développement des énergies renouvelables,
- du risque sur le prix du combustible dans le cas de développement de centrales fonctionnant au gaz naturel,
- des risques liés aux coûts et aux délais de construction d'une installation nucléaire puis aux conditions de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs,
- des facteurs environnementaux et les mécanismes de marché mis en œuvre pour limiter les émissions de gaz à effet de serre,
- des risques de marché dans un secteur devenu concurrentiel.

**La contrainte sur les émissions de gaz à effet de serre sera particulièrement importante.**

Le choix des investissements futurs sera par ailleurs déterminé en fonction de deux éléments de contexte, facteurs d'incertitude dans un avenir de 10 à 20 ans :

- ✓ le prix des combustibles et notamment du gaz naturel,
- ✓ les coûts finaux de la gestion des déchets et du démantèlement.

Afin de disposer de tous les éléments permettant de faire un choix éclairé pour préparer l'échéance 2020, la France a choisi de construire un réacteur démonstrateur de 3<sup>ème</sup> génération, l'EPR. Ainsi, le Conseil d'Administration d'EDF a donné le 22 juin 2004 son feu vert pour le lancement de la construction de ce premier EPR et a choisi, le 21 octobre 2004, le site de Flamanville pour l'implanter. Le 4 novembre 2004, EDF a présenté à la Commission Nationale du Débat Public (CNDP) la construction du démonstrateur EPR de 1600 MWe. Enfin, la CNDP a décidé le 1<sup>er</sup> décembre 2004 de lancer un débat national sur la construction de ce réacteur.

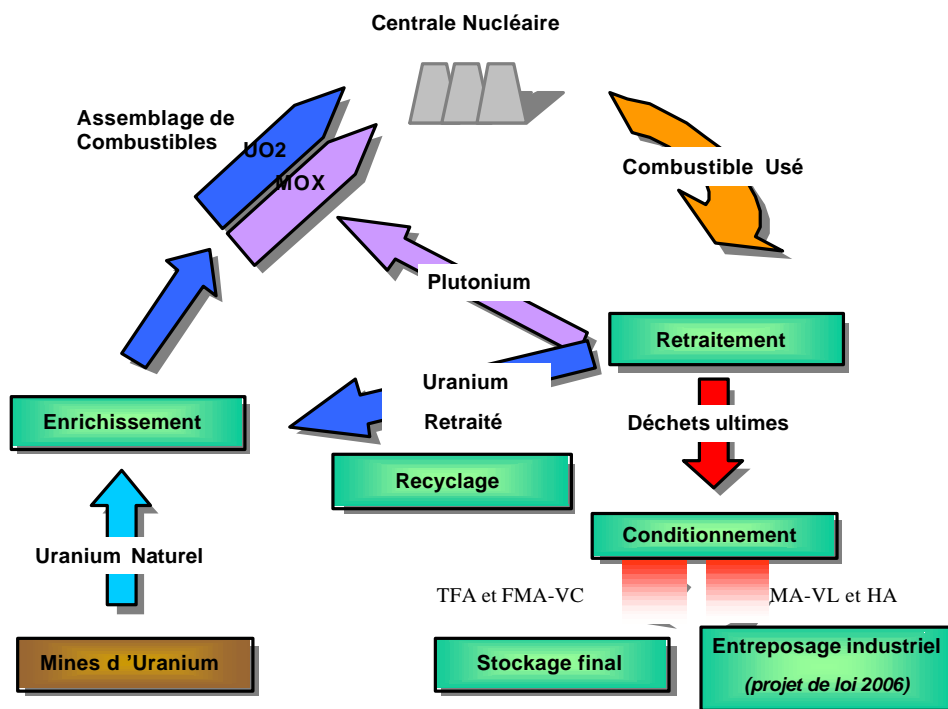
Par ailleurs, la France participe au Forum International **Génération IV** qui vise à développer des systèmes nucléaires du futur qui pourraient être disponibles à l'horizon 2040. Les critères d'économie, de sûreté, de gestion des déchets, d'utilisation optimale des ressources et de sécurité retenus dans le cadre du Forum ont conduit à choisir 6 concepts de réacteurs dont 4 sont de type rapide.



A plus long terme, la France s'est engagée dans le projet ITER destiné à explorer la voie de la fusion thermonucléaire contrôlée et qui devrait marquer une étape décisive pour l'obtention d'une énergie électrique abondante et respectueuse de l'environnement pour les générations futures.

#### 4.2. Les efforts portés sur l'aval du cycle et la gestion des déchets

Des réponses doivent être apportées aux questions concernant la gestion de l'aval du cycle pour les déchets produits par les centrales existantes et a fortiori pour le maintien d'une option nucléaire ouverte à l'échéance du renouvellement du parc de production électrique actuelle. La définition et la mise en œuvre de solutions pérennes et sûres pour la gestion de tous les déchets radioactifs représentent une nécessité non seulement du point de vue des industriels du secteur nucléaire et des pouvoirs publics français, mais aussi de l'ensemble des citoyens français, comme en attestent régulièrement les sondages d'opinion.



##### 4.2.1. Le choix du retraitement des combustibles usés

La France a fait le choix du traitement-recyclage des combustibles usés pour trois raisons principales :

- **Économie de matière première** : le retraitement permet d'économiser l'uranium naturel en réutilisant l'uranium irradié et le plutonium sous la forme de combustibles MOX (combustible mixte à l'oxyde d'uranium et de plutonium) 1g de Pu = 100g d'U = 1 à 2 tonnes de pétrole
- **Lutte contre la prolifération** : une des façons de réduire les risques de prolifération est d'éliminer et de dégrader le plutonium, ce à quoi contribue le retraitement à des fins énergétiques.

- **Protection de l'environnement :**

Les opérations de traitement et de recyclage permettent d'isoler les différents éléments composant le combustible usé et de gérer chacun de ceux-ci de manière appropriée :

- Le plutonium ne représente que 1 % du volume des combustibles irradiés, mais, après 100.000 ans, il concentre 90 % de la toxicité du combustible usé non retraité. Il est extrait et son fort potentiel énergétique peut être réutilisé dans le combustible mox pour produire à nouveau de l'électricité ;
- L'uranium irradié, qui représente environ 96 % du volume des combustibles irradiés, est également séparé et réutilisé ou entreposé en attente de réutilisation ;
- Le volume des combustibles à entreposer et des déchets à stocker est réduit d'autant ;
- Les déchets ultimes (produits de fission, actinides mineurs) sont isolés et conditionnés de façon sûre sous la forme de colis vitrifiés.

EDF décharge chaque année de ses réacteurs entre 1.100 et 1.200 tonnes de combustibles usés. Ces combustibles sont entreposés dans les piscines des centrales, puis évacués vers les piscines de l'usine de retraitement de la COGEMA à La Hague dont la capacité annuelle de traitement est de 1.600 tonnes (pour du combustible irradié à 33.000 MWj/t).

EDF applique la politique d'égalité des flux, qui conduit au retraitement des seuls combustibles usés qui peuvent être recyclés à court terme pour leur utilisation dans la fabrication du combustible MOX. 20 réacteurs à eau pressurisée de 900 MW sont autorisés à fonctionner avec du combustible MOX. Le combustible usé excédentaire fait donc l'objet d'un entreposage.

4.2.2 La gestion des déchets radioactifs : la perspective d'un débat parlementaire en 2006.

Pour la gestion des déchets radioactifs, la France opère une distinction selon deux critères croisés : leur durée de vie et leur niveau d'activité. Le tableau suivant peut donc être établi, qui résume les diverses actions mises en œuvre pour cette gestion.

Période	Courte durée de vie	Longue durée de vie
<b>Activité</b>		
<b>Très faible activité</b>	<b>STOCKAGE DEDIE EN SURFACE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Déchets provenant essentiellement des activités de démantèlement</li> <li>➤ Centre de stockage ouvert depuis la mi 2003 sur le site de Morvilliers dans l'Aube</li> <li>➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 108 219 tonnes soit 11,1 % du volume des déchets.</li> <li>➤ Volumes attendus en fin d'exploitation : 1 à 2 millions de m<sup>3</sup></li> </ul>	
<b>Faible activité</b>	<b>STOCKAGE DE SURFACE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Centre de stockage de la Manche (<i>Beaumont-Hague</i>) fermé (en phase de surveillance) et centre de stockage de l'Aube (<i>Soulaines</i>) en exploitation depuis 1992.</li> <li>➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 778 322 m<sup>3</sup></li> <li>➤ 79,5 % des volumes et 0,07% de la radioactivité totale.</li> </ul>	<b>STOCKAGES DEDIES EN SUBSURFACE A L'ETUDE</b> (déchets radifère et graphite) <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ recherche d'un site nécessaire</li> <li>➤ 4,6 % des volumes et 0,01% de la radioactivité totale.</li> <li>➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 44 559 m<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Moyenne activité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Volumes attendus en fin d'exploitation du parc actuel : 1 300 000 m<sup>3</sup></li> </ul>	<b>FILIERES A L'ETUDE DANS LE CADRE DE L'ARTICLE L.542 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 45 359 m<sup>3</sup></li> <li>➤ 4,6 % des volumes et 3,87% de la radioactivité totale.</li> <li>➤ Volumes attendus en fin d'exploitation : 78 400 m<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Haute activité</b>	<b>FILIERES A L'ETUDE DANS LE CADRE DE L'ARTICLE L.542 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 1 639 m<sup>3</sup> de déchets vitrifiés</li> <li>➤ 0,2 % des volumes et 96,05 % de la radioactivité totale.</li> <li>➤ Volumes attendus en fin d'exploitation : 7410 m<sup>3</sup></li> </ul>	

Les déchets de **faible et moyenne activité à vie courte**, qui représentent 90 % de la production annuelle de déchets radioactifs, mais seulement 0,5 % de la radioactivité totale, sont stockés en surface au Centre de la Manche (jusqu'en 1994) et au Centre de l'Aube (depuis 1992) exploités par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). Les déchets de **très faible activité** sont stockés dans l'Aube sur le site de Morvilliers ouvert en août 2003.

Les **déchets de moyenne activité à vie longue et de haute activité** représentent 10 % du volume total, mais 99,5 % de la radioactivité. Leur gestion s'inscrit dans le cadre de la **loi n°91-1381 du 30 décembre 1991** (art. L 545 et suivants du code de l'environnement), qui a prévu que soient menées pendant quinze ans des recherches selon trois axes :

- Axe 1 : la séparation et la transmutation des radioéléments à vie longue ;
- Axe 2 : l'étude de la possibilité de stockage réversible ou irréversible en couches géologiques profondes, avec la réalisation de laboratoires souterrains. C'est dans ce cadre que, conformément aux recommandations de la Commission nationale d'évaluation (CNE), un site géologique a été choisi pour y installer un laboratoire souterrain, dans l'argile, à Bure (Meuse) ;
- Axe 3 : l'entreposage en surface de longue durée.

L'échéance des quinze années de recherches prévues par la loi étant sur le point d'être écoulée (2006), le Gouvernement va présenter au Parlement la synthèse des recherches ainsi réalisées et déposer un projet de loi proposant les solutions appropriées.

Les acteurs de la recherche (CEA, CNRS, ANDRA) remettront leur rapport à la mi-2005. Ces rapports seront ensuite évalués, d'une part, au plan scientifique, par la Commission nationale d'évaluation (CNE), d'autre part, au plan de la sûreté, par l'Autorité de sûreté nucléaire avec l'appui de l'IRSN, et enfin, au plan international, par une revue de pairs.

Il apparaît dès à présent que les trois axes de recherche ne doivent pas être considérés comme des voies concurrentes mais plutôt comme des solutions complémentaires. En effet, les recherches engagées dans le cadre de l'axe 1 devraient déboucher à l'horizon 2040 sur la définition de nouveaux réacteurs nucléaires aptes à valoriser encore davantage de plutonium ou à transmuter les actinides mineurs. Les technologies de l'axe 1 ne réduiront pas à zéro les déchets radioactifs et ne pourront pas s'appliquer à tous les déchets, en particulier pas aux déchets déjà existants pour lesquels il faudra définir une solution de gestion sûre et pérenne à très long terme à partir des potentialités de l'axe 2 et de l'axe 3, ce dernier pouvant permettre de traiter des phases de transition.

Dans ce cadre, afin de tenir compte de l'évolution future des connaissances scientifiques et techniques, le Gouvernement a souhaité qu'un effort particulier soit réalisé sur **l'étude de la réversibilité des solutions de stockage en profondeur**.

Par ailleurs, un Livre Blanc sur le sujet de ces mêmes déchets fera l'objet d'une consultation du public organisée par la Commission nationale du débat public (CNDP), autorité administrative indépendante créée à cet effet par la loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité. Cette consultation, qui sera menée à l'automne 2005, portera, non pas sur un projet précis d'infrastructure, mais sur les options générales en matière de gestion des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

\* \* \* \* \*

Après le débat national sur l'énergie qui s'est déroulé du 8 janvier au 24 mai 2003 et qui a conduit à la définition des grands axes de sa politique énergétique, la France prépare donc aujourd'hui un autre débat public portant cette fois-ci sur la gestion des déchets issus du recours à l'énergie nucléaire, afin de trouver une solution à cette question, essentielle pour un développement durable de cette filière énergétique.



Programmes et activités visant à optimiser le rôle de la technologie nucléaire dans la société et à s'assurer de son utilisation à des fins pacifiques.

## Qu'est-ce que l'AIEA?

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) est la principale organisation intergouvernementale de coopération scientifique et technique dans le domaine de l'utilisation pacifique de la technologie nucléaire. Créée en 1957 en tant qu'organisation indépendante au sein du système des Nations Unies, elle représente l'aboutissement des efforts déployés à l'échelle internationale pour concrétiser la proposition que le Président des États-Unis, M. Eisenhower, avait faite en 1953 devant l'Assemblée générale des Nations Unies, dans son discours sur «L'atome au service de la paix». Il envisageait la création d'une instance internationale chargée de contrôler et de promouvoir l'utilisation de l'énergie atomique. Aujourd'hui, l'Agence offre une vaste gamme de services, de programmes et d'activités correspondant aux besoins de ses 130 États Membres.

**«L'Agence s'efforce de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier. Elle s'assure, dans la mesure de ses moyens, que l'aide fournie par elle-même ou à sa demande ou sous sa direction ou sous son contrôle n'est pas utilisée de manière à servir à des fins militaires.»**

Statut de l'AIEA

s'attaquer aux problèmes urgents de la planète que sont la faim, la maladie, la gestion des ressources naturelles, la pollution de l'environnement et les changements climatiques. Pour une bonne part, les activités de l'Agence ont trait à l'énergie nucléaire, notamment aux questions de sûreté et de gestion des déchets, et consistent à veiller à ce que la technologie nucléaire soit utilisée uniquement à des fins pacifiques.

Lorsqu'il y a lieu, l'Agence facilite le transfert de la technologie nucléaire aux États Membres pour des utilisations médicales, agricoles et industrielles, la gestion de l'eau et d'autres applications. Nombre des programmes mis au point à cet effet contribuent directement ou indirectement à la réalisation des objectifs de développement durable et de protection de l'environnement énoncés dans le programme «Action 21», qui a été adopté en 1992 par la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. L'Agence possède également deux laboratoires scientifiques qui assurent une formation et exécutent des travaux de recherche à l'appui d'activités d'assistance et de coopération techniques, le plus souvent en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Elle coopère en outre avec la FAO dans le cadre d'une division mixte pour promouvoir les applications des isotopes et des rayonnements dans l'alimentation et l'agriculture. Les domaines ainsi couverts sont la sélection des plantes et la phytogénétique, la lutte contre les insectes ravageurs, la fertilité des sols, l'irrigation et la production végétale, l'élevage et la conservation des aliments.

### Transfert de technologie

L'AIEA s'emploie à mettre la science et la technologie nucléaires au service d'un développement humain durable. A cette fin, il faut non seulement faire progresser les connaissances, mais aussi les mettre à profit pour

### Sûreté nucléaire

Le rôle futur de l'énergie nucléaire dépend de la bonne performance systématique et confirmée de l'ensemble des applications nucléaires sur le plan de la sûreté. Bien que l'Agence ne soit pas un organisme de réglementation

international, ses activités en matière de sûreté nucléaire visent à l'établissement d'accords multilatéraux juridiquement contraignants, qui constituent des mécanismes de plus en plus importants pour le renforcement de la sûreté nucléaire, de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets dans le monde. De nombreux pays s'appuient sur les recommandations de l'AIEA pour établir leurs propres normes et règlements en matière de sûreté. L'AIEA a élaboré des codes de bonne pratique et des guides de sûreté sur le choix des sites, la conception, l'exploitation et la qualité des centrales nucléaires. Pour renforcer encore la sûreté d'exploitation dans le monde, elle effectue des évaluations sur demande, et notamment des examens de centrales réalisés sur place par des équipes d'experts internationaux.

## Non-prolifération des armes nucléaires

Dans le cadre des efforts déployés à l'échelle mondiale pour empêcher la prolifération des armes nucléaires, l'AIEA vérifie que les matières nucléaires ne sont pas détournées de leurs utilisations pacifiques légitimes pour servir à des fins militaires. Lorsqu'un Etat Membre devient partie à un accord de garanties, les inspecteurs de l'Agence surveillent toutes les matières nucléaires déclarées grâce à des inspections sur place, à la télésurveillance et à la vérification des relevés. Sans ce système rigoureux de garanties, le commerce et le transfert de technologie dans le domaine des applications nucléaires seraient impossibles. A ce jour, 225 accords de garanties sont en vigueur dans 141 pays. On continue de renforcer le rôle de l'AIEA en matière de garanties afin de pouvoir mieux détecter tout détournement éventuel de matières nucléaires.

## Structure et ressources financières

Les organes directeurs de l'AIEA sont le Conseil des gouverneurs et la Conférence générale. La Conférence générale est composée des représentants des 130 Etats Membres de l'AIEA (*voir la dernière page*). Le Conseil des gouverneurs comprend actuellement 35<sup>1</sup> membres: 13 d'entre eux sont désignés par lui, et 22 sont élus par la Conférence générale. Le Secrétariat, avec à sa tête le Directeur général, est chargé de l'exécution du programme de l'AIEA préalablement approuvé par le Conseil et la Conférence générale.

Les ressources financières de l'AIEA relèvent de deux catégories: le budget ordinaire et les contributions volontaires. Le budget ordinaire pour 2001 s'élève à 230 millions de dollars des Etats-Unis, dont 220,9 millions doivent être financés par les contributions des Etats Membres calculées selon le barème des quotes-parts fixé pour 2001, tandis que 4,9 millions doivent provenir de recettes procurées par des travaux remboursables et 4,2 millions de recettes diverses. L'objectif pour les contributions volontaires au Fonds de coopération technique pour 2001 a été fixé à 73 millions de dollars, dont 58,4 millions

doivent être promis par les Etats Membres. On compte que les Etats Membres, l'ONU, d'autres organisations internationales et diverses autres sources verseront des ressources extrabudgétaires d'un montant total de 31,9 millions de dollars.

<sup>1</sup> La résolution d'octobre 1999 de la Conférence générale portant à 43 le nombre des membres du Conseil doit encore être acceptée par la majorité requise, soit deux tiers de l'ensemble des Etats Membres.

## Conseil des gouverneurs

Le Conseil des gouverneurs se réunit généralement cinq fois par an: en mars et en juin, en septembre, juste avant et après la session ordinaire de la Conférence générale, et en décembre immédiatement après la réunion du Comité de l'assistance et de la coopération techniques. Il examine les comptes et le programme et budget de l'AIEA en vue de faire des recommandations à la Conférence générale et il étudie les demandes d'admission. Il approuve en outre les accords de garanties et la publication des normes de sûreté de l'AIEA et il est chargé de nommer, avec l'approbation de la Conférence générale, le Directeur général de l'AIEA.

## Conférence générale

La Conférence générale, qui comprend tous les Etats Membres de l'AIEA, se réunit une fois par an pour examiner, notamment, le rapport du Conseil des gouverneurs pour l'année précédente et pour approuver les comptes et le programme et budget ainsi que les demandes éventuelles d'admission à l'AIEA. Elle a qualité pour inviter le Conseil des gouverneurs à présenter des rapports sur toute question relative aux fonctions de l'Agence. Durant sa session ordinaire annuelle, elle mène une discussion générale sur les politiques et le programme de l'AIEA et examine toute une série de questions que le Conseil des gouverneurs, le Directeur général et des Etats Membres ont portées à son attention.

## Secrétariat

Le Secrétariat de l'AIEA, qui compte 2 212 administrateurs et fonctionnaires d'appui, exécute les programmes et les activités approuvés par les organes directeurs de l'Agence. Il est dirigé par le Directeur général, le plus haut fonctionnaire de l'AIEA, qui est nommé pour un mandat de quatre ans. Le Directeur général est assisté par des directeurs généraux adjoints qui sont à la tête de six départements.



Préserver et accroître l'ensemble des actifs  
à la disposition des générations futures.

# L'électronucléaire et le développement durable

Un objectif central du développement durable est de préserver ou d'accroître l'ensemble des actifs (naturels, créés par l'homme et humains ou sociaux) à la disposition des générations futures tout en réduisant au minimum la consommation de ressources finies et sans dépasser la capacité de charge des écosystèmes. Le développement de l'électronucléaire élargit la base des ressources naturelles utilisables pour la production d'électricité, accroît le capital humain et le capital créé par l'homme et, réalisé dans des conditions de sûreté, a peu d'incidences sur les écosystèmes.

Aujourd'hui, l'électronucléaire est surtout présent dans les pays industrialisés qui possèdent les ressources technologiques, institutionnelles et financières nécessaires. La grande majorité des pays industrialisés capables et désireux d'utiliser l'électronucléaire sont aussi de gros consommateurs d'énergie. Dans le cas de ces pays, il est particulièrement judicieux de mettre à profit leur technologie de pointe pour utiliser les ressources en uranium à des fins productives et économiser ainsi des ressources finies au profit d'autres pays et des générations à venir. Le fait qu'ils recourent à l'électronucléaire garantit aux générations futures, y compris celles des pays en développement actuels, la possibilité de choisir elles aussi l'option nucléaire.

L'énergie est essentielle aux fins d'un développement durable. Du fait de la croissance continue de la population et de l'économie et des besoins croissants des pays en développement, la demande énergétique ne peut qu'augmenter fortement, même si l'on tient compte des progrès de plus en plus rapides en matière de rendement et d'intensité énergétiques.

La demande d'électricité augmentera encore plus rapidement en raison des tendances à long terme de la consommation finale d'énergie, qui se détourne des combustibles solides et liquides. L'électricité est tout simplement plus propre et d'une utilisation plus souple et plus commode pour les consommateurs. Dans de nombreux secteurs — celui des technologies de l'information par exemple — elle est indispensable.

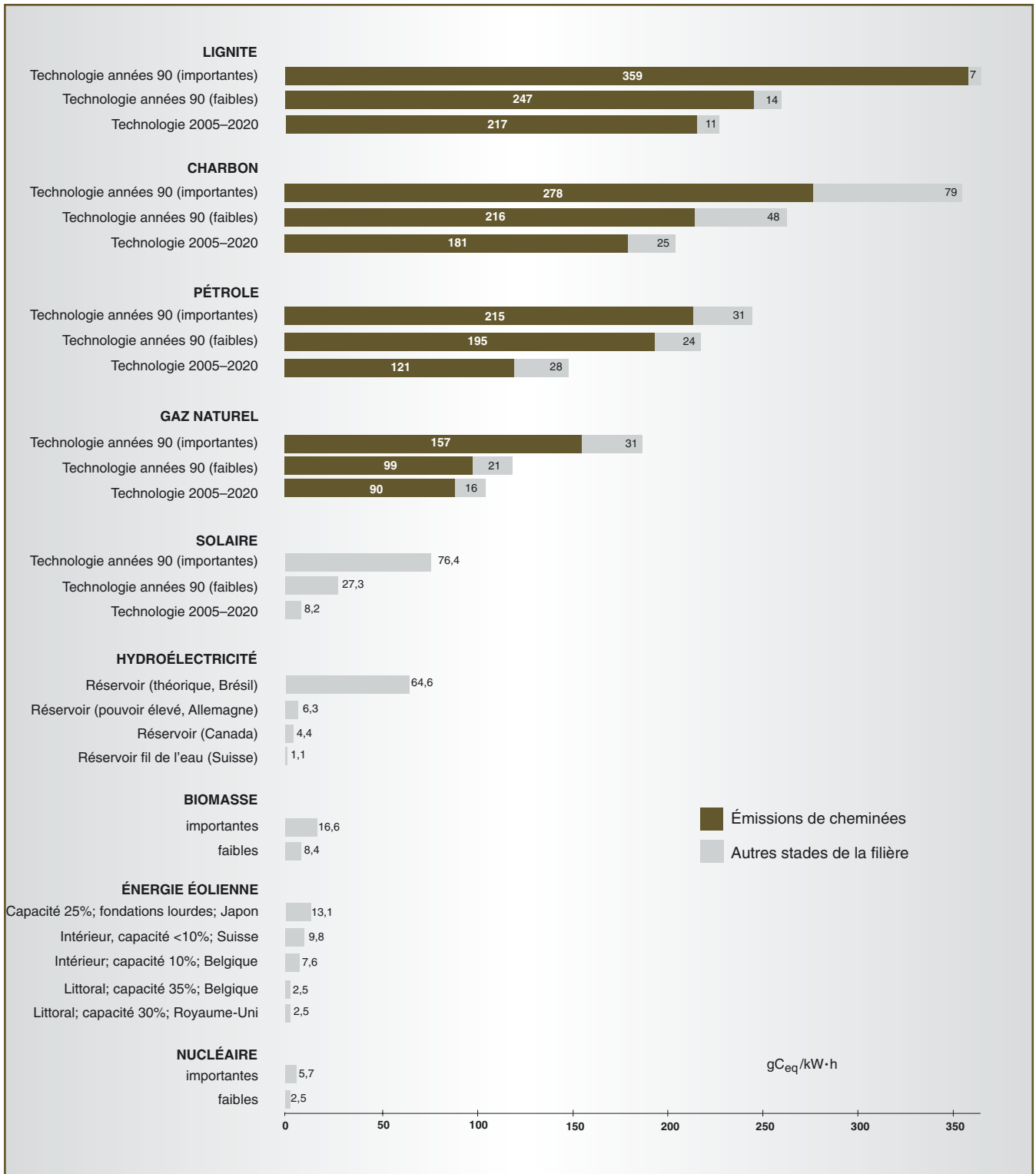
L'électronucléaire représente actuellement 16 % de la production mondiale d'électricité. Il ne produit quasiment pas de dioxyde de soufre, de particules, d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils ou de gaz à effet de serre. La filière

complète de production d'électricité nucléaire, de l'extraction des ressources au stockage définitif des déchets, en passant par la construction des réacteurs et des installations, ne rejette que 2 à 6 grammes d'équivalent carbone par kilowattheure ( $gC_{eq}/kWh$ ). Cette valeur est à peu près similaire à celle des énergies solaire et éolienne, y compris la construction et la fabrication des composants. Pour ces trois sources d'énergie, elle est inférieure de deux ordres de grandeur à celles qui sont enregistrées pour le charbon, le pétrole et le gaz naturel (100–360  $gC_{eq}/kWh$ ).

À l'échelle mondiale, l'électronucléaire permet d'éviter des émissions annuelles d'environ 600 millions de tonnes de carbone (MtC), à peu près autant que l'énergie hydroélectrique. Ces 600 MtC représentent 8 % des émissions de gaz à effet de serre actuelles au niveau mondial. Dans les pays de l'OCDE, l'électronucléaire contribue depuis 35 ans à l'essentiel de la réduction de l'intensité de carbone par unité d'énergie fournie.

Les centrales nucléaires actuellement en service, dont les coûts d'investissement initiaux sont en grande partie amortis, représentent souvent le moyen le plus rentable de réduire les émissions de carbone dues à la production d'électricité. En 2000, aux États-Unis, les centrales nucléaires étaient en fait le moyen le plus rentable de produire de l'électricité, indépendamment des émissions de carbone évitées. Dans les autres pays, les avantages des centrales nucléaires existantes sont également de plus en plus reconnus. La prolongation de la durée de fonctionnement des centrales nucléaires suscite un intérêt croissant, et des autorisations de prolongation de la durée de vie allant jusqu'à 60 ans ont déjà été accordées.

Les nouvelles centrales nucléaires sont plus coûteuses à construire que les centrales à combustibles fossiles, en particulier les centrales au gaz. Près de mines de charbon ou lorsque les infrastructures nécessaires à l'exploitation du gaz naturel existent, les centrales nouvelles au charbon ou au gaz ont généralement des coûts de production d'électricité inférieurs à ceux des nouvelles centrales nucléaires. Sur les marchés énergétiques libéralisés, qui mettent l'accent sur la rentabilité à court terme, les dépenses d'investissement élevées des centrales nucléaires et la longueur des périodes d'amortissement constituent un net désavantage par rapport aux centrales



Émissions totales de gaz à effet de serre provenant des chaînes de production d'électricité (Source: Joseph V. Spadaro, Lucille Langlois et Bruce Hamilton, 2000: "Évaluer la différence: émissions de gaz à effet de serre provenant des chaînes de production d'électricité", *Bulletin de l'AIEA*, Vol. 42, n° 2, Vienne, Autriche)

à combustibles fossiles, notamment celles fonctionnant au gaz. Toutefois, les récentes hausses de prix ont réduit l'avantage dont bénéficie le gaz naturel.

Si les prix du gaz continuent à augmenter, l'avantage découlant des coûts faibles et stables des combustibles nucléaires rendra les centrales nucléaires de plus en plus compétitives. De surcroît, indépendamment des perspectives relatives au prix des combustibles fossiles, un certain nombre de pays continuent de

construire ou de prévoir la construction de nouvelles centrales nucléaires. C'est le cas des pays qui ont des ressources en combustibles fossiles limitées (comme le Japon, la République de Corée et plusieurs pays d'Europe orientale), des pays où les combustibles doivent être transportés sur de longues distances (comme l'Inde et la Chine), des pays qui accordent une priorité élevée à la diversité et à la sécurité des approvisionnements énergétiques, au développement des technologies et à la réduction des émissions (comme la Finlande), ou des pays qui

souhaitent exporter notamment du gaz naturel en échange de liquidités (comme la Russie).

À l'avenir, on peut s'attendre que le progrès technologique permette de réduire le coût des centrales nucléaires ainsi que celui des énergies renouvelables et des techniques de pointe appliquées aux combustibles fossiles, chacune de ces sources d'énergie faisant concurrence à l'autre. Le meilleur moyen de garantir une production d'électricité rentable est de poursuivre la libéralisation des marchés de l'électricité et de l'énergie. Une libéralisation des marchés bien conçue favorise les réductions de coûts et permet aux différents marchés de faire appel aux technologies les plus appropriées (davantage d'énergie solaire et d'énergie éolienne dans les régions ensoleillées et ventées, et une plus grande centralisation de la production d'électricité là où les densités énergétiques sont élevées, comme dans les villes et mégapoles).

Des marchés équitables sont aussi le meilleur moyen de garantir des réductions effectives des émissions de gaz à effet de serre. Plus tôt sera créé un marché des réductions de ces émissions qui soit transparent, prévisible et non biaisé (sans aucun préjugé pour ou contre le nucléaire ou toute autre source d'énergie), plus grandes seront les incitations en faveur d'investissements rentables à court terme dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le développement durable nécessitera un progrès constant de l'internalisation de tous les coûts relatifs à l'environnement et au cycle de vie associés à la production et à la consommation d'énergie. Aujourd'hui, l'électronucléaire internalise déjà les coûts dans une plus large mesure que les autres technologies. Dans la plupart des pays, le coût actuel de l'électricité nucléaire englobe l'ensemble des coûts relatifs à la sûreté tout au long de la chaîne du combustible, les coûts du déclassement final des centrales nucléaires et les coûts de la gestion des déchets, dont celui du stockage définitif des déchets de faible, moyenne ou haute activité.

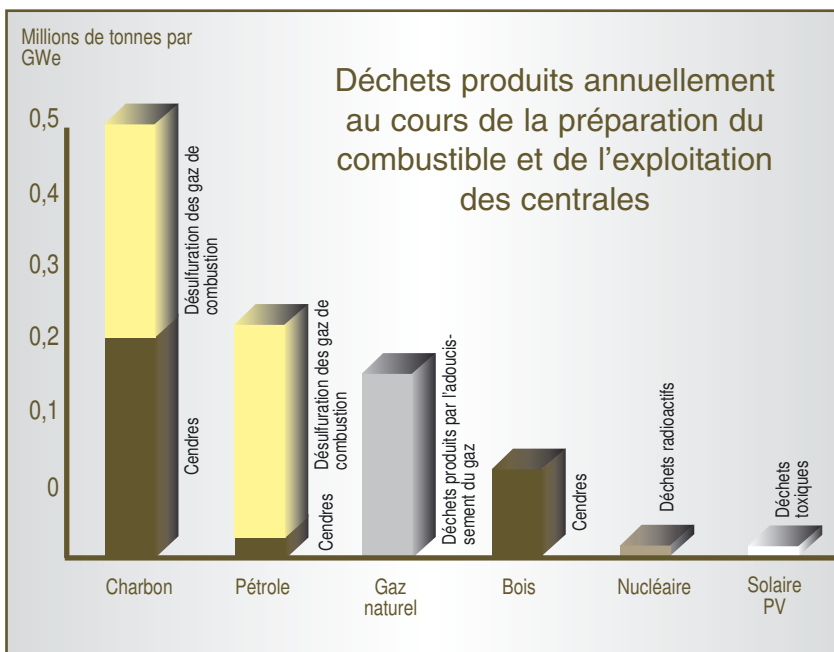
La réduction de la production de déchets au minimum est un principe clé du développement durable. À la différence des déchets solides et toxiques produits par d'autres chaînes du

combustible, les déchets solides produits par les centrales nucléaires sont de faible volume, bien confinés et sous haute surveillance.

Des dépôts définitifs de déchets de faible activité produits par les centrales nucléaires ou résultant des applications en médecine et dans la recherche, par exemple, ont été autorisés et sont déjà exploités dans de nombreux pays. Dans le cas des déchets de haute activité, la question est plus controversée. Les milieux scientifiques et techniques sont certes généralement d'accord sur le fait que les déchets de haute activité peuvent aujourd'hui être stockés en toute sûreté dans des formations géologiques stables, mais on a aussi le temps de rechercher des solutions largement acceptables garantissant une pleine participation du public. Le combustible usé des centrales nucléaires est, depuis des décennies, entreposé de manière sûre sur le site de réacteurs et sur des sites d'entreposage provisoire. Légèrement modifiés, ceux-ci peuvent servir de lieux d'entreposage pendant de nombreuses années si nécessaire, ce qui laisse le temps d'étudier de manière approfondie des solutions à long terme qui puissent être acceptées par le public.

C'est en Finlande, en Suède et aux États-Unis que le processus d'implantation d'une installation de stockage définitif de déchets de haute activité est le plus avancé. En Finlande, le Gouvernement a approuvé, et le Parlement a ratifié, une décision « de principe » concernant un dépôt définitif de combustible nucléaire usé dans une cavité proche des centrales nucléaires d'Olkiluoto. Des autorisations distinctes devront être délivrées par le Gouvernement pour sa construction et son exploitation. Sa construction débuterait en 2011 et son exploitation une dizaine d'années après. En Suède, deux des six communes qui étaient candidates à l'origine ont été retenues, avec leur accord, pour faire l'objet d'études géologiques approfondies. Ces études devraient prendre cinq ou six ans. SKB, la société suédoise de gestion du combustible et des déchets nucléaires, espère présenter une proposition finale concernant le site vers 2007. Aux États-Unis, l'installation pilote d'isolement de déchets a commencé à accueillir des déchets transuraniens d'origine militaire en vue de leur stockage définitif en 1999. Dans le cas des déchets provenant des centrales nucléaires, le Département de l'énergie des États-Unis a déterminé, en mai 2001, que le site de stockage définitif proposé à Yucca Mountain satisfaisait aux nouvelles normes fixées en matière de rayonnements par l'Agence de protection de l'environnement. En février 2002, la Maison-Blanche a approuvé la poursuite du projet de Yucca Mountains. En mai et en juillet, les deux chambres du Congrès ont donné leur approbation.

Tout compte fait, le bilan de sûreté de l'électronucléaire est sans équivalent, et la philosophie actuelle est celle d'une amélioration constante. D'importantes améliorations dans les domaines technique et institutionnel ont été introduites dans l'ensemble du secteur à la suite des deux accidents majeurs qu'a connus l'industrie nucléaire, celui de Three Mile Island en 1979 et celui de Tchernobyl en 1986. Les niveaux de sûreté actuels des réacteurs sont largement acceptables comme en témoigne l'approbation dont ils bénéficient dans la pratique: aux États-Unis, une centaine de centrales nucléaires fournissent depuis les années 80 environ 20 % de





l'électricité; en Europe occidentale, quelque 150 centrales nucléaires en fournissent environ 30 %; en France, 59 centrales nucléaires en fournissent 77 %.

Des garanties efficaces contre la prolifération des armes nucléaires et le terrorisme nucléaire restent indispensables aussi longtemps que les technologies nucléaires produisent, ou peuvent être utilisées pour produire, des matières fissiles de qualité militaire, que ces matières soient utilisées dans des centrales nucléaires, en médecine, dans l'agriculture ou dans d'autres applications pacifiques. Le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP), prorogé indéfiniment en 1995, est au cœur du régime international de non-prolifération. Les autres éléments en sont la Convention sur la protection physique des matières nucléaires et les zones exemptes d'armes nucléaires créées dans diverses régions du monde. Les adhésions de plus en plus nombreuses aux protocoles additionnels, qui reposent sur le TNP et sur d'autres accords de garanties, viennent renforcer encore ce régime. Ces accords sont essentiels quel que soit l'avenir du nucléaire civil, et les efforts déployés pour les renforcer feront progresser la cause de la non-prolifération bien plus sûrement que des restrictions concernant l'électronucléaire.

Les améliorations apportées en matière de pratiques d'exploitation, d'appui technique, de gestion stratégique, d'approvisionnement en combustible et de stockage définitif du combustible usé — en partie du fait de la libéralisation croissante des marchés de l'électricité — ont réduit les coûts, amélioré la sûreté et entraîné une augmentation continue des facteurs de disponibilité des centrales nucléaires. Leurs effets cumulés ont été considérables — depuis 1990, l'accroissement des facteurs de disponibilité a représenté l'équivalent de 33 GWe de nouvelles capacités installées, ce qui correspond à 33 centrales nouvelles de 1000 MWe chacune.

La performance des centrales nucléaires et des installations du cycle du combustible nucléaire continuera de s'améliorer progressivement, comme dans le cas de toutes les technologies. Toutefois, s'agissant de l'expansion à long terme de la contribution du nucléaire à la satisfaction des besoins énergétiques croissants de la planète, il sera important de concevoir des centrales nucléaires et des cycles du combustible innovants, caractérisés par une économie sensiblement améliorée, une meilleure utilisation des ressources, une réduction de la production de déchets radioactifs au minimum, la promotion des objectifs de non-prolifération (faire en sorte que les matières nucléaires ne puissent pas être facilement détournées à des fins non pacifiques) et l'amélioration de la sûreté grâce à des procédés techniques et à des barrières ouvragées. Pour accélérer l'innovation, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a mis sur pied un nouveau projet international sur les réacteurs

nucléaires et les cycles du combustible nucléaire innovants (INPRO). Ce projet complète et prolonge d'autres initiatives nationales et internationales en matière de modèles innovants en vue d'améliorer la compétitivité économique, la sûreté, la gestion des déchets et la résistance à la prolifération.

Aujourd'hui, c'est à la production d'électricité que l'énergie nucléaire, tout comme les énergies hydraulique, éolienne et solaire, se prête le mieux. Toutefois, il est probable que le progrès technologique permettra à terme de produire, à partir de toutes ces sources, des combustibles chimiques, dont l'hydrogène, et ce de manière rentable. Ces sources d'énergie pourraient ainsi contribuer à satisfaire les besoins en énergie utilisée pour les transports, qui sont actuellement couverts en grande partie par le pétrole. Les centrales nucléaires, dont l'avantage comparatif est la production d'électricité en charge de base 24 heures sur 24, conviendraient bien, lorsque les villes dorment, à la production du carburant à l'hydrogène destiné à être utilisé pour les transports le lendemain.

Enfin, l'énergie nucléaire pourrait aussi être largement utilisée à l'avenir pour le dessalement de l'eau de mer, contribuant ainsi à relever un autre défi pressant du développement durable, à savoir l'approvisionnement abondant, sûr et garanti en eau propre d'une population mondiale croissante.

Le choix des technologies susceptibles de favoriser le développement durable d'un pays donné est un choix souverain, et chaque pays devra recourir au panachage de technologies qui réponde à sa situation et à ses besoins. Du fait des avantages de l'électronucléaire en ce qui concerne la réalisation des objectifs de développement durable, il devrait, dans bon nombre de pays, occuper une place importante dans ce panachage. L'essence de la définition du développement durable donnée par le rapport Brundtland est qu'il importe d'accroître les possibilités et de garder ouvertes les options — de ne pas les exclure des choix s'offrant aux générations futures. Conformément au principe du programme Action 21 concernant la différenciation des responsabilités des pays, ceux d'entre eux qui en ont la capacité et la volonté ont un rôle particulièrement important à jouer pour ce qui est de garder ouverte l'option nucléaire, d'élargir la base des ressources, de réduire les émissions nocives, d'accroître l'approvisionnement en électricité et d'enrichir le capital technique et humain de la planète.

Pour de plus amples renseignements, on pourra consulter sur le site WorldAtom de l'AIEA, à l'adresse:

<http://www.iaea.org/worldatom/Programmes/Energy/pess/pessindex.shtml>

Pour de plus amples informations, contacter:

M. Alan McDonald  
Section de la planification et des études économiques  
Département de l'énergie nucléaire  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Wagramer Strasse 5, B. P. 100  
A-1400 Vienne (Autriche)  
Tél.: +43-1-2600-22650  
Télécopie: +43-1-2600-29598  
Courriel: [A.McDonald@iaea.org](mailto:A.McDonald@iaea.org)

Agence internationale de l'énergie atomique  
Collection Information  
Division de l'information  
02-01575 / FS Series 3/01/F/Rev.1



L'AIEA a établi des normes de sûreté pour les réacteurs nucléaires et fournit des services d'experts pour aider les États Membres à les mettre en application

# Promouvoir la sûreté des installations nucléaires

## Promouvoir la sûreté des installations nucléaires

Plus de 430 centrales nucléaires sont en exploitation dans 30 pays à travers le monde. La part du nucléaire dans la production totale d'électricité varie d'environ 20 % en République tchèque et aux États-Unis à presque 78 % en France et en Lituanie. Environ 16 % de l'électricité totale produite dans le monde est d'origine nucléaire.

La sûreté des installations nucléaires revêt une importance capitale. Tous les aspects importants pour le bon fonctionnement d'une centrale nucléaire doivent être contrôlés et surveillés étroitement par les organismes nationaux de réglementation pour assurer la sûreté à chaque étape. Ces aspects comprennent la conception, la construction, la mise en service, l'utilisation à l'essai, l'exploitation commerciale, la réparation et la maintenance, la modernisation, les doses de rayonnements aux travailleurs et, enfin, le déclassement.

Les exploitants et les organismes de réglementation des centrales nucléaires sont parvenus à un bilan de sûreté impressionnant en faisant de la sûreté leur principale priorité. Mais comment cette sûreté est-elle assurée dans la pratique ? Quels sont les principes directeurs qui guident l'action des spécialistes de la sûreté nucléaire ? Quel est le cadre réglementaire de référence des exploitants des centrales nucléaires ? Et quel rôle peuvent jouer les organisations internationales comme l'AIEA ?

## Fondements de la sûreté

### *La défense en profondeur*

Les mesures de sûreté nucléaire sont conçues et mises en œuvre pour protéger les travailleurs, l'environnement et la population dans son ensemble. Le principe fondamental de la sûreté des installations nucléaires est le concept de la **défense en profondeur**, caractérisé par la mise en place d'une protection à niveaux multiples.

Les diverses activités de la centrale, qu'elles soient d'ordre organisationnel ou comportemental ou concernent la concep-

tion du matériel, sont toutes couvertes par différents niveaux de mesures de sûreté qui se recoupent partiellement. De la sorte, toute insuffisance ou défaillance à un niveau donné peut être compensée ou corrigée à un autre niveau.

### *Responsabilités en matière de réglementation*

Tout pays qui exploite des installations nucléaires doit établir un cadre juridique pour réglementer l'utilisation de la technologie nucléaire. Celui-ci couvre la centrale et le matériel, les matières et le personnel. Par ailleurs, les responsabilités en matière de sûreté nucléaire sont clairement définies dans de nombreux domaines comme la production d'électricité, la médecine et la recherche.

Le gouvernement est chargé de l'adoption de la législation nécessaire. Dans le cadre de cette législation, la sûreté nucléaire relève essentiellement de la responsabilité de l'organisme exploitant, qui peut être une société de production d'électricité ou un institut de recherche. Cette législation crée en outre un organisme de réglementation chargé de l'inspection et de la mise en application des prescriptions juridiques établies au plan national.

### *Communication avec le public*

L'organisme de réglementation et l'organisme exploitant ont la responsabilité d'informer le public de manière transparente sur tout ce qui touche la sûreté de la centrale. L'organisme de réglementation est indépendant de l'organisme exploitant et, à ce titre, considéré comme une source fiable d'informations impartiales et factuelles. Les organismes de réglementation de par le monde utilisent l'Échelle internationale des événements nucléaires (INES) de l'AIEA pour informer clairement les médias et le public de la portée des problèmes survenant dans les installations nucléaires.

### *Convention internationale*

Une étape importante dans le contrôle international de la sûreté nucléaire a été franchie en 1994 avec l'adoption de la Convention sur la sûreté nucléaire de l'AIEA, premier instrument juridique international jamais élaboré spécifiquement sur la sûreté des installations nucléaires. De nature essentielle-

ment incitative, cette convention n'est pas destinée à vérifier le respect des obligations par le biais de contrôles et de sanctions. Elle est basée sur une détermination commune à définir, appuyer et atteindre un haut niveau de sûreté grâce à des réunions régulières des parties.

Cette convention fait obligation aux parties d'élaborer des rapports sur la mise en œuvre de leurs engagements et de soumettre ces documents pour des « examens par des confrères » à effectuer par tous les pays dans le cadre des réunions des parties contractantes tenues tous les trois ans.

### **Normes de sûreté nucléaire de l'AIEA**

C'est à l'AIEA que l'on doit la première série de publications exhaustives, non nationales sur les normes de sûreté pour les centrales nucléaires. Une version révisée de ces normes est en préparation et devrait refléter les tendances et les problèmes actuels de l'industrie nucléaire comme la déréglementation, la compétitivité, le vieillissement des centrales et les pertes potentielles de connaissances. Le renforcement de ces normes se reflète déjà dans les principes directeurs, les séminaires, les ateliers, les cours et les projets de l'AIEA mis en place conformément au plan de travail de l'Agence.

## **Sûreté au stade de la conception**

### **Concepts de sûreté**

Lors de la phase de conception d'une installation nucléaire, une analyse de la sûreté est effectuée sur toute une série de situations — exploitation normale, incidents de fonctionnement prévus et accidents possibles. L'examen détaillé de toutes ces situations permet de déterminer la robustesse de la conception technique et l'efficacité des systèmes de sûreté.

Une centrale nucléaire de conception sûre est une centrale qui assure en permanence les fonctions suivantes, même en cas d'accident :

- le contrôle de la réaction nucléaire en chaîne dans le cœur du réacteur,
- l'évacuation de la chaleur du cœur du réacteur,
- le confinement des matières radioactives.

Tous les scénarios d'accident possibles doivent être pris en compte dès les premiers stades du processus de conception.

### **Principes de conception**

Le document n° 110 de la collection Sécurité de l'AIEA consacré à la sûreté des installations nucléaires spécifie les principes de conception suivants :

- La conception doit permettre une exploitation fiable, stable et facilement maîtrisable de l'installation nucléaire. Son objectif principal doit être la prévention des accidents.
- La conception doit reposer sur une application appropriée des principes de la défense en profondeur afin qu'il y ait plusieurs niveaux de protection et des barrières multiples pour prévenir des rejets de matières radioactives et réduire à un niveau très faible la probabilité que des

défaillances ou des ensembles de défaillances aient de graves conséquences radiologiques.

- Les technologies utilisées pour la conception doivent avoir été éprouvées ou validées par l'expérience ou les essais, ou les deux.
- L'interface homme-machine et les facteurs humains doivent être pris en compte à tous les stades de la conception et pendant la mise au point des principes de fonctionnement.
- L'exposition du personnel du site aux rayonnements et les rejets de matières radioactives dans l'environnement doivent être aussi faibles que raisonnablement possible.
- Une évaluation approfondie de la sûreté et une vérification indépendante doivent être effectuées pour confirmer que la conception répondra aux objectifs et aux normes de sûreté, avant que l'organisme exploitant n'achève le document technique pertinent destiné à l'organisme de réglementation.

### **Facteurs humains**

Il y a des risques élevés d'erreur lorsqu'on travaille avec des systèmes complexes composés de sous-systèmes liés produisant un grand nombre de données. Une conception sûre est une conception qui facilite la tâche des opérateurs et peut s'accommoder de l'erreur humaine. Des barrières physiques ou administratives sont utilisées pour prévenir l'erreur humaine ou limiter ses effets. À l'interface de l'utilisateur (où il y a des risques d'erreur relativement élevés), l'information doit être fournie à l'opérateur d'une manière maîtrisable, avec suffisamment de temps pour la prise de décision et l'action.

Une conception sûre doit aussi viser à faciliter les actions appropriées de l'opérateur en tenant dûment compte du temps disponible, de la pression psychologique liée à la situation, et de l'environnement physique. Il faut réduire au maximum la nécessité pour l'opérateur d'intervenir à bref délai. Lorsqu'une action immédiate est nécessaire, elle doit être déclenchée automatiquement. Si l'intervention doit être manuelle, le matériel nécessaire doit être placé dans un endroit accessible compte tenu des conditions ambiantes prévues.

## **Sûreté au stade de la conception**

La sûreté dépend de la qualité de la conception, ainsi que de la fabrication et de la construction. Cependant, la responsabilité ultime en ce qui concerne la sûreté d'exploitation incombe à l'organisme exploitant. Au cours de la phase d'exploitation de la vie d'une centrale, le personnel chargé de l'exploitation de la centrale partage cette responsabilité. La sûreté d'exploitation dépend des facteurs suivants :

- Les capacités et les compétences du personnel chargé de tous les aspects de l'exploitation de la centrale, son attitude vis-à-vis de ses responsabilités et sa méthode de travail.
- Les activités et les dispositifs d'aide aux opérateurs à l'interface homme-système, et les systèmes de gestion locale qui aident les opérateurs à faire leur travail, notamment les politiques et procédures, l'environnement de travail,

la formation, les méthodes de communication, la supervision, les pratiques de travail et les méthodes de gestion.

## **Culture de sûreté**

On considère qu'une centrale a une solide culture de sûreté lorsque les caractéristiques de l'organisme exploitant et les attitudes des opérateurs visent à promouvoir la protection et la sûreté. La gestion de la sûreté et la culture de sûreté sont liées et inséparables l'une de l'autre. La sûreté est la résultante de tous les actes posés ou non par la direction. Une gestion efficace de la sûreté passe par l'adoption d'une approche systématique. Dans le même temps, il ne faudra pas perdre de vue l'élément humain et les risques d'erreur humaine, deux facteurs à prendre en compte. Les responsables doivent savoir comment leur stratégie influe sur le comportement individuel et collectif.

## **Amélioration de la sûreté d'exploitation**

Deux facteurs, à savoir l'excellence dans l'exploitation de la centrale nucléaire et la fermeté en ce qui concerne la sûreté, conduisent à une solide performance économique dans la production d'électricité d'origine nucléaire. Ces dernières années, des progrès notables ont été réalisés en termes de performance de sûreté et d'accroissement de la production.

Ces progrès sont confirmés par les organismes internationaux chargés d'évaluer la performance des centrales. Les « indicateurs de performance », ces données statistiques rassemblées par l'Union mondiale des exploitants nucléaires (UMEN), se sont continuellement améliorés. L'expérience tirée de l'utilisation de l'Échelle internationale des événements nucléaires (INES) — qui mesure la gravité des problèmes des centrales, fait clairement ressortir une diminution du nombre des événements les plus graves.

## **Gestion du risque**

### **Évaluation et gestion du risque**

Les scénarios de séquences accidentelles possibles dans une centrale nucléaire sont présentés et analysés dans le cadre d'un processus appelé étude probabiliste de sûreté (EPS). La plupart des centrales nucléaires du monde ont été soumises à des EPS. Ces études produisent des estimations probabilistes du risque à partir de modèles de fiabilité exhaustifs et structurés. L'EPS est donc un puissant outil d'évaluation des risques inhérents à une centrale donnée.

Il y a un accord général dans le domaine nucléaire sur le fait que l'EPS doit être une évaluation dynamique de la sûreté. Cela signifie qu'elle doit être mise à jour aussi souvent que nécessaire pour refléter les caractéristiques de conception et d'exploitation du moment, et être utilisée aussi bien par les concepteurs que par les compagnies d'électricité et les organismes de réglementation. Un nombre croissant de centrales utilisent les EPS pour surveiller les facteurs de sûreté/risque, hiérarchiser les priorités en ce qui concerne les améliorations de la sûreté, et optimiser la sûreté d'exploitation.

### **Objectifs de sûreté**

Le Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG), qui conseille le Directeur général de l'AIEA

en matière de sûreté nucléaire, a recommandé dans ce domaine des objectifs probabilistes représentant un niveau acceptable de risque pour différentes situations d'accidents hypothétiques. Ces objectifs sont des valeurs numériques connues sous le nom de critères probabilistes de sûreté. Les organismes nationaux de réglementation pourraient exiger que les risques soient plus faibles que les niveaux recommandés sur le plan international. Les objectifs couvrent les hypothétiques fréquences de dommages au cœur du réacteur, un important rejet de matières radioactives et les effets sanitaires sur des personnes du public.

En ce qui concerne la fréquence des **dommages au cœur** du réacteur, c'est-à-dire la mesure la plus fréquente du risque pour la plupart des centrales nucléaires, l'INSAG recommande des niveaux d'un pour 10 000 par an pour les centrales existantes et d'un pour 100 000 par an pour les centrales futures.

Un **rejet important de matières radioactives** aurait des conséquences graves pour le public et nécessiterait la mise en œuvre de mesures d'urgence hors site. L'INSAG préconise dans ce domaine des niveaux d'un pour 100 000 par an pour les centrales existantes et d'un pour 1 000 000 pour les centrales futures.

En ce qui concerne les **effets sanitaires sur des personnes du public**, l'INSAG ne recommande aucun objectif précis. Toutefois, dans certains pays, l'objectif en ce qui concerne le risque de décès individuel est fixé à un pour 1 000 000 par an.

## **Contrôle réglementaire et efficacité de l'organisme de réglementation**

### **Infrastructures de base**

La réglementation de la sûreté repose sur des infrastructures gouvernementales et juridiques de base. Celles-ci doivent couvrir, non seulement l'exploitation du réacteur, mais aussi la sûreté radiologique, la gestion des déchets radioactifs et le transport des matières nucléaires. Les orientations fournies dans ce domaine concernent la création d'un cadre juridique pour la mise en place d'un organisme de réglementation nucléaire. Elles déterminent en outre le niveau du pouvoir qui doit être attribué à cet organisme pour lui permettre de fonctionner correctement et de s'acquitter de ses responsabilités.

Une fonction essentielle de cet organisme est d'autoriser les activités des utilisateurs de l'énergie nucléaire. Pour ce faire, il devra d'abord disposer des principes et des critères de sûreté qu'il utilisera comme bases pour prendre ses décisions. Ce n'est qu'une fois cette condition remplie qu'il sera véritablement à même d'accorder les permissions requises pour les différentes activités à mener.

Une autre fonction essentielle de l'organisme de réglementation est le travail d'inspection pour déterminer si les titulaires ou les demandeurs de licence remplissent les conditions requises. En cas de non-respect des prescriptions, l'organisme de réglementation a le pouvoir de faire respecter les conditions d'autorisation. Ainsi, il pourrait refuser de renouveler une licence d'exploitation d'une centrale si certaines conditions importantes ne sont pas remplies.

## Rôle de l'AIEA

Deux attributions liées à la sûreté ont été définies pour l'AIEA dans son Statut (alinéa A.6 de l'article III), à savoir :

- Établir des normes de sûreté destinées à protéger la santé contre les effets des rayonnements, et
- Prendre des dispositions pour appliquer ces normes à la demande des États Membres.

L'AIEA déploie des efforts considérables pour promouvoir les activités de sûreté nucléaire dans le monde. Ceux-ci visent à :

- faciliter l'élaboration d'accords juridiques internationaux ;
- élaborer des normes de sûreté reflétant le consensus international ;
- offrir des services internationaux d'experts pour l'examen de la sûreté et la formation ;
- promouvoir la recherche scientifique, la coopération technique et l'échange d'informations.

L'AIEA a élaboré une gamme complète de normes de sûreté dans les domaines de l'énergie d'origine nucléaire, de la protection radiologique, de la gestion des déchets radioactifs et du transport des matières radioactives. Ces activités ont parfois été menées conjointement avec d'autres organisations internationales. Ces normes sont mises à jour de temps en temps pour fournir des orientations sur les méthodes les plus récentes en vue de garantir un niveau élevé de sûreté.

Pour permettre l'application de ses normes de sûreté, l'AIEA met, sur demande, des services d'examen et de consultation pour les centrales nucléaires et les réacteurs de recherche à la disposition des parties intéressées. Les missions d'examen par des pairs, qui sont confiées à des experts internationaux, constituent un élément central de ces services. Ceux-ci fournissent des conseils indépendants basés non seulement sur les normes de sûreté de l'AIEA et les pratiques optimales internationales dans les domaines de la législation et de l'infrastructure gouvernementale, de la conception et de l'exploitation des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche, mais aussi sur diverses études de sûreté. L'AIEA conduit chaque année une cinquantaine de missions d'examen de la sûreté sur divers aspects de la sûreté des installations nucléaires.



Pour tout renseignement supplémentaire, s'adresser au :

Département de la sûreté nucléaire  
Division de la sûreté des installations nucléaires  
Bureau B-0825  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Wagramer Strasse 5, B.P. 100  
A-1400 Vienne (Autriche)  
Tél. : +43-1-2600-22520

Site Internet :

<http://www.iaea.org/programmes/nafa/dx/index.html>

Brochures d'information  
de l'Agence internationale de l'énergie atomique  
Division de l'information  
02-02468 / FS Series 2/06/F

## L'énergie nucléaire aujourd'hui

### Introduction

**L'énergie nucléaire peut-elle contribuer au développement durable ?**

**L'énergie nucléaire est-elle sûre ?**

**Quelle est la meilleure solution pour gérer les déchets radioactifs ?**

**Quel avenir pour le nucléaire ?**

**Pour plus d'informations**

### Introduction

L'énergie nucléaire est utilisée depuis plus d'une cinquantaine d'années pour produire de l'électricité. Elle assure aujourd'hui près de 17 % de la production électrique dans le monde et 23 % dans les pays de l'OCDE.

La crise du pétrole au début des années 70 a stimulé les commandes et la construction de centrales nucléaires. Ensuite, lorsque les cours du pétrole se sont stabilisés, voire affaiblis, et que les mises en service de centrales électriques ont permis de satisfaire la demande, les commandes se sont raréfiées. Avec les accidents de Three Mile Island aux États-Unis (1979) et de Tchernobyl en Ukraine (1986), le public a commencé à s'interroger sur la sûreté nucléaire.

Aujourd'hui l'énergie nucléaire est de nouveau sur le devant de la scène car de nombreux pays, qui ont pris conscience des risques d'une dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles et du vieillissement de leur outils de production d'électricité, réévaluent leurs politiques énergétiques. Le pétrole, le charbon et le gaz assurent plus des deux tiers de la production d'énergie et d'électricité dans le monde, mais ils sont aussi à l'origine des gaz à effet de serre jugés principaux responsables du réchauffement climatique. Parallèlement, la progression rapide de la demande d'énergie prévue dans les cinquante prochaines années constituera un véritable défi pour les sociétés du monde entier qui devront trouver comment produire l'énergie nécessaire à la croissance économique et au développement social sans dégrader l'environnement. Les récentes flambées des cours du pétrole, les coupures de courant en Amérique du Nord et en Europe et les dérèglements climatiques ont aussi attiré l'attention sur des questions telles que la stabilité des prix à long terme, la sécurité d'approvisionnement en énergie et le développement durable.

Depuis plus de quarante ans, l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) réunit des spécialistes de toutes disciplines pour mener des analyses scientifiques et techniques sur lesquelles les décideurs puissent s'appuyer pour définir leurs politiques nucléaires et énergétiques.

Cette Synthèse dresse un bilan de la situation actuelle de l'énergie nucléaire, de ses perspectives et des principaux enjeux pour les gouvernements. ■

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) est une institution semi-autonome, au sein de l'OCDE, qui compte 28 pays membres. Elle a pour mission d'aider ses membres à préserver et à approfondir, par la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques. Elle produit des analyses faisant autorité et favorise le consensus sur des questions importantes afin d'éclairer les décisions des pouvoirs publics sur la politique nucléaire et d'enrichir les analyses de l'OCDE concernant la politique à mener dans les domaines de l'énergie et du développement durable. L'AEN est un instrument international objectif et impartial de coopération au service d'une exploitation sûre et rentable de l'énergie nucléaire. ■

### L'énergie nucléaire peut-elle contribuer au développement durable?

Les services énergétiques sont vitaux pour le développement et la prospérité économiques. Néanmoins, au fur et à mesure de l'augmentation de la consommation d'énergie, les objectifs du développement durable imposent d'en maîtriser, limiter ou atténuer les effets sur la santé et l'environnement. Progressivement, on s'accorde pour dire que les techniques actuelles de production d'énergie ne sont pas durables, soit parce que les réserves s'épuisent soit parce que ces techniques produisent des gaz à effet de serre. À cet égard, l'énergie nucléaire présente des avantages certains puisqu'elle produit de la chaleur et de l'électricité sans émettre au niveau de la centrale électrique de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et que le combustible ne risque pas de s'épuiser.

Il est couramment admis que le développement durable comporte trois dimensions : économique, environnementale et sociale.

Sur le front de l'économie, la possibilité d'assurer une fourniture d'électricité fiable à bas prix est un facteur de développement durable important. Hors coûts de la construction, une centrale nucléaire produit une électricité souvent meilleur marché que les autres modes de production. Ce type de centrale a en effet une longue durée de vie et de faibles coûts d'exploitation et de maintenance. Cependant, la construction, le respect de la réglementation, le démantèlement de l'installation à la fin de sa durée de vie utile et le stockage à long terme des déchets radioactifs coûtent plus chers que pour les autres technologies. Malgré tout, la production électronucléaire peut, dans une majorité de pays, concurrencer les autres techniques. En outre, l'apparition de nouvelles filières plus rentables, l'amélioration des méthodes de construction et la construction en série des tranches devraient faire baisser les coûts d'investissement.

Dans le cas des centrales au gaz naturel ou au charbon, l'investissement initial est moindre, mais les coûts des combustibles sont plus élevés et fluctuent de manière imprévisible. Les sources d'énergie renouvelables telles que le vent ou l'énergie hydraulique partagent avec l'énergie nucléaire des coûts d'investissement élevés et de faibles coûts de production par unité d'électricité produite. Mais ces énergies renouvelables ne sont pour le moment exploitées qu'à échelle réduite pour assurer une fourniture intermittente ; elles ne sont pas utilisées en base.

L'exploitation des combustibles fossiles intègre d'ores et déjà une partie du coût de la réduction des rejets dans l'atmosphère et dans l'eau. Malgré cela, une forte proportion des déchets partent dans l'atmosphère entraînant, pour la collectivité, des coûts qui ne transparaissent pas dans le prix de l'électricité.

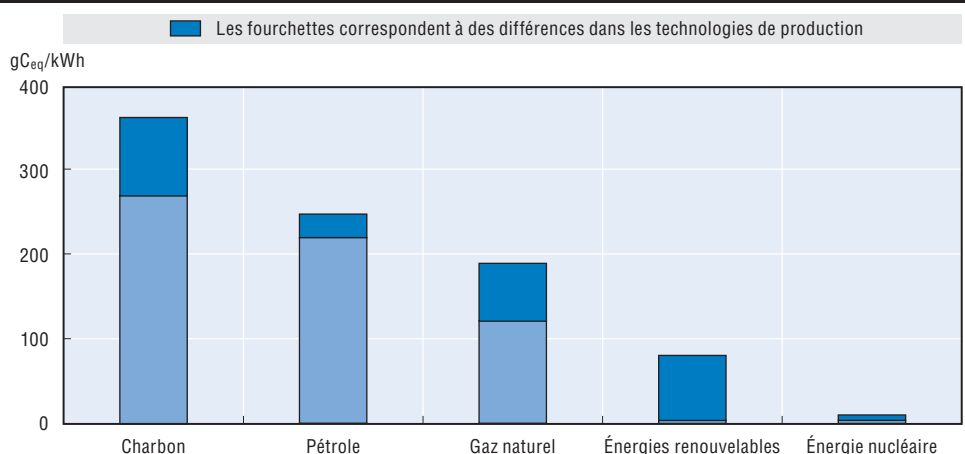
Dans le cas du nucléaire, par contre, les coûts de stockage des déchets de haute activité et de démantèlement des installations sont déjà inclus dans le prix demandé au consommateur. De fait, la compétitivité de l'énergie nucléaire serait nettement supérieure si, par exemple, une taxe sur le carbone était appliquée aux émissions de gaz à effet de serre.

Dans chaque pays, la dimension économique du développement durable est fortement liée à l'existence de ressources naturelles. Les pays du Moyen-Orient et la Fédération de Russie détiennent 70 % des réserves mondiales de pétrole et de gaz qui par ailleurs s'épuisent. Parallèlement, les pays de l'OCDE produisent près de 55 % de l'uranium utilisé dans le monde et possèdent 40 % des ressources estimées, c'est-à-dire des ressources qui, au rythme actuel de la consommation, devraient suffire à la production d'énergie pendant une centaine d'années, quand bien même le retraitement et le recyclage des matières utilisables seraient exclus et sans tenir compte des ressources supplémentaires qui pourraient être découvertes. Les coûts du combustible des réacteurs nucléaires en service aujourd'hui ne représentent que 20 % du coût total de l'électricité produite. Un doublement du prix de l'uranium entrant dans la fabrication du combustible aurait un effet minime sur le prix de l'électricité produite. Par comparaison, le doublement du prix du gaz naturel pourrait faire bondir de quelques 70 % le prix de l'électricité sortant des centrales au gaz.

Au chapitre de l'environnement, il faut rappeler que l'énergie nucléaire est l'une des rares sources d'énergie qui n'émettent pour ainsi dire pas de gaz à effet de serre. Les objectifs d'émission fixés dans le Protocole de Kyoto imposent aux pays de l'OCDE de diminuer de 700 millions de tonnes d'ici 2012 le montant de leurs émissions totales annuelles d'équivalent de dioxyde de carbone par rapport aux niveaux de 1990. Sans l'énergie nucléaire pour produire l'énergie nécessaire, les centrales des pays de l'OCDE émettraient un tiers de plus de dioxyde de carbone qu'actuellement. Grâce aux centrales nucléaires, ce sont 1 200 millions de tonnes de dioxyde de carbone qui ne sont pas rejetées chaque année, soit environ 10 % des émissions totales de CO<sub>2</sub> imputables à la consommation d'énergie dans les pays de l'OCDE. Les sources d'énergie non polluantes, telles que l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables seront essentielles pour la réduction des émissions.

Pour que l'énergie nucléaire contribue de manière déterminante à la lutte contre le réchauffement climatique, il faudra développer la puissance nucléaire installée dans de fortes proportions. Avec les techniques actuelles,

**Figure 1 :**  
**ÉMISSIONS DE GAZ**  
**À EFFET DE SERRE**  
**IMPUTABLES**  
**À LA PRODUCTION**  
**D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR**  
**DE DIFFÉRENTES SOURCES**



Source : OCDE/AEN (2001), AEN Infos 2001 – n° 19.1.



cette expansion s'accompagnerait d'une augmentation proportionnelle de la production de déchets nucléaires. Pour que l'énergie nucléaire demeure une option efficiente et acceptable par la société, la technologie de réacteurs avancés et le recyclage du combustible, susceptibles de limiter cet accroissement et d'offrir des avantages en matière d'économie, de sûreté et de non-prolifération, pourraient être très utiles.

Au chapitre social, les mesures destinées à préserver et à améliorer l'infrastructure technique et intellectuelle indispensable à l'exploitation de l'énergie nucléaire ont de nombreuses retombées positives sur la société. Ainsi, par le passé, l'énergie nucléaire a contribué de manière décisive au développement de matériaux, techniques et compétences, dont ont, à leur tour, bénéficié d'autres secteurs comme la médecine, l'industrie, la santé publique et l'agriculture et, par ricochet, la société dans son ensemble.

Il faut être conscient que les technologies de l'énergie suscitent fréquemment l'inquiétude quand elles ne sont pas sources de conflit. L'histoire du charbon est jalonnée d'affrontements, voire de conflits sociaux. À l'échelle internationale, il en va de même du pétrole. Certains redoutent que la multiplication des éoliennes dépare le paysage, crée une pollution sonore et menace l'avifaune. L'hydraulique pose des problèmes environnementaux et sociaux particuliers. Dans le cas de l'énergie nucléaire, l'inquiétude s'est cristallisée sur la sûreté, la prolifération nucléaire et le stockage des déchets. ■

### L'énergie nucléaire est-elle sûre ?

À en juger par le nombre d'accidents du travail, l'industrie nucléaire obtient l'un des meilleurs palmarès de sécurité. En 2003, par exemple, la fréquence des accidents du travail avec arrêt était de 0.28 accidents pour 100 travailleurs à plein-temps, un chiffre à comparer à la moyenne pour les États-Unis qui est de 2.6 pour 100 travailleurs à plein-temps en 2003.

Cependant, un accident dans une centrale nucléaire peut provoquer davantage de dégâts que les accidents frappant d'autres installations industrielles, à cause de la quantité de radioactivité produite par la fission. C'est pourquoi l'exploitation de l'énergie nucléaire a toujours été subordonnée à l'obtention de niveaux de sûreté extrêmement élevés.

La sûreté nucléaire repose sur la capacité des systèmes et du personnel de l'installation à éviter les accidents et, au cas où il s'en produirait un, d'en limiter le plus possible les conséquences. La mise en œuvre de la « défense en profondeur », qui s'appuie sur des facteurs complémentaires et redondants, est un moyen d'y parvenir. Les défenses en question sont, entre autres, le soin apporté au choix du site, la robustesse de la conception et la qualité de la construction, la multiplication des niveaux de protection, les mesures de prévention des pannes et l'existence d'une enceinte de confinement appropriée, le fait d'encourager chez le personnel le développement d'une culture de sûreté et les contrôles par une autorité de sûreté indépendante.

La responsabilité de la sûreté nucléaire est avant tout nationale, ce qui revient à dire que tout pays est responsable de la sûreté des centrales nucléaires construites sur son territoire. Toutefois, la coopération internationale, dans le cadre d'organisations telles que l'AEN et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) contribue largement à l'élaboration des concepts pertinents et à la diffusion des bonnes pratiques. Par exemple, la Convention sur la sûreté nucléaire signée sous les auspices de l'AIEA par tous les États exploitant des centrales nucléaires définit, pour les aspects fondamentaux de la sûreté nucléaire, des principes et obligations reconnus à l'échelle internationale.

Quel que soit le palmarès de sûreté des activités en rapport avec des rayonnements ionisants, des accidents avec exposition des travailleurs et du public ne sont pas exclus, et peuvent même, comme à Tchernobyl, avoir des conséquences par delà les frontières. C'est pourquoi la communauté internationale a mis soigneusement au point des programmes et méthodes de préparation aux situations d'urgence nucléaire et de gestion de crise de façon à limiter le plus possible les conséquences des accidents. Toutes les installations nucléaires du monde entier se sont dotées de ce type de dispositif en concertation avec les autorités locales et nationales. Aux niveaux national et international, des exercices de crise sont organisés régulièrement.

Il ne faut pas confondre sûreté et sécurité nucléaire. En matière de sécurité les pays membres de l'OCDE ont toujours pris très au sérieux la protection physique des matières et installations nucléaires, y compris contre d'éventuels actes de malveillance et ils se sont engagés dans des programmes de grande ampleur afin de renforcer cette protection. Depuis le 11 septembre 2001, des études ont été entreprises pour vérifier que les installations nucléaires présentent toutes les garanties de sécurité et que les dispositifs de garantie sont en place. Éviter la prolifération des armes nucléaires reste également une priorité, dont la mise en œuvre repose notamment par l'intermédiaire du système des garanties et des vérifications de l'AIEA. ■

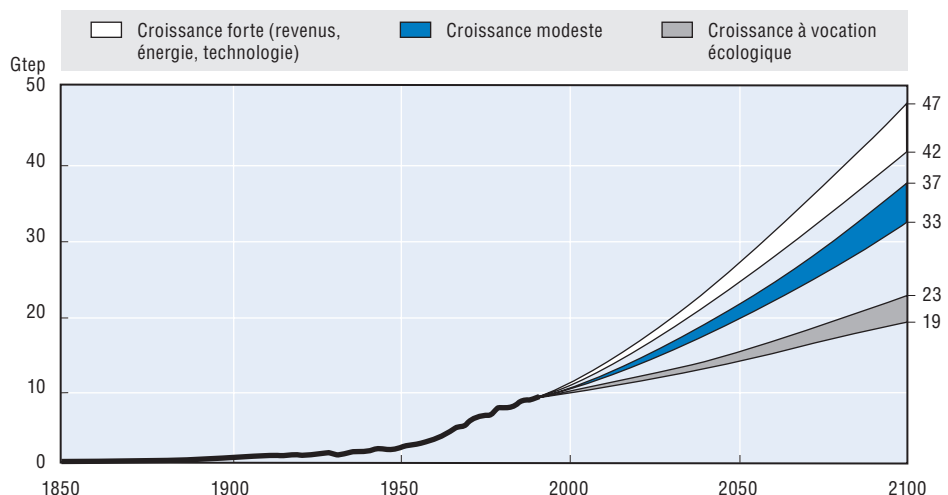
### Quelle est la meilleure solution pour gérer les déchets radioactifs ?

Il existe des procédés industriels et des techniques médicales qui produisent des déchets radioactifs, tels accélérateurs de particules notamment, mais la production électronucléaire reste la principale source de déchets, en termes de volume comme la période radioactive.

Une centrale type de 1 000 MWe produit chaque année environ 300 mètres cubes de déchets de faible et de moyenne activité et à peu près 30 tonnes de déchets de haute activité solides emballés. Les centrales nucléaires dans le monde produisent tous les ans près de 200 000 mètres cubes de déchets de faible et moyenne activité et 10 000 mètres cubes de déchets de haute activité, si l'on considère le combustible irradié comme déchet. À titre de comparaison, les membres de l'Union européenne, avant son élargissement, produisaient à eux seuls, 10 millions de mètres cubes de déchets industriels toxiques chaque année.

Le stockage des déchets de faible activité et de la plupart des déchets de moyenne activité est une pratique bien établie et certains sites sont déjà

**Figure 2 :**  
**SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE À L'HORIZON 2100**



Source : OCDE/AEN (2003), *L'énergie nucléaire aujourd'hui*.

pleins et fermés. Par contre, pour le stockage à long terme des déchets de haute activité à vie longue et du combustible irradié, la recherche de solutions s'est révélée plus ardue.

Le combustible irradié doit être isolé de l'environnement humain sur de longues périodes, pendant lesquelles sa radioactivité diminue. La solution que l'on privilégie aujourd'hui pour le stockage définitif des déchets de haute activité consiste à les placer dans des dépôts souterrains profonds. En général, le processus de stockage géologique consiste, dans un premier temps, à traiter les déchets pour leur donner une forme physique et chimique adaptée, puis à les installer, une fois conditionnés, à l'intérieur de barrières ouvragées souterraines prévues pour durer longtemps et enfin à sceller ces installations. Dans les sites en profondeur, les conditions restent stables sur les longues périodes nécessaires pour que la radioactivité atteigne un niveau suffisamment faible.

La communauté scientifique et technique est convaincue du bien-fondé éthique et écologique du confinement de ces déchets fortement radioactifs dans des dépôts géologiques. Pourtant, à l'exception des États-Unis et de la Finlande, les pays de l'OCDE n'ont pas encore décidé du lieu où ils installeraient leurs dépôts de déchets de haute activité.

Sachant que l'on doit confiner sur de longues périodes des volumes de déchets relativement peu importants, qu'il s'agisse des déchets de haute activité ou des déchets de faible activité, la centralisation de l'entreposage et du stockage paraît souhaitable, un choix qui exigera de transporter les déchets sur les sites choisis. Les dépôts sont également la destination finale du combustible irradié, après une phase initiale d'entreposage et de refroidissement.

Les matières radioactives, y compris celles utilisées pour des applications industrielles et médicales, doivent aussi être transportées du fournisseur chez l'utilisateur final. Toutes ces opérations de transport doivent respecter les normes de sûreté nationales et internationales pertinentes. Chaque année des substances et déchets radioactifs de toutes sortes sont expédiés. Les accidents sont extrêmement rares. Depuis 1971, on a dénombré 20 000 cargaisons de combustible irradié et de déchets de haute activité par trains, camions ou navires qui ont parcouru au total plus de 30 millions de kilomètres. Jamais aucun incident n'a provoqué la rupture du conteneur ni libéré de la radioactivité dans l'environnement. ■

## Quel avenir pour le nucléaire ?

La croissance de la demande mondiale d'énergie appelle des décisions concernant la construction ou non de centrales nucléaires. La conception des réacteurs évolue. Si le nucléaire est une technologie parvenue à maturité, il reste toujours des possibilités d'améliorations techniques et économiques. Les recherches concernent aujourd'hui les réacteurs à métal liquide, à haute température, ou consommant du thorium, mais aussi des techniques perfectionnées de recyclage permettant de valoriser davantage les ressources en uranium et en plutonium. Ces technologies avancées laissent augurer d'importants progrès de la durabilité de l'énergie nucléaire. Les dix pays qui ont lancé avec Euratom le Forum international Génération IV se proposent de concevoir un ou plusieurs systèmes nucléaires présentant des avantages sur les plans de l'économie, de la sûreté et de la durabilité et dont le déploiement industriel serait envisageable d'ici 2020-2030. L'AEN assure le secrétariat technique du Forum international Génération IV.

Jusqu'à présent, l'énergie nucléaire a servi presque exclusivement à produire de l'électricité, mais elle a d'autres applications possibles. De vastes recherches ont été entreprises afin d'étudier les possibilités de remplacer les hydrocarbures

par de l'hydrogène pour la propulsion des véhicules. Si l'on y parvient, cela signifie que la demande d'hydrogène augmentera de manière spectaculaire. Or, pour produire de l'hydrogène, on utilise aujourd'hui du gaz naturel qui rejette du carbone. Des méthodes moins coûteuses pour produire de l'hydrogène directement à partir de l'eau sans passer par des hydrocarbures sont nécessaires. L'énergie nucléaire pourrait ainsi se révéler être une source « durable » majeure d'hydrogène. Plusieurs pays et diverses agences internationales, dont l'AEN, étudient les moyens d'utiliser l'énergie nucléaire pour produire de l'hydrogène. Parmi les autres applications de l'énergie nucléaire qui sont susceptibles de se développer on retiendra le dessalement de l'eau de mer et la production d'eau chaude et de vapeur pour les procédés industriels et le chauffage des locaux. Les isotopes radioactifs sont très largement employés en médecine, dans l'industrie, l'agriculture, l'agroalimentaire et la recherche. Jusqu'à présent ils étaient un sous-produit de la recherche, mais l'on commence à construire plusieurs réacteurs dédiés à la production d'isotopes.

L'énergie nucléaire se trouve à la croisée des chemins. Pour les décideurs, il s'agit de trouver des moyens de répondre à la demande d'énergie mondiale qui ne cesse de croître en préservant le plus possible l'environnement. Ce faisant, il leur faut tenir compte de l'attitude du public, des coûts et de la compétitivité des diverses sources d'énergie et des objectifs des politiques publiques, la sécurité d'approvisionnement et la non-prolifération notamment. La façon dont ils parviendront à concilier des facteurs parfois contradictoires déterminera finalement la place qui sera réservée à l'énergie nucléaire dans le monde. ■

### Pour plus d'informations

Pour plus d'informations sur cette Synthèse, veuillez prendre contact avec Karen Daifuku, Chef des relations extérieures et des relations publiques, Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire :

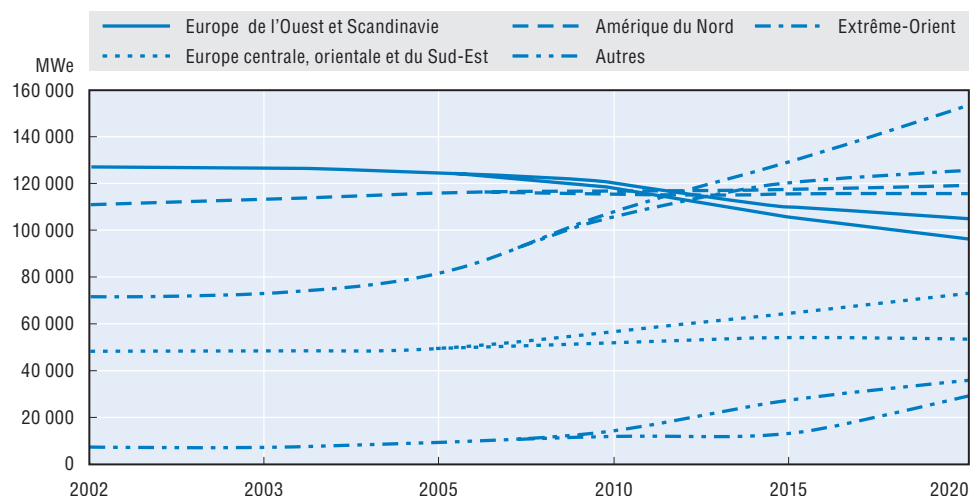
Tél. : +33 1 45 24 10 10

Fax : +33 1 45 24 11 10

e-mail : daifuku@nea.fr

Figure 3 :

**PROJECTIONS DE LA PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE JUSQU'EN 2020 (PROJECTIONS HAUTES ET BASSES)**



Source : OCDE/AEN (2004), Uranium 2003 : Ressources, production et demande.

## Références

**Coûts prévisionnels de production de l'électricité : Mise à jour 2005**,  
ISBN 92-64-00828-4, 70 €, 250 p.

**Gouvernement et énergie nucléaire** (2004), ISBN 92-64-01539-6, 21 €, 107 p.

**Données sur l'énergie nucléaire** (2004), ISBN 92-64-01632-5, 21 €, 102 p.

**L'énergie nucléaire aujourd'hui** (2003), ISBN 92-64-10329-5, 21 €, 120 p.

---

Les publications de l'OCDE sont en vente sur notre librairie en ligne :  
[www.oecd.org/bookshop](http://www.oecd.org/bookshop)

Les publications et les bases de données statistiques de l'OCDE sont aussi disponibles  
sur notre bibliothèque en ligne : [www.SourceOCDE.org](http://www.SourceOCDE.org)

---

## Où nous contacter ?

### SIÈGE DE L'OCDE DE PARIS

2, rue André-Pascal  
75775 PARIS Cedex 16  
Tél. : (33) 01 45 24 81 67  
Fax : (33) 01 45 24 19 50  
E-mail : [sales@oecd.org](mailto:sales@oecd.org)  
Internet : [www.oecd.org](http://www.oecd.org)

### ALLEMAGNE

**Centre de l'OCDE de Berlin**  
Schumannstrasse 10  
D-10117 BERLIN  
Tél. : (49-30) 288 8353  
Fax : (49-30) 288 83545  
E-mail :  
[berlin.contact@oecd.org](mailto:berlin.contact@oecd.org)  
Internet : [www.oecd.org/  
deutschland](http://www.oecd.org/deutschland)

### ÉTATS-UNIS

**Centre de l'OCDE  
de Washington**  
2001 L Street N.W., Suite 650  
WASHINGTON DC 20036-4922  
Tél. : (1-202) 785 6323  
Fax : (1-202) 785 0350  
E-mail : [washington.  
contact@oecd.org](mailto:washington.<br/>contact@oecd.org)  
Internet : [www.oecdwash.org](http://www.oecdwash.org)  
Toll free : (1-800) 456 6323

### JAPON

**Centre de l'OCDE de Tokyo**  
Nippon Press Center Bldg  
2-2-1 Uchisaiwaicho,  
Chiyoda-ku  
TOKYO 100-0011  
Tél. : (81-3) 5532 0021  
Fax : (81-3) 5532 0035  
E-mail : [center@oecdtokyo.org](mailto:center@oecdtokyo.org)  
Internet : [www.oecdtokyo.org](http://www.oecdtokyo.org)

### MEXIQUE

**Centre de l'OCDE du Mexique**  
Av. Presidente Mazaryk 526  
Colonia: Polanco  
C.P. 11560 MEXICO, D.F.  
Tél. : (00 52 55) 9138 6233  
Fax : (00 52 55) 5280 0480  
E-mail :  
[mexico.contact@oecd.org](mailto:mexico.contact@oecd.org)  
Internet : [www.rtn.net.mx/ocde](http://www.rtn.net.mx/ocde)

Les Synthèses de l'OCDE sont préparées par la Division des relations publiques de la Direction des relations publiques  
et de la communication. Elles sont publiées sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.



## L'énergie nucléaire aujourd'hui

ISBN 92-64-10329-5

Prix : € 21, US\$ 24, £ 14, ¥ 2 700.

L'énergie est le carburant de l'économie mondiale. Pour alimenter leur croissance, les pays développés comme les pays en développement en consomment toujours davantage. Comment concilier la demande d'énergie, la protection de notre environnement et la conservation des ressources naturelles ? Comment maîtriser la question énergétique à l'avenir et l'énergie nucléaire fait-elle partie de la solution ? Telles sont quelques-unes des questions auxquelles les principaux acteurs de notre société tentent de répondre aujourd'hui.

L'énergie nucléaire est une technologie complexe au passé controversé et qui suscite des interrogations. Dans le même temps, elle peut nous apporter des bienfaits considérables. Pour pouvoir apprécier les perspectives d'avenir de cette technologie, le public souhaite être éclairé sur toute une série de questions :

- Dans quelle mesure l'énergie nucléaire est-elle sûre ?
- L'énergie nucléaire est-elle compétitive sur le plan économique ?
- Quelle contribution l'énergie nucléaire peut-elle apporter pour atteindre les objectifs de réduction des gaz à effet de serre ?
- Que faire des déchets radioactifs ?
- Le recours à l'énergie nucléaire augmente-t-il le risque de prolifération des armes nucléaires ?
- Les ressources sont-elles suffisamment abondantes et sûres pour permettre une exploitation prolongée de l'énergie nucléaire ?
- L'énergie nucléaire pourra-t-elle être mieux maîtrisée demain qu'aujourd'hui ?

Cet ouvrage apporte des réponses factuelles et fondées à toutes ces questions. Conçu d'abord pour informer les responsables politiques, il intéressera aussi les dirigeants d'entreprise, les universitaires, les journalistes et le grand public.



### Bon de commande

Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, 12 boulevard des Îles, F-92130 Issy-les-Moulineaux, France  
 Tél. : +33 (0)1 45 24 10 15, Fax : +33 (0)1 45 24 11 10, Mél : neapub@nea.fr, Internet : www.nea.fr

ISBN	Titre	Devise	Prix	Qté	Montant
<b>TOTAL</b>					

- Paiement ci-joint (chèque ou mandat à l'ordre des Éditions de l'OCDE ).  
 Débitez ma carte de crédit  VISA  Mastercard  Eurocard  American Express.

N° de carte ..... Date d'expiration ..... Signature .....

Nom .....

Adresse .....

..... Pays .....

Téléphone ..... Fax .....

Mél .....



# Conférence ministérielle internationale « L'énergie nucléaire pour le 21<sup>ème</sup> siècle »

Paris, 21 et 22 mars 2005

---

## Programme provisoire

---

**Vendredi 18 mars**

14h00-16h00 Inscriptions.

**Lundi 21 mars**

08h00-09h30 Accueil des participants – Inscriptions - Café

09h30 – 10h30 **Séance d'ouverture**

- Allocution inaugurale du Président de la Conférence : M. Patrick Devedjian (Ministre délégué à l'Industrie).
- Allocution inaugurale de M. El Baradei, Directeur général de l'AIEA.
- Allocution inaugurale de M. D. Johnston, Secrétaire général de l'OCDE.

10h30 – 10h45 *Pause café*

10h45 – 12h30 **Présentations par pays [par les ministres]**  
« Les besoins énergétiques au 21<sup>ème</sup> siècle et les stratégies mises en œuvre par les pays pour les satisfaire ».

12h30 – 14h00 *Déjeuner buffet offert aux conférenciers.*

14h00 – 15h30 **Présentations par pays [par les ministres], suite.**

15h30 – 15h45 *Pause café.*

15h45 – 18h30 **Table ronde : Les besoins et ressources énergétiques mondiaux.**

---

*Scénarios de demande, évaluation des ressources.  
Changement climatique, stockage des déchets.  
Rôle de l'énergie nucléaire et questions environnementales.*

18h30                      *Cocktail.*

20h00                      *Dîner officiel des Chefs de délégation, offert par le ministre français chargé de l'industrie, M. Patrick Devedjian.*

## **Mardi 22 mars**

09h00 – 11h45            **Table ronde : Gouvernance, choix et stratégies de l'industrie nucléaire.**

*Facteurs économiques et technologiques.  
Objectifs de politique énergétique. Rôle des pouvoirs publics.  
Acceptation sociale.  
Non-prolifération et protection physique.  
Coopération internationale.*

11h45 – 12h00            *Pause café*

12h00 – 13h00            **Présentations par pays [par les ministres]**

*« Les besoins énergétiques au 21<sup>ème</sup> siècle et les stratégies mises en œuvre par les pays pour les satisfaire ».  
Réflexions sur la conférence et sur l'avenir.*

13h00 – 14h15            *Déjeuner buffet offert aux conférenciers.*

14h15 – 16h15            **Présentations par pays [par les ministres], suite.**

*« Les besoins énergétiques au 21ème siècle et les stratégies mises en œuvre par les pays pour les satisfaire ».  
Réflexions sur la conférence et sur l'avenir.*

16h15 – 16h30            **Conclusions [par le Président de la conférence]**

16h30 – 17h00            *Pause café*

17h00                      **Conférence de presse**  
*[par les organisateurs de la conférence : MINEFI, AIEA, OCDE et AEN].*



## PROJET

Aperçu de chaque table ronde et questions qui devraient y être abordées.

### **Table ronde n° 1 : Sujet n° 1 :**

#### ***Les ressources et les besoins énergétiques mondiaux.***

*Comment l'énergie nucléaire pourrait-elle répondre aux besoins énergétiques mondiaux du 21<sup>e</sup> siècle ?*

La consommation énergétique mondiale est en progression constante. Même si de nombreux pays parviennent à adopter des politiques d'économie d'énergie, la demande énergétique mondiale va continuer de croître considérablement avec l'accès des pays en développement à de meilleurs niveaux de vie. Les questions ayant trait à la disponibilité des ressources, au développement des technologies et à la mise en place d'un approvisionnement énergétique capable de répondre durablement à la demande internationale restent posées car elles dépendent de facteurs difficilement prévisibles. Ces facteurs se rapportent notamment au ralentissement possible, voire probable, de la croissance démographique, au taux de croissance économique des pays, à l'amélioration effective des niveaux de vie dans les pays en développement, aux coûts énergétiques futurs et à leurs répercussions sur la consommation, ainsi qu'à la disponibilité des ressources et à la mise au point de technologies d'exploitation de ressources alternatives, etc.

Sans trancher définitivement entre les analyses les plus optimistes et les plus pessimistes quant aux besoins énergétiques futurs à l'échelle mondiale et régionale, il est déjà établi, pour autant que cela soit prévisible, que la demande en énergie primaire augmentera de manière significative et ne pourra être satisfaite sur le long terme qu'en faisant appel à l'ensemble des ressources énergétiques existantes.

### **Sujet n° 2 :**

#### ***Les enjeux environnementaux du 21<sup>e</sup> siècle.***

*Comment l'énergie nucléaire pourrait-elle contribuer à la prévention du changement climatique ?*

*Comment gérer les déchets radioactifs ?*

Le monde du 21<sup>e</sup> siècle doit faire face à de nouveaux enjeux environnementaux, parmi lesquels figurent le risque majeur d'un changement climatique — dont l'étendue et les conséquences sont imprévisibles et irréversibles —, l'absence de sources d'énergie d'un coût abordable — qui est la cause de mauvaises conditions de vie, d'un manque d'hygiène et d'une insuffisance en eau potable et finalement, de problèmes sanitaires — et la nécessité de trouver des solutions pour traiter les déchets industriels et ménagers de manière sûre et durable.

Le développement de l'industrie nucléaire contribuera-t-il à résoudre ces problèmes ? Quels nouveaux défis environnementaux l'utilisation de l'énergie nucléaire posera-t-elle ? Les problèmes environnementaux potentiels soulevés par la gestion des déchets issus des programmes nucléaires doivent être mesurés à l'aune des avantages que procure l'énergie nucléaire, tels que la réduction des émissions de carbone et de la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles dans le domaine des transports. Ces questions méritent d'être abordées pour ouvrir le débat sur la manière

dont les pays, à leur échelle, et les organisations internationales peuvent apporter une réponse efficace à ces enjeux.

**Table ronde n° 2 : Sujet n°3 :**

**Choix stratégiques et facteurs structurants.**

*Economiques*

*Technologiques, notamment en matière de sûreté : systèmes actuels et systèmes innovants*

L'énergie nucléaire doit satisfaire à des exigences techniques et économiques. Cela implique des choix technologiques, notamment pour déterminer dans quelle mesure des avancées sont nécessaires et dans quelle mesure les technologies actuelles satisfont les besoins en matière de sûreté et de ressources. Comment le secteur nucléaire fera-t-il face à la diversité des conceptions au 21<sup>e</sup> siècle ?

Compte tenu de la nature capitalistique des programmes nucléaires, quelles sont les conditions économiques, technologiques et financières du développement des programmes nucléaires dans différents pays ?

**Sujet n° 4 :**

**Gouvernance.**

*Rôle des pouvoirs publics.*

*Non-prolifération et protection physique*

*Coopération internationale*

Le rôle des pouvoirs publics et des institutions internationales ainsi que leur évolution future peuvent être regroupés sous la notion de « gouvernance ». Il convient de l'examiner dans le cadre des questions fondamentales suivantes :

- Les institutions et les infrastructures nationales et internationales de gestion et de surveillance des installations nucléaires.
- Les mesures de protection et de sécurité contre la prolifération et le terrorisme
- Les procédures relatives à l'organisation du cycle du combustible, des responsabilités, du démantèlement et de la gestion des déchets
- L'industrie nucléaire et la société civile : démocratie et transparence en matière de choix énergétiques.