

Le nucléaire, un des atouts maîtres dans la nouvelle donne énergétique mondiale

ENJEUX D'AVENIR
DE L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE

La question énergétique est au cœur des défis d'un monde en profonde mutation : comment garantir l'accès durable à l'énergie pour tous à un prix raisonnable et dans le respect de l'environnement ? Sortie du cadre étroit de la discussion entre spécialistes, cette question occupe maintenant le devant de la scène politique et médiatique. Il n'y a évidemment pas une mais des réponses. La raréfaction et la hausse du coût des énergies fossiles, la nécessité de sécuriser les approvisionnements et de réduire les émissions de gaz à effet de serre doivent nous conduire à faire preuve de réalisme. Voilà pourquoi le nucléaire a toute sa place dans la nouvelle donne énergétique mondiale. L'industrie nucléaire en général, et son *leader* AREVA en particulier, sont aujourd'hui prêts à contribuer, dans la transparence la plus totale, à la construction d'une politique énergétique équilibrée, sûre et durable.

Par **Anne LAUVERGEON**, Présidente du directoire d'AREVA

La presse écrite ou audiovisuelle, les nombreux ouvrages scientifiques sur le sujet, les discours des politiques, les rapports d'experts, ou plus concrètement, hélas, les catastrophes naturelles et les phénomènes de *black-out*... Comment ignorer que notre environnement, patrimoine commun de l'humanité, est aujourd'hui menacé ?

Nous sortons d'une longue période d'insouciance au cours de laquelle le recours à des ressources faciles d'accès, non renouvelables et très polluantes (pétrole, gaz et charbon) a été privilégié. La consommation des ressources naturelles des quarante dernières années dépasse celle cumulée par toutes les générations depuis les origines de l'Homme !

Les besoins énergétiques des peuples vont continuer de croître tout au long de notre siècle, sous l'effet inexo-

nable du développement des pays du Sud. La croissance de la consommation électrique mondiale sera multipliée par deux d'ici 2030. Ce phénomène ne peut être durable s'il se fonde sur les déséquilibres actuels.

Comment anticiper la diminution progressive de la production mondiale de pétrole puis de gaz, entraînant un écart croissant entre l'offre et la demande, et, dans le même temps, prendre, ensemble, des mesures fortes et efficaces contre le changement climatique ?

Avec la publication du rapport Stern (1), qui chiffre à 5 500 milliards d'euros son impact sur l'économie

(1) L'intégralité du rapport peut être consultée à l'adresse suivante : http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

mondiale, la prise de conscience s'est accélérée. En touchant au portefeuille, l'auteur a sans doute visé juste, ce montant astronomique parlant en effet beaucoup plus que les prévisions des scientifiques (élévation du niveau des océans de près d'un mètre ou de la température de 1,4 °C à 5,8 °C au cours du XXI^e siècle).

Dans ce contexte, la création d'AREVA en 2001 a pris tout son sens. Le Groupe propose à ses clients des solutions technologiques pour produire de l'énergie sans CO₂ et acheminer l'électricité en toute fiabilité. La prise de participation dans le fabricant d'éoliennes REpower, l'un des acteurs clés du secteur, et la montée en puissance dans la biomasse, ont donné corps à cette offre. Aujourd'hui, au regard d'une triple affirmation – celle d'un métier (l'énergie), d'un *leadership* appuyé sur notre modèle intégré dans l'ensemble de la chaîne du nucléaire, et d'un modèle de management, fondé sur une rentabilité responsable – AREVA est clairement positionné comme un *leader* mondial. Le magazine américain « *Fortune* » l'a classé en 2006 au premier rang des entreprises du secteur de l'énergie les plus admirées dans le monde.

LA NOUVELLE DONNE ÉNERGÉTIQUE MONDIALE

La question énergétique est éminemment politique. Au XX^e siècle, les rapports de force ont réglé l'appropriation des ressources rares. Le défi est aujourd'hui de mettre en commun, de façon solidaire et positive, les moyens de préserver l'écosystème tout en améliorant le sort de ses habitants. Nous pouvons nous appuyer sur les progrès de la science et de la technologie pour favoriser une nouvelle relation entre l'homme et l'économie, entre l'homme et la nature, afin de conjuguer développement et respect de l'environnement. L'erreur serait de considérer que les préoccupations écologiques impliquent forcément la décroissance. Bien au contraire, la production et la diffusion des nouvelles technologies de l'énergie et de l'environnement seront, à l'avenir, de véritables moteurs de croissance.

Sans coopération internationale, rien ne sera possible. Mais en cherchant toujours le compromis, nous n'y arriverons pas non plus ! Le protocole de Kyoto est, par exemple, bien trop mesuré. Il n'impose rien aux pays en voie de développement et laisse de côté des solutions telles que le nucléaire. Pourtant, au sein d'un « mix énergétique » diversifié, il est incontournable. Chaque année, l'électronucléaire évite ainsi le rejet de plus de 2 milliards de tonnes de gaz carbonique, soit 10 % des émissions mondiales. En le combinant avec l'amélioration de l'efficacité énergétique et un usage accru des énergies renouvelables, pour certaines intermittentes mais très utiles comme énergies d'appoint, nous pourrions stabiliser les émissions de gaz à effet de serre.

Au-delà de la seule production d'électricité, l'énergie nucléaire pourrait contribuer dans le futur à produire de l'hydrogène pouvant ainsi être utilisé en complé-

ment ou en substitution au gaz naturel ou même participer à la transformation de combustibles solides – y compris la biomasse – en fractions liquides. C'est une réponse à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais également à la diversification des sources d'énergie.

L'Agence internationale de l'énergie (AIE), dans son rapport (2) de novembre 2006, conforte cette analyse. Elle affirme qu'il faudra consacrer 20 000 milliards de dollars au secteur énergétique d'ici à 2030 pour assurer notre avenir, un chiffre en hausse de plus de 17 % par rapport à sa publication de 2005. Elle ajoute que « *l'énergie nucléaire a fait ses preuves en tant qu'énergie propre et fiable et devrait à ce titre demeurer un des piliers énergétiques des vingt-cinq années à venir* » !

Cette reconnaissance par l'AIE a été rendue possible par les gains de compétitivité obtenus par notre industrie au cours des 30 dernières années. L'électronucléaire à grande échelle est devenu, aux côtés de l'hydraulique, le moyen le moins cher de produire de l'électricité. Il garantit un coût de production prévisible, stable et compétitif. Des centrales nucléaires de nouvelle génération, plus sûres et utilisant moins de matières premières, donc créant moins de déchets, peuvent être construites et exploitées dans le respect des mécanismes du marché. Les risques financiers qui pourraient peser sur ces constructions, les contraintes de leur futur démantèlement, l'approvisionnement en uranium et la gestion des déchets ne constituent pas d'obstacles à une telle stratégie, nous y reviendrons.

LE BEL AVENIR DU NUCLÉAIRE DANS LE MONDE

Aujourd'hui, plus de 440 réacteurs nucléaires – pour une puissance électrique totale de 370 000 MWe – fournissent 16 % de l'électricité mondiale dans 31 pays. La moitié des Etats membres de l'UE recourent à l'énergie nucléaire qui, à 35 %, constitue la principale source de production d'électricité de l'UE (3). Aux Etats-Unis, 103 réacteurs fournissent 20 % de l'électricité. Au Japon, 52 réacteurs couvrent, pour leur part, 34 % de l'électricité nationale.

Près de 30 réacteurs, dont la puissance est équivalente à 6 % de la puissance totale existante, sont en construction dans 12 pays, notamment en Chine, en Corée du Sud, au Japon et en Russie. De plus, la réalisation de 35 autres réacteurs, soit 10 % de la capacité de production électrique actuelle, est définitivement planifiée. La plu-

(2) Ce rapport peut être commandé sur le site de l'AIE : World Energy Outlook 2006 Edition.

(3) Au plan mondial, parmi les 31 pays qui ont recours à l'énergie nucléaire, 17 en dépendent pour au moins un quart de leur électricité. Au sein de l'UE, environ trois quarts de l'électricité de la France et de la Lituanie sont d'origine nucléaire ; cette fraction atteint ou dépasse un tiers en Slovaquie, en Suède, en Slovaquie et en Belgique (deux tiers). En Allemagne et en Finlande, la proportion est de plus d'un quart.

part d'entre eux sont situés dans la région asiatique, caractérisée par des économies à croissance rapide, dont les besoins en électricité sont en forte augmentation.

La Chine, où 9 réacteurs sont actuellement exploités, a l'intention de quadrupler sa capacité nucléaire d'ici à 2020 par rapport à ce qu'elle utilise déjà ou construit actuellement, en ajoutant 20 à 30 réacteurs au réseau. En Inde, le gouvernement envisage un programme nucléaire équivalent à celui de la Chine. Il a donné l'an dernier son accord de principe à la construction de 8 réacteurs supplémentaires. Leur réalisation, qui pourrait être confiée à des firmes étrangères, est liée à un accord international sur les garanties de non-prolifération.

Aux Etats-Unis, en application du *Energy Policy Act* (2005) (4), le recours à de nouveaux réacteurs est enclenché, certains étant déjà en voie d'approbation ou de commande : près de 15 nouvelles centrales nucléaires, d'une puissance globale de 23 GWe, pourraient fonctionner d'ici à 2015. Parallèlement, une vision globale du développement de l'énergie nucléaire dans le monde, *Global Nuclear Energy Partnership* (GNEP), associée à un programme à long terme de R&D, entend relancer le recyclage des combustibles nucléaires usés. L'objectif final est de développer des réacteurs avancés pour éliminer les déchets de haute activité isolés par le processus de traitement, et de louer à d'autres pays les services du combustible nucléaire, en vue d'éviter les risques de non-prolifération.

L'Afrique du Sud, qui dispose de deux réacteurs de 1 000 MWe fournis par AREVA, près du Cap, a annoncé un programme de 8 à 10 nouveaux réacteurs. Un premier appel d'offres sera lancé en 2007, le gouvernement souhaitant mettre en œuvre ce projet au plus tôt.

Au sein de l'Union européenne, les situations sont contrastées. Certains Etats membres – Allemagne et Belgique – ont approuvé une politique d'abandon progressif du recours à l'énergie nucléaire. Celle-ci semble pouvoir être remise en cause, notamment en Belgique (un récent rapport parlementaire démontrant l'impossibilité de respecter le protocole de Kyoto en se passant du nucléaire). En Suède, un moratoire sur un programme de ce type a été adopté. Au final, et à ce jour, peu de réacteurs ont été réellement arrêtés. Simultanément, un réacteur avancé de nouvelle génération de 1 600 MWe – l'EPR, dont la conception « évolutionnaire » intègre l'expérience mondiale d'exploitation des réacteurs à eau pressurisée, les résultats de la R&D, un niveau de sûreté accru, des performances et un rendement plus élevés – est en construction à Olkiluoto, en Finlande. Un autre, commandé en France par EDF,

sera implanté sur le site de Flamanville. Des négociations sont en cours en vue d'un éventuel partenariat avec d'autres électriciens. Aux Etats-Unis, qui pourraient obtenir une fraction de l'énergie produite tout en participant à la construction du réacteur, elles ont abouti à la création, en septembre 2005, d'une *joint-venture*, *UniStar Nuclear*, avec l'électricien *Constellation Energy*. En plus d'avoir précommandé deux réacteurs pour son propre compte, ce dernier fait avec AREVA la promotion de l'EPR aux Etats-Unis.

Au Royaume-Uni, l'énergie nucléaire est revenue à la une de la nouvelle politique énergétique gouvernementale (*Government's Energy Review*), qui envisage que le secteur privé propose, développe, construise et exploite une nouvelle génération de réacteurs nucléaires à l'horizon 2015-2020. Plusieurs Etats membres ayant rejoint plus récemment l'UE ont également confirmé leur engagement en faveur de l'énergie nucléaire.

En conclusion, le recours à cette énergie pour la fourniture de l'électricité de base est une option choisie par plus de trente-cinq pays dont le poids démographique, économique et géopolitique total est considérable.

AREVA entend se positionner clairement comme l'acteur de référence, avec la construction en Finlande de la tête de série EPR, qui sera suivie par celui de Flamanville. Le Groupe a de fortes ambitions aux Etats-Unis grâce à notre alliance avec *Constellation Energy*, mais également en Europe et en Asie où, par le biais de l'accord avec *Mitsubishi Heavy Industries*, nous développons un réacteur nucléaire de 1 000 MWe de troisième génération, complémentaire de l'offre EPR à 1 600 MWe. Au total, il vise un tiers du marché mondial dans le nucléaire d'ici cinq ans.

LE NUCLÉAIRE, ÉNERGIE COMPÉTITIVE ?

Bien que l'énergie nucléaire soit d'un coût élevé en capital, le recours à cette dernière est une solution compétitive pour la fourniture d'une puissance électrique de base à un faible coût marginal avec une disponibilité très élevée. Sa sensibilité aux évolutions du coût du combustible est faible. Elle peut jouer un rôle majeur dans la production d'électricité en offrant une très bonne prédictibilité des coûts.

De très nombreuses études ont examiné, au cours des dernières années, les coûts de l'énergie nucléaire et de quelques autres sources d'énergie. Ces derniers, comprenant les coûts de construction, les coûts de fonctionnement, de maintenance et de démantèlement et le coût du combustible, peuvent être globalement ventilés selon les indications du tableau I ci-après.

Les frais d'investissement peuvent représenter jusqu'à 60 % du coût global de l'énergie nucléaire. Des études internationales récentes convergent avec les évaluations faites par l'OCDE qui considère que le coût de construction d'un réacteur EPR est de l'ordre de 1 300-1 800 €/kW, les différences dépendant notamment des

(4) La loi prévoit une garantie sur les emprunts couvrant jusqu'à 80 % du coût de construction des nouvelles centrales, la prolongation pour vingt ans des dispositifs d'assurance limitée financés par les exploitants eux-mêmes et un crédit d'impôt (1,8 centime de dollar par kWh pour les premiers 6 GWh produits par les nouveaux réacteurs pendant les huit premières années de fonctionnement) limité annuellement à un montant de 125 M\$.

	Nucléaire	Gaz (CCGV)	Charbon	Eolien
Investissement	50-60 %	15-20 %	40-50 %	80-85 %
Fonctionnement	30-35 %	5-10 %	15-25 %	10-15 %
Combustible	15-20 %	70-80 %	35-40 %	0 %

Tableau I – Structure des coûts de différentes technologies de production d'électricité.

effets de série et de certaines spécifications particulières. C'est dans cette marge que l'énergie nucléaire est compétitive.

Les frais de combustible constituent une composante du coût de production de l'électricité nettement moindre pour l'énergie nucléaire que pour le charbon ou le gaz (voir le tableau II). Le prix de l'uranium n'est lui-même qu'une fraction réduite du coût du combustible nucléaire. Les coûts globaux de la production électrique nucléaire sont en conséquence peu sensibles aux évolutions du coût des matières premières (5).

Un doublement du prix du combustible augmenterait le coût marginal de l'électricité produite par une centrale au gaz de 70 à 80 %, tandis que le coût de l'électricité nucléaire n'augmenterait que de 5 %. Le tableau III illustre cette caractéristique dans trois hypothèses relatives à l'évolution du prix de l'uranium.

Les coûts de fonctionnement et de maintenance (voir le tableau IV) peuvent varier selon les compagnies qui exploitent les réacteurs et selon les exigences nationales (coût de la main-d'œuvre, assurances, investissements d'entretien, stratégies des opérateurs, etc.). Pour l'essentiel, ils ne dépendent pas sensiblement de la taille des réacteurs et de la quantité d'électricité produite, de sorte que les exploitants s'efforcent d'atteindre une disponibilité élevée des installations.

Les sommes correspondant au démantèlement des installations sont provisionnées tout au long de leur durée de fonctionnement – 60 ans dans le cas de l'EPR – et ne constituent pas un obstacle financier à l'expansion du recours à l'énergie nucléaire car ils n'en altèrent pas l'économicité.

	Nucléaire	Gaz (CCGV)	Charbon
Fuel (€/MWh)	4.4	26.5 – 32.4	14.7 – 22.1

Tableau II – Coûts comparés du combustible (hors coût du CO₂).

Prix de l'uranium (\$/lb U ₂ O ₂)	10	20	40
Investissement	16,3	16,3	16,3
Fonctionnement	5,1	5,1	5,1
Combustible	3,7	4,4	5,9
Taxes	2,1	2,1	2,1
R&D	0,6	0,6	0,6
Total	27,8	28,4	29,9
	- 2,5 %	-	+ 5 %

Tableau III – Coût de l'électricité d'un réacteur EPR (€/MWh 2001).
Source : DGEMP, ministère de l'Industrie, Paris, 2003.

Ainsi, en France, le rapport Charpin-Dessus-Pellat de juillet 2000 (6), relatif aux coûts de la filière nucléaire, estime à 15 % du coût du kW la part imputable à la fin du cycle.

Globalement, l'énergie nucléaire est dès lors compétitive pour la production d'électricité de base par rapport au charbon et au gaz naturel.

	Nucléaire	Gaz (CCGV)	Charbon (pulvérisé)
France	7.1	5.1	8.7
Finlande	7.2	3.5	7.4
Royaume-Uni	7.9	4.7	4.7
OCDE	6.0 – 9.1	4.6 – 5.1	6.6 – 8.7

Tableau IV – Coûts de fonctionnement (électricité de base), €/MWh 2001.

LES DÉCHETS : DES SOLUTIONS EXISTENT

La question des déchets radioactifs préoccupe l'opinion publique. Elle mérite d'être abordée sans dogmatisme et sur la base de données objectives qui sont les suivantes. Les déchets nucléaires représentent 1 % de la totalité des déchets industriels produits, et 5 % seulement des déchets nucléaires sont fortement radioactifs (en volume, l'ensemble des déchets hautement radioactifs produits par le parc électronucléaire depuis 50 ans est contenu dans un espace limité à un hall d'usine). Il est faux de laisser penser que nous allons être envahis par des volumes ingérables de déchets radioactifs.

Des solutions industrielles existent déjà pour certains types de déchets : stockage pour ceux de faibles et de très faible activité. Pour ceux de moyenne et haute activité, après réduction de leur volume, ils sont maintenant conditionnés sous forme stable et sûre puis entreposés dans des installations sécurisées.

(5) On notera que la diversification géographique des gisements d'uranium conforte l'assurance de sa disponibilité. Cette dernière peut être affectée par des opérations largement prévisibles et programmées (remplacement du combustible, inspection, maintenance). Comme son coût marginal est faible, l'électricité électronucléaire vient en tête dans la chaîne du mérite et l'exploitant vise la pleine puissance le plus fréquemment possible : des facteurs de disponibilité de plus de 90 % sont habituels dans les réacteurs qui fournissent l'électricité de base. Le tableau II illustre les coûts de fonctionnement comparés de trois technologies de production d'électricité selon quatre études récentes.

(6) <http://www.industrie.gouv.fr/energie/nucleair/pdf/rapport-charpin.pdf>

La France a adopté un dispositif législatif complet (7) qui fait maintenant référence dans le monde. La loi de 2006 institue un plan national de gestion des matières et déchets radioactifs et fixe un programme de recherches et de travaux, assorti d'un calendrier pour le mettre en œuvre.

Ce texte prévoit un renforcement des procédures d'évaluation, d'information du public et de concertation. C'est après examen par l'Autorité de sûreté nucléaire, débat et enquête publics, et avis des collectivités locales que la construction d'un stockage sur un site précis pourra être autorisée, à l'horizon 2015, par décret du Premier ministre. Ce sont les producteurs de déchets qui devront eux-mêmes provisionner, dès maintenant, les sommes nécessaires aux financements prévus pour le long terme.

L'exemple de notre pays démontre que sur ce sujet sensible, il est possible d'apporter des réponses concrètes et positives.

AGIR SUR PLUSIEURS LEVIERS

L'énergie nucléaire sera sans nul doute un acteur majeur de la nouvelle donne énergétique mondiale que vont devoir mettre en œuvre, très rapidement, les Etats. Ces derniers vont devoir être inventifs pour trouver une voie originale entre les exigences de la compétitivité, celles de la sécurité d'approvisionnement et celles de la protection de l'environnement. Pour atteindre un tel objectif, il n'y a pas de solution miracle. Il faut donc agir sur plusieurs leviers, en multipliant les sources, et en utilisant de manière plus rationnelle l'énergie. C'est à ce prix que nous réussirons.

(7) Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs.