

ÉNERGIE, SCIENCES ET TECHNIQUES NUCLÉAIRES: QUELLES PERSPECTIVES? OBJECTIF: LE SIÈCLE PROCHAIN

G.G. ANDRADE, C. RODRIGUES ET J. GOLDEMBERG

Il y a quarante ans, les perspectives en matière d'utilisation de l'énergie nucléaire comme source principale d'énergie étaient jugées immenses. Propulsion de navires, production d'électricité et chaleur industrielle étaient des applications qui présentaient un grand intérêt, et d'importants investissements ont été opérés pour développer les applications pacifiques des techniques nucléaires.

S'agissant de la propulsion des navires, la technique est révélée satisfaisante, mais a posé plusieurs difficultés. Celles-ci avaient principalement trait aux contrôles des rayonnements et de la sûreté requis par les autorités portuaires. Le temps a montré que la mobilité des vaisseaux nucléaires commerciaux n'était pas aussi bonne qu'avec d'autres sources de propulsion, et que les types de navires commerciaux qui étaient envisagés ne permettaient pas de réduire les coûts.

L'exploitation de la chaleur industrielle faisait appel à plusieurs branches de l'industrie nécessitant des conditions spécifiques de température et de pression pour produire la vapeur. Cela allait d'applications à basse température pour le chauffage urbain à des applications à très haute température pour la fabrication de l'acier, du verre et du ciment. La technologie allait de la récupération de la chaleur provenant des réacteurs à eau ordinaire (REO) à la recherche de concepts spécifiques faisant intervenir des réacteurs à haute température refroidis par gaz. Comme dans le cas de la

propulsion de navires, les applications nucléaires de chauffage industriel se sont révélées technologiquement viables sans pouvoir, toutefois, concurrencer les sources traditionnelles.

La situation était différente pour l'énergie nucléaire destinée à la production d'électricité. La puissance nucléaire brute dans le monde a augmenté rapidement dans les années 70 et 80 (voir graphique page 44).

Vers le milieu des années 90, la part de l'énergie nucléaire dans la production totale d'électricité avait dépassé 17%, ce qui équivaut à peu près à la part de l'hydroélectricité. L'énergie nucléaire a atteint ce niveau en 30 ans, soit environ un tiers du temps qu'il a fallu à l'hydroélectricité pour atteindre sa part.

Une autre preuve de la compétitivité de l'énergie nucléaire au début des années 70 peut être obtenue en comparant le pourcentage de l'électricité fournie par plusieurs sources d'énergie (voir tableau page 44). À partir de 1973-1993, la contribution de l'énergie nucléaire a décuplé tandis que le gaz, deuxième combustible utilisé, a à peine doublé sa contribution à la production totale d'électricité.

Il ressort clairement de l'observation attentive des données que le taux de croissance de l'énergie nucléaire, bien qu'impressionnant, n'a pas été homogène sur toute cette période. Dans plusieurs cas, les politiques et subventions gouvernementales ont contribué à modeler la situation. En outre, plusieurs spécificités régionales

en matière d'utilisation de l'énergie nucléaire ont fait leur apparition.

Que nous réserve l'avenir? Grâce aux données historiques et aux projections de l'AIEA, on peut estimer la contribution future de l'énergie nucléaire dans différentes hypothèses. Les projections de la part de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité établies dans le présent article se fondent sur un scénario de faible croissance pour la période allant jusqu'en 2020.

Historiquement, les données montrent clairement que les perspectives du nucléaire ont commencé à décliner vers le milieu de 1985 (voir graphique page 45). La conséquence prévue en est que d'une part de marché de plus de 16% en 1997, la part escomptée risque de passer à 13% d'ici 2010 (voir tableau page 45).

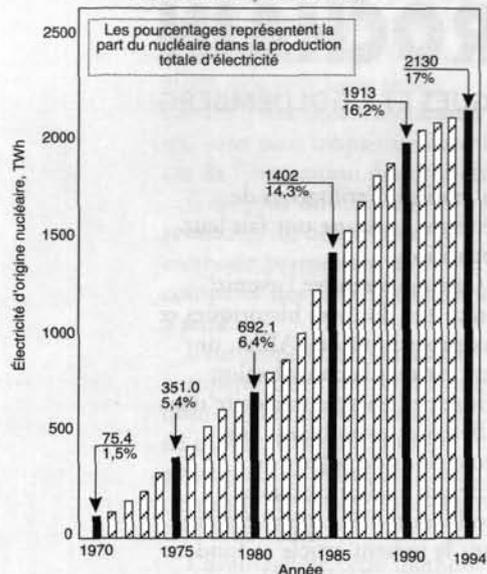
Pour résumer, l'énergie nucléaire assurera, au siècle prochain, une part moindre mais toujours importante de la production totale d'électricité. Sa contribution devrait être comparable à celle de l'hydroélectricité, qui note également une réduction continue de sa part de marché à long terme.

RÉALITÉS LOCALES

Il importe de comprendre les raisons qui sous-tendent cette réduction projetée si l'on veut

M. Andrade et M. Rodrigues sont employés à l'Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) de São Paulo (Brésil) et M. Goldemberg est employé à l'Université de São Paulo.

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ D'ORIGINE NUCLEAIRE, 1970-1994



Source: AIEA/PRIS

analyser de façon plus approfondie les tendances. Pour dresser un tableau plus clair de la situation réelle et des projections concernant l'énergie nucléaire, nous avons réalisé une étude de terrain dans onze pays d'Asie, d'Amérique latine et d'Afrique, où les réalités locales dictent les décisions.

L'analyse historique systématique de la progression de l'exploitation de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité fait ressortir, on le sait, une tendance bien définie. Cette progression va des premières centrales installées dans les années 50 aux États-Unis aux nouvelles centrales nucléaires d'Europe, puis d'Asie.

Cette progression a eu diverses raisons:

- Dans les années 50, la technologie nucléaire commerciale était dominée par les États-Unis. Au cours des décennies suivantes, la compétitivité de l'énergie nucléaire a été dictée par la perception que cette nouvelle source représentait une avancée technologique qui, en tant que telle, permettait de produire de l'énergie à toutes sortes de fins à très faible coût.

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PAR SOURCE, 1973-1993

SOURCE D'ÉNERGIE	PRODUCTION (TWh)	EN 1973 (% total)	PRODUCTION (TWh)	EN 1993 (% total)	CROISSANCE (%)
CHARBON	2032	37,5	4436	36,6	92
MAZOUT	1462	23,8	1182	9,8	-19
GAZ	700	11,4	1631	13,4	133
NUCLÉAIRE	197	3,2	2148	17,8	990
HYDROÉLECTRICITÉ	1276	20,8	2256	18,6	76
AUTRES	202	3,3	456	3,7	125
TOTAL	6139	100,0	12108	100,0	97

Source: Données extraites de "International Energy Data: National Energy Profiles", Conseil mondial de l'énergie, 1995

- L'intérêt s'est développé dans les pays d'Europe. Dans les années 70, la domination de l'énergie nucléaire est passée en Europe, où l'énergie nucléaire a été considérée comme une importante source de substitution pour les pays disposant de faibles ressources en combustibles fossiles, en ces temps de crise énergétique liée aux embargos pétroliers décrétés alors.

- Les pays d'Asie se sont considérablement développés. Pendant les années 90, la domination technologique, en matière de production d'électricité, s'est réorientée vers l'Asie, essentiellement vers le Japon. L'énergie nucléaire a été perçue comme un mode de production d'électricité onéreux mais présentant l'avantage de réduire la dépendance énergétique. L'approvisionnement en combustible pouvait être assuré à long terme par le retraitement ou par d'autres solutions technologiques. Grâce à cette solution, l'énergie nucléaire devient presque une "ressource nationale", même pour les pays qui ne disposent pas de ressources propres en uranium. Outre l'aspect économique, d'autres questions se posaient telles que la diversification des approvisionnements et le contrôle à long terme des sources d'énergie. Ces questions ont contribué à accorder la priorité au nucléaire tant que les coûts supplémentaires demeureraient raisonnables.

L'évolution et la perception de l'importance escomptée accordée à l'énergie nucléaire au sein d'un pays donné donne à penser que les futures tendances seront difficiles à évaluer. Le principal enseignement tiré de cette étude est la confirmation du fait qu'il est essentiel de comprendre les réalités locales si l'on veut établir des projections correctes de la future demande d'énergie.

La compétitivité des sources d'énergie doit être évaluée non pas à l'échelon mondial, mais à l'échelon local ou régional. Cela vaut en particulier pour le nucléaire. L'opinion des acteurs locaux et la possibilité d'entendre des opinions différentes et contradictoires sont nécessaires pour analyser l'évolution la plus probable de l'utilisation d'une technologie telle que l'énergie nucléaire.

L'étude de terrain sur l'évolution de l'énergie nucléaire a fait ressortir, selon les pays, diverses situations. Ces situations sont notamment les suivantes:

- Pays où il n'existe aucun projet défini d'énergie nucléaire. Dans ces cas, on ne peut pas dire grand chose de la contribution éventuelle de l'atome à la production d'électricité à l'avenir (Thaïlande et Indonésie);
- Pays où la contribution du nucléaire diminue (Argentine, Mexique et Afrique du Sud);
- Pays où la contribution du nucléaire est faible, mais croissante (Brésil, Chine et Inde);
- Pays où la contribution du

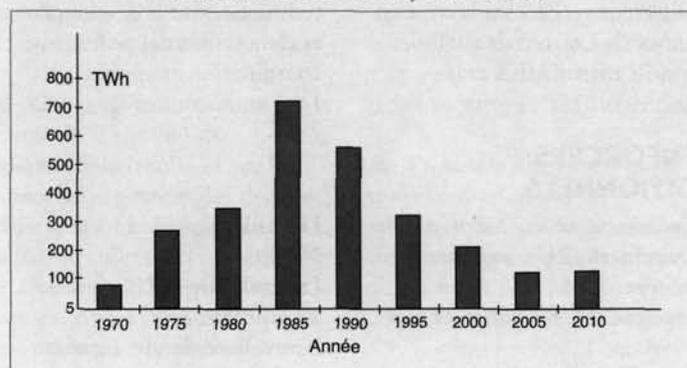
ESTIMATION DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ TOTALE ET PART DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Groupe de pays	1997			2000			2010			2020		
	Total Elec. TW.h	Nucléaire TW.h	%	Total Elec. TW.h	Nucléaire TW.h	%	Total Elec. TW.h	Nucléaire TW.h	%	Total Elec. TW.h	Nucléaire TW.h	%
Amérique du Nord	4050	707,3	17,5	4173	678	16	4610	616	13	5092	419	8,2
				4298	692	16	5240	687	13	6387	859	13
Amérique latine	880	20,9	2,4	976	20	2,1	1350	25	1,8	1797	22	1,2
				1034	20	1,9	1644	32	1,9	2387	69	2,9
Europe occidentale	2678	838,2	31,3	2792	836	30	3114	837	27	3339	639	19
				2892	836	29	3684	882	24	4602	1013	22
Europe orientale	1725	250,8	14,5	1725	287	17	2051	307	15	2626	230	8,8
				1777	298	17	2274	372	16	3208	482	15
Afrique	384	12,6	3,3	419	13	3,0	606	13	2,2	897	13	1,5
				425	13	3,0	676	13	2,0	1102	33	3,0
Moyen-Orient et Asie méridionale	949	9,1	1,0	1099	10	0,9	1790	24	1,4	2915	46	1,6
				1146	12	1,0	2152	39	1,8	4040	89	2,2
Asie du Sud-Est et Pacifique	494			556			863			1341		
				572			977	4,7	0,5	1669	54	3,2
Extrême-Orient	2782	437,5	15,7	3130	446	14	4632	706	15	6857	835	12
				3221	448	14	5246	895	17	8545	1335	16
Total mondial	13924	2276,3	16,3	14869	2291	15	19017	2529	13	24864	2204	8,9
				15365	2319	15	21894	2925	13	31940	3933	12

Note: dans les projections pour 2000, 2010 et 2020, les différentes lignes représentent, s'il y a lieu, les estimations supérieures et inférieures.

Source: Estimations relatives à l'énergie, à l'électricité et à l'énergie nucléaire jusqu'en 2020, AIEA, édition Juillet 1998.

CONTRIBUTION INCRÉMENTIELLE DE L'ÉLECTRICITÉ D'ORIGINE NUCLÉAIRE, 1970-2010



nucléaire est importante et devrait le rester (République de Corée).

Ces différentes situations donnent à penser que l'énergie nucléaire continuera d'être utilisée longtemps à des degrés différents. Au fil des années, les raisons qui ont incité les pays à opter pour le nucléaire ont considérablement évolué. Il fait peu de doute, cependant, que la société utilisera cette technologie pour produire de l'électricité dans un avenir proche.

Bien qu'elle soit en deçà de son potentiel, l'énergie nucléaire demeure, en tant que source

durable et diversifiée d'énergie fondée sur la science et la technologie, capable de satisfaire les besoins en électricité. C'est là le facteur clé à prendre en compte lorsqu'on évalue l'utilité potentielle de l'énergie nucléaire pour un pays donné.

Mais il importe plus encore de comprendre que la science nucléaire sur laquelle repose l'énergie nucléaire est celle utilisée dans toutes les applications pacifiques du nucléaire, qu'elles soient médicales, agricoles, industrielles, scientifiques ou autres. Cela étend l'impact global de cette

technologie à l'ensemble de la société. Aux États-Unis, une étude réalisée en 1992 a mis en évidence que les applications pacifiques non énergétiques de la science et de la technologie nucléaires représentaient une dépense de 357 milliards de dollars par an et 3,7 millions d'emplois connexes, dont 1,6 million directement lié au secteur nucléaire. Elle a également fait ressortir que l'industrie américaine des applications nucléaires non énergétiques était quatre fois plus importante que l'industrie de l'énergie nucléaire. Cette situation reflète celle de la quasi-totalité des autres pays qui utilisent la science et la technologie nucléaires.

La diminution des premières attentes concernant l'énergie nucléaire et l'influence directe des forces du marché sur les décisions énergétiques semblent avoir égalisé le jeu. Mais ces forces ont également favorisé un examen rapproché de toutes les applications pacifiques de cette technologie, s'agissant de ses avantages et de ses limites en ce qui concerne la production d'électricité et d'autres usages. □