LES POSSIBILITES DU DESSALEMENT NUCLEAIRE DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

La production d'énergie d'origine nucléaire par de grandes unités est un succès, mais elle pose maintenant des problèmes dans les pays en voie de développement. Joseph R. Wilson, de la Division de l'énergie d'origine nucléaire et des réacteurs de l'Agence, propose différentes solutions consistant à utiliser cette forme d'énergie pour la production d'électricité et le développement de l'agriculture. L'article que nous reproduisons ici est rédigé d'après la conférence qu'il a faite en Suisse devant un groupe d'étudiants.

Le premier réacteur de puissance expérimental du monde est entré en service à Obninsk (Union soviétique) en mai 1954. Il y a un peu plus de 12 ans qu'on a produit pour la première fois de l'énergie d'origine nucléaire "industrielle" à Calder Hall et Shippingport (Royaume-Uni et Etats-Unis respectivement).

Depuis lors, le Royaume-Uni a produit plus de 138 milliards de kilowatts/h d'électricité nucléaire – plus du double que n'en a produit aucun autre pays. En fait, le Royaume-Uni a aujourd'hui une puissance nucléaire installée de 3500 mégawatts électriques. Pour donner un exemple concret emprunté à M.H. Kronberger, lorsqu'on allume une lampe électrique aujourd'hui en un point quelconque de l'Angleterre, un neuvième de l'électricité qui l'alimente est d'origine nucléaire; dans la nuit, lorsqu'un certain nombre de centrales thermiques ne fonctionnent plus, la proportion est encore plus grande. En Ecosse, un quart de l'électricité domestique est d'origine nucléaire.

Au cours de la même période, la production nucléo-électrique a dépassé 45 milliards de kilowatts/h aux Etats-Unis et 10 milliards de kilowatts/h en France et en Italie. A l'heure actuelle, l'Allemagne occidentale, le Japon, le Canada, la Suède, la Hollande et la Belgique produisent également de l'électricité d'origine nucléaire et de nombreux pays y viendront aussi bientôt. La production d'énergie d'origine nucléaire est indéniablement une réussite et on commence seulement à prendre conscience des avantages que l'on pourra retirer de cette source assurée d'énergie à bas prix.

Toutefois, comme le lecteur l'aura peut-être remarqué, ces avantages profitent presque exclusivement aux pays les plus avancés et, de ce fait, l'énergie nucléaire contribue plutôt à accroître l'écart entre ces pays et les pays en voie de développement au lieu de le réduire.

Pourquoi en est-il ainsi? Et bien, en partie à cause de la taille que doivent avoir les centrales nucléaires pour pouvoir concurrencer les centrales à combustible fossile. Si l'on compare les coûts de production de centrales à combustible fossile et de centrales nucléaires concurrentielles indiqués sur le tableau ci-après, on constate qu'une compagnie peut payer jusqu'à 50% de plus pour une centrale nucléaire à cause des économies réalisées sur le coût de l'énergie.

ELEMENT DU COUT DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

	Centrales à combustible fossile	Centrales nucléaires
Charges fixes, liées aux investissements	40%	60%
Coût de l'énergie	55%	30%
Frais d'exploitation et d'entretien	5%	10%
	100%	100%

Toutefois, le rapport entre les investissements d'une centrale à combustible fossile et ceux d'une centrale nucléaire est fortement influencé par la taille de l'installation; le coût par mégawatt en fonction de la taille diminue plus vite pour les centrales nucléaires que pour les centrales à combustible fossile. C'est pourquoi les centrales nucléaires de petites dimensions sont généralement très onéreuses, tandis que les centrales nucléaires de plus de 500 mégawatts peuvent généralement concurrencer les installations à combustible fossile. Ceci se trouve nettement confirmé par le fait que la capacité des installations commandées par des entreprises aux Etats-Unis était en moyenne de 850 MW(e) en 1967 et de 950 MW(e) en 1968.

En raison des caractéristiques des coûts d'investissements et du marché, les grands fabricants de réacteurs nucléaires des Etats-Unis ont normalisé leur production sur la base de plusieurs modèles de 500 MW(e) et davantage, mais hésitent pour le moment à offrir des réacteurs de moins de 500 MW(e). Cette normalisation a contribué dans une large mesure à amener les coûts à leur niveau compétitif actuel.

Dans les pays avancés, les compagnies ont constaté que la puissance des unités ne devrait pas représenter plus de 8 à 15% de celle du réseau; ce rapport représente le meilleur compromis entre le coût unitaire, la possibilité de maintenir une charge raisonnable et la capacité de réserve nécessaire pour permettre l'entretien et faire face aux cas d'urgence, par exemple la mise hors service d'un matériel.

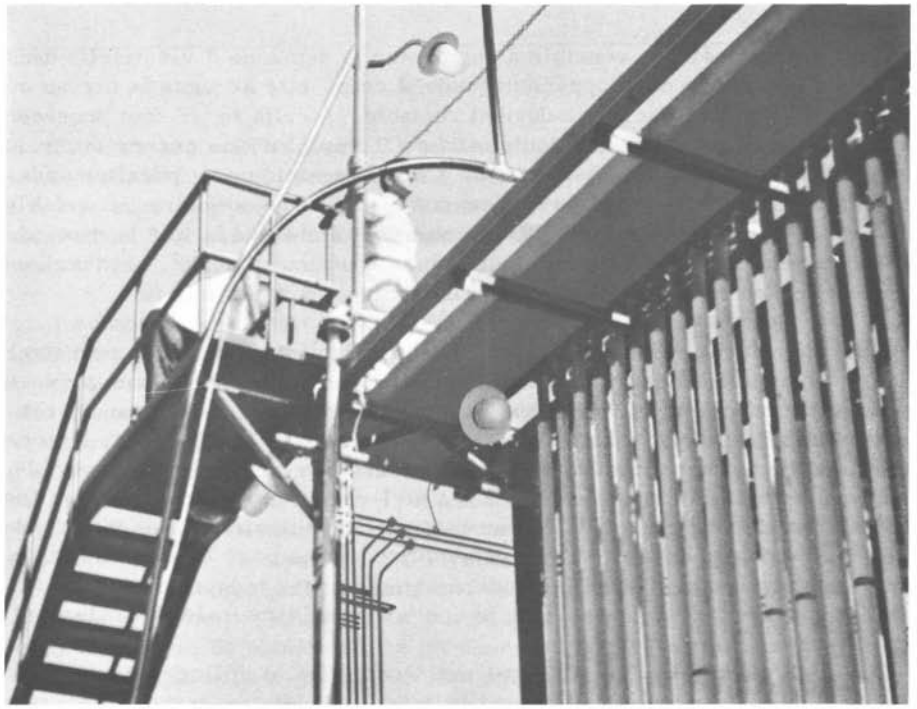
Nombre de compagnies trop petites pour envisager de s'équiper de centrales de 500 MW(e) ont fusionné ou se sont associées pour pouvoir bénéficier des avantages offerts par les centrales nucléaires.

LES BESOINS DES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

Considérons maintenant le problème de l'introduction de l'énergie d'origine nucléaire dans les pays en voie de développement. Il se peut qu'en raison du développement plus rapide de ces pays, et d'autres facteurs encore, la règle suivant laquelle les unités doivent être les plus puissantes possible ne soit pas applicable dans leur cas, mais les possibilités pour un petit réseau électrique d'absorber une centrale nucléaire de 500 MW(e) sont néanmoins limitées. A l'examen, on constate que la demande d'électricité dans les pays en voie de développement à l'échelon régional ou même national est loin d'atteindre le niveau nécessaire pour que l'implantation de centrales nucléaires soit rentable. Par exemple, le Chili, le Pérou,

---

Un procédé de dessalement connu sous le nom d'osmose inversée utilise des membranes. L'installation représentée sur notre photo dépend d'un kibboutz israélien et traite de l'eau pompée dans le sous-sol du désert. Chaque tube fournit 1 m^3 d'eau douce par jour et la capacité totale sera de 200 à 260 m^3. Pour obtenir la pression nécessaire de 50 atmosphères, il faut de l'énergie, et il semble que l'énergie d'origine nucléaire serait la plus rentable pour de très grandes installations. Photo: AIEA/Moir



Israël, la Grèce et un certain nombre d'autres pays qui souhaiteraient installer des centrales nucléaires, ont des réseaux nationaux de distribution électrique de moins de 2000 MW(e).

Ainsi, de nombreux pays en voie de développement ont besoin de centrales d'une puissance comprise entre 50 et 300 MW(e), gamme dans laquelle les centrales nucléaires sont très onéreuses.

On pourrait ne pas aller plus loin et conclure que la plupart des pays en voie de développement ne sont pas en mesure de profiter de l'énergie d'origine nucléaire. Certains sont en fait parvenus à cette conclusion, qui revient à dire que les pays insuffisamment développés sont trop pauvres, trop inexpérimentés ou trop petits pour faire partie du monde de la technologie. Mais une telle conclusion est contraire à notre objectif qui est d'utiliser la technologie moderne, par exemple l'énergie d'origine nucléaire, pour accélérer le progrès de ces pays. Il faut donc rechercher comment modifier l'un des facteurs déterminants du problème.

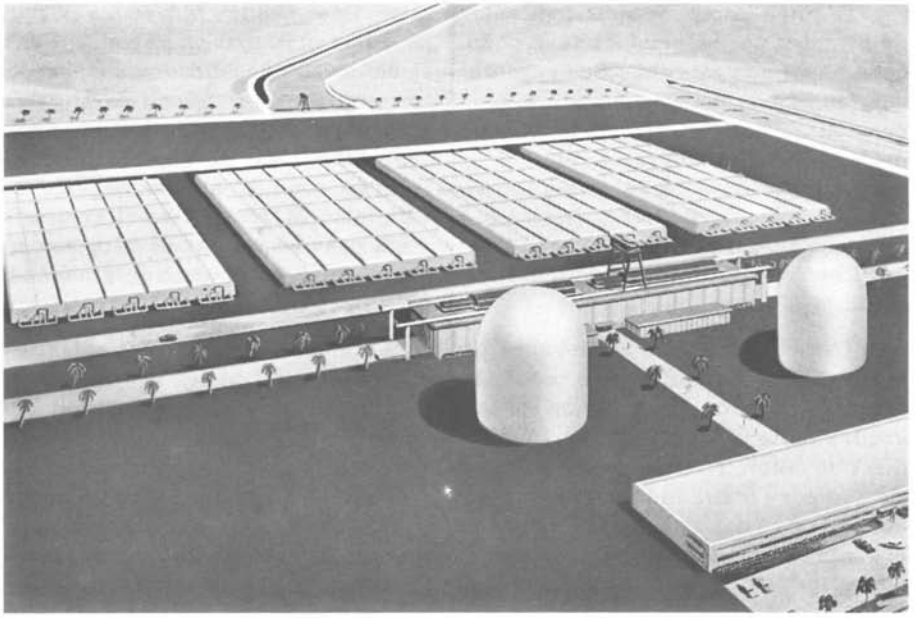
Pour améliorer les perspectives, l'un des moyens consisterait à rendre la production d'énergie nucléo-électrique plus concurrentielle, en particulier, celle des petites installations. L'Agence poursuit activement des études à ce sujet et des progrès sont accomplis dans ce sens.

LE CONCEPT DES CENTRES D'ENERGIE

Une autre méthode consiste à augmenter la demande d'électricité dans les pays en voie de développement jusqu'à ce qu'elle atteigne le niveau où l'énergie d'origine nucléaire devient rentable. A cette fin, il faut procéder à un changement brusque; il faut justifier l'emploi d'une grande centrale en créant la demande d'un seul coup. Cette suggestion peut paraître audacieuse, mais je voudrais proposer une solution de ce genre qui semble de plus en plus intéressante. Elle consisterait à créer à la fois la demande d'électricité et la centrale nucléaire comme un tout planifié, en d'autres termes, créer un centre d'énergie et un centre industriel à la fois.

L'idée du centre d'énergie est fondé sur l'avantage que l'on peut tirer de la production massive d'énergie d'origine nucléaire à bas prix en groupant autour de la centrale des industries et des opérations grandes consommatrices d'énergie qui, de ce fait, bénéficient au maximum de l'électricité et de la chaleur industrielle fournies à bon compte – par exemple, les industries métallurgiques et celles de l'aluminium en particulier; les opérations de traitement de l'ammoniaque, du nitrate d'ammonium, de l'urée, du phosphore, et autres productions utiles pour l'agriculture; la préparation du chlore et de la soude caustique et les industries utilisant le chlore; la production de sel par évaporation solaire et le dessalement.

En fait, le centre d'énergie permet d'obtenir et d'utiliser efficacement de l'eau de mer dessalée pour l'agriculture – application jusqu'ici écartée



Centrale nucléaire à double fin produisant 4 millions de m³ d'eau douce par jour et quelque 2000 mégawatts d'électricité. Ce dessin est extrait du rapport préliminaire d'une équipe composée de spécialistes de l'Agence, des Etats-Unis et du Mexique qui a conclu que des usines de ce type seraient réalisables dans la région du cours inférieur du Colorado, aux confins du Mexique et des Etats-Unis.

---

en raison de son coût excessif. L'eau est un produit très bon marché, et l'eau dessalée, dont le prix peut à l'avenir se situer entre 2,5 à 5 cents le mètre cube, est encore trop coûteuse pour qu'on envisage de l'utiliser même dans les exploitations agricoles modernes comme il en existe aujourd'hui.

Le recours aux ressources d'eau naturelles comporte néanmoins ses limitations et ses aléas – les pluies sont trop abondantes ou trop faibles et peuvent survenir au mauvais moment. L'eau d'irrigation est généralement un peu saumâtre; il en faut donc un surplus pour entraîner les dépôts de sel laissés par l'évaporation. Enfin, les climats les plus favorables à la culture sont ceux des régions non exposées au gel, où il serait possible d'obtenir trois ou même quatre récoltes annuelles. Cette exploitation intensive permettra de tirer le meilleur parti des capitaux investis dans la propriété foncière, le système d'irrigation et le matériel agricole et d'éliminer les inconvénients des fluctuations saisonnières de l'exploitation agricole. Un système de culture fondé sur la distribution pleinement contrôlée et sûre d'une eau de bonne qualité (et dans un climat presque parfait) peut prendre toute sa valeur sur le plan économique dans les régions arides non exposées au gel – et même dans les déserts actuels.

D'autre part, lorsqu'on cherche à déterminer quelles industries exigent de grandes unités productrices d'énergie à bas prix tout en répondant aux besoins ou aux marchés des pays en voie de développement, on s'aperçoit que les usines d'engrais sont au premier rang. De là l'intérêt particulier que peut présenter un centre d'énergie produisant à la fois de l'électricité, de l'eau et des engrais. Un tel ensemble constitue un complexe agro-industriel et peut être implanté avec succès dans plusieurs régions du monde – Afrique du Nord, Australie, Chili, Inde, Moyen-Orient et Pakistan. Cette formule convient tout spécialement aux pays en voie de développement où il est possible de transformer un désert aride en source de richesse.

Des études et des recherches expérimentales se poursuivent actuellement afin de déterminer les possibilités de réalisation de ces centres agro-industriels. Toutefois, avant de lancer un projet de ce genre, il faut résoudre toute une série de problèmes – problèmes sociaux de l'établissement de collectivités nouvelles dans des régions désertiques; formation des cultivateurs à des méthodes entièrement nouvelles; calcul des rendements agricoles et des besoins en eau et en engrais dans les zones désertiques; organisation, financement et administration de ces vastes entreprises nouvelles.

PROGRES COMBINES

Les progrès récemment réalisés en agriculture expérimentale s'appliquent particulièrement bien à ce nouveau concept. On a mis au point de nouvelles variétés de plantes cultivées qui ont un rendement bien supérieur, peuvent absorber de plus grandes quantités d'engrais et se prêtent à la culture intensive. En fait, c'est la combinaison des résultats obtenus dans les domaines de l'énergie d'origine nucléaire, de l'agriculture et du dessalement qui peut rendre de tels projets viables.

Avant de passer aux autres problèmes, il peut être utile de se faire une idée du coût des centrales nucléaires et des grands centres énergétiques. Le coût d'une centrale nucléaire est de l'ordre de 160 à 200 dollars le kilowatt. Une centrale de 500 MW(e) vaudra donc de 80 à 100 millions de dollars. Pour évaluer le coût des industries annexes, il existe une règle empirique suivant laquelle les investissements nécessaires pour utiliser l'énergie sont environ 10 fois plus élevés que les investissements nécessaires pour sa production. Par conséquent, un centre d'énergie exige un investissement de l'ordre d'un milliard de dollars.

Parvenu à ce point, ce que l'on peut dire de plus positif est que des investissements de cette importance exigent des techniciens, des économistes, des administrateurs et des financiers de premier ordre, lesquels sont capables, sans nul doute, de résoudre les aspects financiers de la question.

TROIS PROBLEMES

Parlons maintenant de problèmes moins importants mais qu'il est nécessaire de résoudre pour utiliser efficacement l'énergie d'origine nucléaire dans les pays en voie de développement.

1. La construction d'une centrale nucléaire doit être préparée et planifiée longtemps à l'avance. Entre le moment où l'on décide d'exécuter un projet et la réalisation de celui-ci, il s'écoule généralement un intervalle de 5 à 6 ans; cette décision elle-même ne peut être prise qu'après des études préliminaires rationnelles, des études de factibilité et une évaluation des moyens financiers nécessaires, soit au minimum cinq ans de travail.

2. Le combustible nucléaire ne peut être obtenu que dans un pays développé, en l'occurrence l'une des puissances nucléaires. Certains gouvernements hésitent à engager des devises pour les trente années correspondantes à la durée utile d'une centrale nucléaire et hésitent à se mettre dans une position de dépendance vis-à-vis de l'étranger pour des approvisionnements commandant une production aussi essentielle que l'énergie.

3. L'énergie d'origine nucléaire suppose une technologie avancée, c'est-à-dire des ingénieurs, des physiciens, des opérateurs, des ouvriers et des administrateurs parfaitement qualifiés. Les pays en voie de développement ne disposent que d'un personnel limité dans ce domaine de compétence; c'est pourquoi il faut prévoir une formation à long terme pour disposer du personnel nécessaire en nombre suffisant.

Ces trois problèmes sont du ressort de l'Agence et nous avons élaboré des programmes pour contribuer à les résoudre.

En ce qui concerne la planification à long terme, nous aidons de nombreux pays à réaliser des études préliminaires de factibilité en envoyant des experts et en collaborant avec leurs administrateurs, ingénieurs, planificateurs et économistes à l'élaboration d'un programme d'utilisation de l'énergie nucléaire. Parfois nous nous concentrons sur l'organisation de la formation des spécialistes pour que le pays soit prêt lorsque l'énergie d'origine nucléaire sera à sa portée. Dans cette optique, il est probable que l'on se prononce pour l'utilisation immédiate de certaines techniques nucléaires: applications médicales des radioisotopes, conservation des aliments, lutte contre les insectes nuisibles, géologie et recherches. Parfois l'aide consiste à exécuter une étude de factibilité avant de prendre une décision sur l'achat d'une centrale nucléaire; ou encore nous aidons à étudier les offres et à organiser les services officiels responsables de façon à mieux assurer le succès du projet nucléaire.

Dans le domaine du combustible nucléaire, l'Agence poursuit activement des études sur la prospection, l'extraction, la concentration et le traitement des minerais d'uranium et de thorium, sur la préparation des matériaux et matières destinés à la fabrication des combustibles nucléaires, la fabrication des éléments combustibles pour réacteurs, leur comportement

pendant l'irradiation dans le réacteur, le traitement et le recyclage du combustible irradié.

Enfin, l'Agence aide les pays dans leurs recherches nucléaires, par exemple sur l'emploi des isotopes, et dans l'exécution des programmes sur les réacteurs de recherche et la physique des réacteurs. A ce propos, il faut rappeler que le réacteur de recherche sert à plusieurs fins. Il est non seulement un instrument d'étude, mais aussi un centre groupant les activités nucléaires et contribue ainsi à retenir dans le pays les scientifiques et ingénieurs hautement qualifiés. En outre, un réacteur de ce type peut servir à produire des radioisotopes destinés à l'agriculture, la géologie, l'industrie et la médecine. Il contribue également à former de nouveaux spécialistes et techniciens qui seront appelés à jouer un rôle important dans l'utilisation de l'énergie nucléaire dans leur pays et permet aux dirigeants du pays d'apprécier la valeur de l'énergie nucléaire en même temps que ses aspects juridiques, techniques et administratifs.

Qui souhaite entreprendre un programme d'énergie d'origine nucléaire doit former les opérateurs, scientifiques et ingénieurs, ainsi que le personnel de gestion, privé et public, nécessaires à l'exploitation des centrales. Les réacteurs de recherche et les centres locaux d'études nucléaires offrent un moyen d'assurer cette formation. Bien entendu, il n'est pas nécessaire que tous les pays qui envisagent d'adopter l'énergie d'origine nucléaire disposent d'un réacteur de recherche, car il est parfois possible de créer des centres régionaux, ce qui permet de répartir entre plusieurs pays les frais annuels assez élevés; ou encore, il peut s'avérer plus pratique de former du personnel dans les grands centres des pays avancés. La formule du centre régional et des programmes de formation dans de grands centres peut comporter un avantage supplémentaire: elle permet l'échange de renseignements entre les divers pays représentés et avec les nombreux scientifiques qui seront attirés par le centre.