

LES PROGRAMMES ENERGETIQUES DES ETATS MEMBRES

Cet article est le deuxième d'une série consacrée aux programmes énergétiques des Etats Membres de l'AIEA. Chaque numéro du Bulletin contiendra un exposé sur le programme d'un Etat Membre

L'INDE ADOPTE L'ENERGIE NUCLEAIRE

L'Inde aura besoin d'accroître très sensiblement sa production d'énergie électrique pour répondre aux besoins de son économie en pleine expansion. Une étude d'ensemble des ressources disponibles a été faite en fonction du développement prévu par le plan quinquennal du pays, et il apparaît que l'énergie atomique devra être utilisée de plus en plus largement pour compléter les ressources en combustibles classiques afin d'atteindre les objectifs énergétiques prévus pour les deux prochaines décennies.

Il a donc été décidé de commencer par la construction et la mise en service, pour la fin de 1964, d'une centrale atomique d'une puissance installée de 250 MW (électriques). On envisage ensuite la mise en place d'un complément de 750 MW d'énergie nucléaire pour la fin du troisième plan quinquennal, c'est-à-dire mars 1966. A la Conférence générale de l'AIEA, le Président de la Commission indienne de l'énergie atomique, M. Homi J. Bhabha a déclaré "Il est très probable que ce minimum sera doublé et il n'est pas impossible qu'il soit porté à un million de kilowatts".

Des mesures préliminaires sont prises actuellement pour le choix de l'emplacement et la mise au point des caractéristiques de la première centrale nucléaire. Une décision touchant les autres centrales à construire au cours du troisième plan quinquennal pourrait être prise dans un proche avenir.

C'est là un programme important qui annonce et prépare un programme beaucoup plus vaste encore qui permettra à l'Inde d'utiliser ses riches ressources en thorium pour la production d'énergie. Pour comprendre les raisons qui amènent l'Inde à entreprendre la réalisation d'un programme de cette envergure, on doit considérer la structure actuelle de la demande et de l'offre énergétiques dans le pays, les taux probables d'accroissement, la mesure dans laquelle la demande croissante pourra être satisfaite grâce à de l'énergie non nucléaire et les conditions qui feront du recours à l'énergie nucléaire une opération nécessaire et réalisable dans le cas de l'Inde.

Situation énergétique actuelle et demande future

L'économie de l'Inde est encore avant tout agricole, et une partie très importante de l'énergie consommée dans l'ensemble du pays provient de combustibles végétaux bruts et de déchets agricoles. Cependant, avec l'industrialisation rapide du pays, cette structure se modifie, et ce changement entraîne une demande plus importante de sources d'énergie beaucoup plus efficaces, comme le charbon et le pétrole. Cette évolution, d'ailleurs, ne se borne pas

à faciliter la production d'électricité, elle tend aussi à augmenter la demande d'énergie. Ce phénomène est à la fois un facteur et une caractéristique du développement industriel.

A l'heure actuelle, dans l'Inde, la puissance électrique installée ne dépasse pas 6 000 MW. Une évaluation sommaire montre que plus de 50 pour cent de cette production est assurée par le charbon, plus de 40 pour cent par les ressources hydrauliques et 5 pour cent par l'huile lourde de pétrole (Diesel). On estime qu'à la fin de la deuxième période quinquennale, c'est-à-dire en mars 1961, l'hydroélectricité représentera plus de 50 pour cent de la production totale, le charbon 45 pour cent et le pétrole moins de 5 pour cent.

La situation énergétique de l'Inde est caractérisée par un taux de développement très rapide. La capacité de production a doublé au cours du premier plan quinquennal (1951-1956), passant de 1 700 MW à 3 400 MW. On prévoit qu'elle doublera à nouveau au cours du deuxième plan, de sorte qu'en mars 1961 la puissance installée devrait être proche de 7 000 MW.

Bien qu'il soit impossible de savoir exactement quel sera le taux de croissance réel au cours des prochaines décennies, les experts prévoient que le rythme actuel se maintiendra pendant une vingtaine d'années. Si la puissance installée continue à doubler tous les cinq ans, elle atteindra environ 30 000 MW en 1971. Sur la base de cette estimation, H. Bhabha et N. Prasad ont montré, dans un mémoire présenté à la Conférence de Genève en 1958, que même si un ralentissement progressif devait se manifester après 1971, la puissance installée serait de l'ordre de 350 000 MW à la fin du siècle. Selon une estimation antérieure, elle atteindrait au moins 140 000 MW.

La différence entre ces deux estimations, pour frappante qu'elle soit, n'a pas une très grande importance : des extrapolations de ce genre ont nécessairement une valeur provisoire, surtout aux premiers stades d'une planification démocratique à très grande échelle. C'est l'ordre de grandeur qui importe. Même si l'on adopte une moyenne arbitraire entre les deux estimations, il faut admettre que, dans une quarantaine d'années, la puissance installée de l'Inde sera passée de moins de 6 000 MW à environ 245 000 MW. En d'autres termes, il faut prévoir une multiplication par plus de 40 en 40 ans environ.

Bien entendu, ces estimations portent sur le développement de l'offre, et elles reposent sur deux hypothèses, premièrement que l'accroissement de la demande rendra absolument nécessaire une augmentation de l'offre de cette ampleur et deuxièmement,

qu'il sera possible d'augmenter l'offre de façon à faire face à l'accroissement de la demande.

La première hypothèse ne laisse guère de place au doute. L'expansion de l'industrie et de l'économie en général, qui a déjà commencé, exigera un accroissement rapide et continu de la production d'énergie. L'augmentation de la population de l'Inde constitue un facteur encore plus important. Ce mouvement est d'une telle ampleur que, même s'il ne devait pas y avoir d'accroissement de la consommation par habitant, il faudrait néanmoins que la production totale d'électricité soit très largement augmentée. L'Inde compte actuellement quelque 400 millions d'habitants et, si l'on considère le rythme d'accroissement, il faut prévoir au moins 500 millions d'habitants en 1985 et 600 millions à la fin du siècle. Par conséquent, pour que l'Inde puisse développer de façon appréciable sa consommation d'énergie par habitant, compte tenu de l'augmentation de sa population, l'accroissement de la puissance totale installée devra certainement être de l'ordre de grandeur indiqué dans les estimations précitées.

La deuxième hypothèse appelle un examen plus détaillé. Le point de départ de cet examen doit être une évaluation de la demande future et des ressources disponibles pour satisfaire cette demande. Les prévisions mentionnées plus haut en ce qui concerne les perspectives de développement ne seront peut-être pas exactement confirmées par la réalité, mais à coup sûr elles indiquent l'ordre de grandeur qu'atteindra le volume de la demande. Il n'est donc pas excessif de compter que, dans un peu plus de 10 ans, l'Inde aura besoin d'une puissance installée de près de 30 000 MW et dans 25 ans, d'environ 10 000 MW..

Ressources existantes

Dans quelle mesure cet accroissement de la demande pourra-t-il être satisfait au moyen des sources classiques d'énergie ? Le pétrole, dont l'apport actuel est réduit, peut être négligé. Les réserves de pétrole reconnues sont faibles et, bien que de nouvelles réserves puissent être découvertes, elles ne seront sans doute pas suffisantes pour modifier les perspectives d'ensemble. Du reste, le pétrole servira vraisemblablement de plus en plus à des fins autres que la production de courant, par exemple aux transports routiers. Il faut donc penser avant tout au charbon et aux ressources hydrauliques.

On estime que le potentiel hydro-électrique total de l'Inde est de l'ordre de 35 000 à 40 000 MW. Même si la totalité de ce potentiel est exploitée dans 25 ans, il faudra encore que 60 000 MW au moins de la capacité de production soient fournis par le charbon pour que la demande - telle qu'elle a été estimée ci-dessus - puisse être satisfaite. Il faudrait pour cela consommer chaque année plus de 200 millions de tonnes de charbon.

Les réserves totales de charbon de l'Inde sont comprises, selon les estimations, entre 40 et 60 milliards de tonnes. Compte tenu de l'importance

de la population, ce chiffre ne peut être considéré comme élevé. Il représente actuellement de 100 à 150 tonnes par habitant, contre environ 15 000 tonnes aux Etats-Unis, plus de 3 000 tonnes en Grande-Bretagne et plus de 2 000 en Chine.

Si la consommation annuelle de charbon s'élève à 200 millions de tonnes vers 1984, les réserves totales de charbon pourraient durer un peu plus de 200 ans au taux de consommation atteint à cette époque, mais, comme ce taux ne manquera pas d'augmenter, les réserves seront épuisées beaucoup plus vite. Une pénurie aiguë se fera sentir bien avant l'épuisement total. Dans leur mémoire à la Conférence de Genève, H. Bhabha et N. Prasad écrivent : "Nous devons prévoir, même en calculant au plus juste, que l'Inde atteindra en 1986 le stade où un nouvel accroissement de la production charbonnière deviendra de plus en plus difficile et onéreux. Il se peut même que l'Inde atteigne ce stade entre 1970 et 1980. La production de grandes quantités d'électricité au moyen de centrales thermiques fonctionnant au charbon serait alors une lourde charge à éviter, dans la mesure du possible, et une opération qui rendrait l'électricité beaucoup plus onéreuse qu'elle ne l'est à présent. On a souligné que les prix du charbon dans l'Inde se sont accrus de plus de 50 pour cent au cours des 12 dernières années, et il est probable qu'ils auront encore beaucoup augmenté en 1986, au fur et à mesure de l'accroissement annuel de la production de charbon."

On notera que les auteurs du mémoire n'envisageaient pas un accroissement de la demande d'électricité aussi important que certains autres spécialistes. Pourtant, même en fondant leurs prévisions sur des estimations plus réservées, ils ont calculé qu'en 1986 la puissance installée totale serait de 50 000 MW, dont 60 pour cent au plus proviendraient de ressources hydrauliques, et qu'il serait anti-économique de compter exclusivement sur le charbon pour les 40 pour cent restants. Ils envisageaient donc qu'en 1986 l'Inde aurait une puissance nucléaire installée de 10 000 MW, tandis que les ressources hydro-électriques et le charbon contribueraient au bilan énergétique pour 30 000 MW et 10 000 MW respectivement. Si la puissance installée totale devait être plus grande qu'ils ne le prévoient, il faudrait augmenter en conséquence la contribution de l'énergie nucléaire.

Besoins immédiats

La question se pose alors de savoir si l'Inde a besoin de recourir immédiatement à l'énergie nucléaire. Il est évident que ce besoin se fera sentir dans moins de vingt ans, mais on peut se demander s'il faut commencer dès maintenant à y faire face. Pour répondre à cette question, il importe de considérer certaines caractéristiques de la situation énergétique du pays.

En ce qui concerne l'hydro-électricité, la pleine exploitation du potentiel total dépendra de facteurs nombreux et complexes, dont certains pourraient

rendre l'entreprise peu rentable dans certaines régions. On a, par exemple, fait observer que les fleuves de l'Inde centrale et méridionale ne sont pas alimentés par la fonte des neiges, mais par la mousson. La mise en valeur du potentiel hydro-électrique qu'ils représentent implique la construction de grands bassins de retenue. En considérant les perspectives immédiates, les plans de production hydro-électrique peuvent aussi présenter certains inconvénients. Ces projets supposent la construction de barrages et d'autres grands travaux de longue haleine, ce qui risque de retarder le processus d'industrialisation des régions qui ne disposent d'aucune source d'énergie. Dans ces régions, on est souvent obligé de construire des centrales thermiques même si le charbon doit être transporté sur de longues distances. Ce fut le cas de plusieurs centres industriels comme ceux d'Ahmedabad, de Bombay et de Madras. Ces centres pourront finalement être alimentés à l'énergie hydro-électrique, mais pour satisfaire leurs besoins immédiats, il a fallu construire d'abord des centrales thermiques.

Pour ce qui est de l'électricité d'origine thermique, plusieurs facteurs font que, dans certaines parties de l'Inde, il serait tout à fait anti-économique de tabler sur le charbon. Près de 80 pour cent du charbon produit dans l'Inde vient de la vallée du Damodar, en Inde orientale, et pour produire du courant d'origine thermique dans les autres régions de l'Inde, il faut d'abord transporter le charbon à de grandes distances. Le problème ne consiste d'ailleurs pas seulement à alimenter en charbon les centrales thermiques de l'Inde méridionale, septentrionale et occidentale; cette localisation représente aussi une lourde charge pour les moyens de transport du pays. En effet, non seulement les chemins de fer éprouvent des difficultés à fournir les wagons requis en nombre croissant - et la difficulté augmentera vraisemblablement avec le développement de l'énergie thermique - mais encore ils doivent supporter des pertes financières qui augmentent avec le nombre des wagons affectés au transport du charbon puisque les tarifs appliqués à ce transport ne couvrent pas les frais qu'il entraîne.

Dans ces conditions, les autorités indiennes estiment que, pour plusieurs régions du pays, il est possible et souhaitable de recourir immédiatement à l'énergie nucléaire. L'an dernier, à la Conférence générale, H. Bhabha a cité l'exemple suivant : "La puissance installée actuelle du réseau de Bombay est de plus de 500 MW, et l'on prévoit qu'elle atteindra près de 800 MW en 1963, grâce aux centrales hydro-électriques et thermiques actuellement en construction. L'étude de la courbe de charge du réseau fait apparaître un facteur d'utilisation de plus de 69 pour cent, alors qu'en raison du prix du charbon le coût de l'énergie thermique produite dans cette région est d'environ quatre centièmes de roupie, soit quelque 9 mills par kWh. Il s'agit donc manifestement d'une région où, du fait de la nécessité de transporter le charbon sur de grandes distances, une centrale nucléaire de 150 ou même 250 MW pourrait être mise

en place sans difficulté et fonctionner avec un facteur d'utilisation élevé".

Les combustibles et le coût

Les analyses et estimations qui précèdent semblent conduire à la conclusion inéluctable que, dans moins de vingt ans, l'Inde aura besoin d'une quantité importante d'énergie d'origine nucléaire pour soutenir le rythme de son développement économique, et qu'il existe d'excellentes raisons de mettre en place sans délai des centrales nucléaires dans certaines régions éloignées des mines de charbon et ne disposant que de ressources hydrauliques rares ou difficiles à mettre en valeur.

Une autre considération technique justifie la mise en place rapide de quelques centrales nucléaires dans l'Inde. Il s'agit de la nature des ressources du pays en matières premières nucléaires. Les réserves indiennes d'uranium ne sont pas suffisantes pour étayer un programme de production énergétique à très long terme, mais les réserves de thorium le sont. Les premières sont estimées à un peu plus de 30 000 tonnes, au total, tandis que les réserves connues de thorium sont d'environ un demi-million de tonnes. Ces importantes réserves de thorium sont contenues dans les gisements de monazite de la côte occidentale de l'Inde méridionale et dans ceux de l'Etat de Bihar, en Inde orientale. Ces deux gisements contiennent de 8 à 10 pour cent de thorium et plus de 0,3 pour cent d'uranium. On trouve aussi de l'uranium dans l'Etat de Bihar et dans l'Etat de Rajasthan, au nord.

Finalement, la production énergétique de l'Inde devra reposer principalement sur le thorium. Mais on sait que le thorium est, en fait, une source de combustible nucléaire plutôt qu'un combustible proprement dit. Il n'a pas d'isotopes fissiles mais, irradié par des neutrons, le thorium-232 peut être transformé en uranium-233, qui est un produit fissile. L'irradiation peut se faire dans un réacteur alimenté par un produit fissile comme le plutonium ou l'uranium-235. L'isotope 235 ne peut être séparé de l'uranium naturel que par une opération complexe et extrêmement onéreuse, mais le plutonium peut être produit dans un réacteur alimenté à l'uranium naturel : le plutonium, à son tour, peut servir à la fois à faire fonctionner un réacteur et à transformer du thorium en uranium-233. Enfin, l'uranium-233 ainsi produit peut remplir lui-même ce double rôle : faire fonctionner un réacteur tout en transformant du thorium en uranium-233.

Les cycles de combustible à prévoir dans un programme énergétique fondé sur le thorium sont donc assez complexes. Avant que l'Inde puisse faire usage de ses ressources en thorium pour la production d'énergie, elle devra passer par une série de stades préliminaires, au cours desquels les réacteurs de puissance seront alimentés d'abord en uranium naturel et ensuite en plutonium. Dans leur mémoire à la Conférence de Genève, H. Bhabha et N. Prasad ont écrit : "Quand on dispose de beaucoup

d'uranium pour réaliser un programme énergétique portant sur plusieurs dizaines d'années, l'étude des cycles de combustible n'est pas aussi importante aux stades initiaux. Dans le cas de l'Inde, le problème est rendu plus complexe par la nécessité de remplacer progressivement, au cours des 15 prochaines années ou à peu près, l'uranium par le thorium comme base du programme de production. Aussi est-il indispensable que la production de nouveaux combustibles nucléaires concentrés accompagne la production initiale d'énergie. Nous sommes donc tenus de prévoir non seulement la première génération de centrales énergétiques, mais une deuxième génération qui utilisera les combustibles produits par la première, et une troisième qui sera alimentée par le combustible produit par la deuxième".

Les estimations du coût de la production d'énergie nucléaire sont délicates, surtout quand le programme énergétique repose sur plusieurs combustibles employés successivement. Une difficulté supplémentaire est due au fait que les réacteurs surgénérateurs, capables de produire davantage de combustible qu'ils n'en consomment, sont encore au stade expérimental. Néanmoins, on a pu faire certaines estimations sommaires touchant le coût de l'énergie nucléaire dans l'Inde. Ces estimations montrent que, dans la plupart des cas, l'opération paraît intéressante sur le plan économique. Les autorités indiennes estiment que "au point de vue économique, l'énergie nucléaire est déjà en mesure de concurrencer le charbon dans la plupart des régions de l'Inde". Les auteurs de l'étude présentée à Genève ajoutent : "... avec les vastes réserves de thorium dont l'Inde dispose, de nouveaux investissements faits pendant les dix prochaines années en vue de produire de l'énergie nucléaire seraient amortis au cours des dix années suivantes et, ce qui est plus important, permettraient par la suite une expansion du programme énergétique au rythme le plus rapide qui soit jugé raisonnable, savoir un doublement tous les cinq ans pour une durée indéfinie".

Premières réalisations

C'est au Centre d'énergie atomique de Trombay que sont faites les recherches sur les applications pacifiques de l'énergie atomique. Le premier réacteur indien, Apsara, qui est du type "piscine", fonc-

tionne depuis plus de trois ans et deux autres réacteurs de recherche sont en construction. Il s'agit du réacteur Canada-India, qui est construit dans le cadre du Plan de Colombo en coopération avec le Canada, et du réacteur Zerlina, conçu et réalisé par des spécialistes et des ingénieurs indiens. Canada-India sera un réacteur de recherche à flux intense et à usages multiples; il comportera des "boucles" dans lesquelles on pourra procéder à des essais sur différents types de réacteurs de puissance. D'autre part, il produira de grandes quantités de radioisotopes pouvant servir dans l'agriculture, en biologie, dans l'industrie et en médecine.

Le troisième réacteur, Zerlina, sera un réacteur d'énergie nulle servant à étudier les réseaux dans le cas des réacteurs employant l'uranium naturel comme combustible et l'eau lourde comme modérateur. On a commencé l'étude et la réalisation d'un prototype de réacteur de puissance à uranium naturel, modéré à l'eau lourde, et à fluide de refroidissement organique.

Des progrès sensibles ont également été accomplis dans l'installation d'usines produisant les matières nécessaires à un vaste programme d'énergie nucléaire, ainsi que de laboratoires spéciaux pour les travaux de radiochimie. Une usine de production du thorium à partir des sables de monazite fonctionne depuis plusieurs années, et une usine de production d'uranium métal de pureté nucléaire est en service depuis le début de l'année. Une fabrique de cartouches de combustible est achevée, et des prototypes de cartouches destinés aux réacteurs de recherche ont déjà été produits. Des recherches sont en cours dans l'Etat de Bihar en vue de la création d'une puissante installation de traitement des minerais d'uranium.

En ce qui concerne les ralentisseurs, une usine d'eau lourde d'une capacité annuelle de plus de 14 tonnes est en construction à Nangal, dans le cadre d'un grand ensemble de production d'engrais. On étudie également la possibilité de produire de l'eau lourde dans d'autres usines d'engrais en construction dans le pays. D'autre part, on étudie la possibilité de produire du graphite nucléaire à partir de matières premières locales et une décision sur la construction d'une usine semble devoir être prise prochainement.