centrales au charbon pourrait être 20% moins chère que l'électricité nucléaire.

Le climat d'extrême concurrence envisagé pour le Royaume-Uni ne se rencontre pas dans d'autres pays (et la situation au Royaume-Uni a elle-même changé du fait que des centrales nucléaires sont maintenues dans le secteur public), de sorte que des conditions et hypothèses se situant dans les marges fixées pour les études internationales s'avéreront généralement satisfaisantes.

Choix du combustible

Il n'est pas question de recommander que les autres pays adoptent la méthodologie et les hypothèses utilisées pour les études internationales des coûts lorsqu'ils veulent faire une évaluation comparative de l'option nucléaire ou des autres options pour la production d'électricité en régime de base.

Chaque gouvernement et chaque exploitant choisiront de tenir compte de leurs propres besoins et de leur politique, de leur situation en matière de ressources, d'infrastructure et de main-d'œuvre, de leur expérience technique dans le secteur et des effets de la production d'énergie sur l'économie et sur l'environnement. La plupart rechercheront un assortiment équilibré de centrales qui tienne compte à la fois des charges financières et de ces diverses considérations plus générales.

Evaluation macro-économique du développement nucléo-électrique en Chine

Rapport sur les perspectives d'avenir du programme d'équipement dans les régions côtières

par Dadi Zhou, G. Woite et Chuanwen Hu

Le programme chinois d'équipement nucléo-électrique en est à ses débuts.

Deux centrales nucléaires sont en cours de construction. L'une d'entre elles, la centrale de Qinshan, de 300 mégawatts électriques (MWe), se trouve dans la province de Zhejiang. Elle a été conçue sur place et la plupart de ses équipements ont été fabriqués en Chine. Elle doit être reliée au réseau en 1991. L'autre est située à Daya Bay dans la province de Guangdong. Elle comporte deux tranches de 900 MWe qui ont été achetées à l'étranger et devraient être mises en service en 1992 et 1993 respectivement.

Dans l'ensemble, le programme nucléo-électrique chinois a progressé très lentement au cours de ces 30 dernières années, à la différence des autres domaines du nucléaire. A quoi cela tient-il? De nombreux facteurs ont pesé sur le développement de ce programme, en particulier la structure et l'évolution des systèmes économiques et énergétiques nationaux.

Le système énergétique chinois: structure et évolution

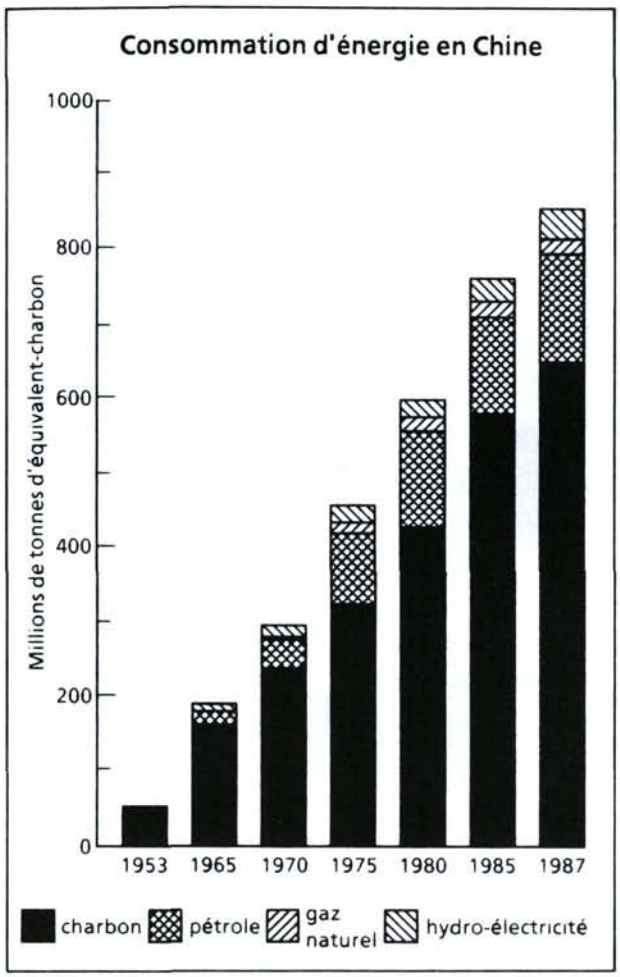
Pendant les 40 années qui ont suivi la fondation de la République populaire de Chine, l'industrie énergétique a fait des progrès considérables. En 1988, la production totale d'énergie primaire atteignait 958 millions de tonnes d'équivalent-charbon (tec), soit 39 fois plus qu'en 1949. Le taux de croissance annuel moyen était d'environ 10% (*voir l'histogramme*). Pendant cette même période, la production de charbon est passée de 32,4 à 983 millions de tonnes, soit un taux de croissance annuel moyen de 9,1%. La quantité d'électricité produite a augmenté de 4,3 à 545 terawattheures (TWh) à un taux de croissance annuel moyen de 13,2%.

Au cours de la dernière décennie, la politique de réforme et d'ouverture à l'extérieur a stimulé le développement de l'économie nationale. Les capitaux investis dans l'industrie et dans l'agriculture ont beaucoup augmenté pendant la période 1983–1987. Toutefois, dans le secteur de l'énergie, les investissements n'ont pas suivi ce mouvement, provoquant ainsi un écart considérable entre l'offre et la demande d'énergie.

Pénuries d'énergie. En 1988, la capacité des équipements consommateurs d'énergie atteignait 286 gigawatts, soit deux fois et demie la capacité de production du réseau. Les pénuries d'énergie électrique et de pétrole touchent presque toute la Chine. Le déficit énergétique annuel s'élève à environ 75×10^9 kilowattheures (kWh). Ces pénuries perturbent gravement la vie économique du pays. Pour remédier à cette situation, quelques petites centrales thermiques de faible rendement, équipées de petits moteurs diesel, ont été mises en service dans bon nombre de régions (notamment dans les zones côtières à forte croissance).

Il est clair que ces pénuries sont très préjudiciables à l'économie nationale. Le développement énergétique est un élément indispensable à l'essor économique de la Chine.

M. Zhou est chef de la Division d'analyse des systèmes énergétiques de l'Institut de recherches sur l'énergie de Beijing (Chine). M. Hu est un expert dont les services ont été gracieusement mis à la disposition de l'Agence, et M. Woite est membre de la Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA.



Le Gouvernement chinois se penche attentivement sur le problème et il est en train d'adopter des mesures qui doivent permettre d'accélérer le développement de l'industrie énergétique afin qu'il suive le rythme des ajustements structurels opérés dans l'industrie.

Par principe, la Chine fonde sa politique de développement énergétique sur l'utilisation des ressources locales. Le pays abonde en charbon, sa principale source d'énergie, et il dispose d'un vaste potentiel hydroélectrique. Ses réserves connues de charbon s'élèvent à 860×10^9 tonnes, et le potentiel hydroélectrique, dont 8% seulement ont jusqu'ici été exploités, est de 380×10^6 kW. Il est le premier producteur et consommateur de charbon du monde: 980 milliards de tonnes en 1988.

Cette même année, la consommation d'énergie industrielle par habitant s'élevait à 800 kilogrammes d'équivalent-charbon, soit un tiers de la moyenne mondiale. Le taux de consommation d'énergie par unité de produit intérieur brut (PIB) comptait parmi les plus élevés du monde. Une mauvaise gestion, des équipements vieillissants, une technologie arriérée et des habitudes de gaspillage maintiennent le rendement de production et d'utilisation de l'énergie à des niveaux très bas.

La Chine a une économie planifiée et la plupart de ses quotas de production, de distribution et de consommation d'énergie sont fixés par le Plan. Les capitaux investis dans le secteur de l'industrie énergétique ont été insuffisants; en 1988, ils ne représentaient que 8,6% du total des immobilisations. De plus, ces fonds limités ont de préférence été alloués à des projets à court terme visant à répondre aux besoins en énergie les plus immédiats. Il en résulte que des projets tels que les projets de centrales hydroélectriques et de centrales nucléaires dont la construction demande du temps et entraîne des frais d'équipement élevés n'ont pas pu être exécutés faute de ressources suffisantes. Ceci n'a fait qu'aggraver la situation énergétique du pays.

Par ailleurs, les recettes des compagnies d'électricité ne couvrent pas leurs dépenses. Les prix des produits énergétiques qui sont fixés par l'Etat sont longtemps demeurés trop bas et la taxation de l'industrie énergétique est peu rationnelle. Cette situation doit changer si l'on veut que le secteur de l'énergie se développe véritablement.

La stratégie de développement énergétique à moyen terme de la Chine peut se résumer comme suit:

- Accorder une égale attention au développement de l'énergie et à sa conservation;
- Améliorer les structures de production, les réseaux de distribution et les méthodes de gestion de l'énergie;
- Développer les industries énergétiques en donnant la préférence à la la production d'énergie électrique et en faisant essentiellement appel au charbon; exploiter activement le pétrole et le gaz naturel et faire de gros efforts pour développer l'énergie hydroélectrique et nucléo-électrique;
- Faire en sorte que les décisions prises en matière de production et d'utilisation de l'énergie tiennent compte de tous les aspects et impacts technologiques économiques et environnementaux du problème.

Le charbon, principale source d'énergie

Le charbon occupe une place prépondérante dans le développement socio-économique de la Chine. En 1987, il assurait 72,6% de la production totale d'énergie primaire, 76,3% de la consommation totale d'énergie primaire, plus de 80% de la production d'énergie thermique et 90% de la consommation d'énergie domestique. Les experts chinois s'attendent que, d'ici à la fin de ce siècle, la production charbonnière avoisine les $1,4 \times 10^9$ tonnes.

Ces dernières années, on mesure de plus en plus nettement les inconvénients d'un recours massif au charbon. On est conscient qu'une forte augmentation de la production et de l'utilisation de charbon risque d'aggraver les difficultés de transport et les problèmes d'environnement.

Rendement énergétique. En Chine, le rendement de l'énergie consommée n'est que de 26%. Pour le charbon, il est encore plus bas (20% seulement). Le rendement thermique moyen du charbon à usage domestique ne dépasse pas 15 à 18%. Une raison importante à cela est que, dans le pays, le matériel fonctionnant au charbon est dans sa majeure partie ancien et peu efficace. En outre, les foyers à ciel ouvert sont très courants dans les régions rurales. Le feu au charbon ne peut s'éteindre ou se rallumer à volonté comme le gaz ou l'électricité et on le laisse d'ordinaire brûler pendant toute la journée ou toute la nuit.

D'après des statistiques publiées en 1988 par l'Institut mondial des recherches sur les ressources, en Chine, la

consommation d'énergie par unité de PIB (exprimée en dollars des Etats-Unis) est 4,97 fois plus élevée qu'en France, 2,1 fois plus élevée qu'aux Etats-Unis et 1,65 fois plus élevée qu'en Inde.

Transports. La répartition géographique des bassins houillers chinois est très irrégulière. Plus de 80% des gisements de charbon se concentrent dans le nord et le nord-ouest du pays. Cependant, les zones côtières développées de l'est et du sud de la Chine absorbent plus de 74% de la production charbonnière. Une masse considérable de charbon doit être acheminée à travers le pays (*voir la carte*). A peu près 60% de la production totale de charbon, soit quelque 600 millions de tonnes par an, est transportée principalement par chemin de fer, accaparant 40% du volume brut de fret ferroviaire, et par voie d'eau, représentant environ un tiers du fret circulant sur les cours moyens et inférieurs du fleuve Changjiang et dans les eaux côtières. Les distances qui séparent les bassins houillers du nord de la province de Shanxi d'une part, de Shanghai, Xiamen et Guangzhou, villes toutes trois situées sur la côte, d'autre part, dépassent 2000, 2800 et 3300 kilomètres respectivement.

Pour assurer l'approvisionnement énergétique des zones côtières, on donne la priorité au transport du charbon, même si cela doit retarder les autres expéditions. L'insuffisance des moyens de transport a considérablement freiné le développement des industries dérivées du charbon et nui au bon fonctionnement du réseau électrique, causant de lourdes pertes économiques. Dans certaines régions charbonnières, les quotas de production sont fixés en fonction des volumes transportables.

Développement des centrales au charbon. On estime que, d'ici à l'an 2000, la puissance installée thermique au charbon devrait croître, à raison de plus 10×10^6 kilowatts par an. Les nouvelles centrales seront, pour la plupart, construites dans l'est et le sud de la Chine. Pour mettre en œuvre ce programme, il est indispensable de développer l'infrastructure des moyens de transport — voies ferrées, ports et canaux — et de fabriquer le matériel roulant et navigant. Dans le même temps, il faut tenir pleinement compte d'autres facteurs socio-économiques, écologiques et démographiques, tels que les problèmes d'investissements financiers, d'occupation des sols, de migrations internes et d'emploi.

Problèmes d'environnement. En Chine, une grande partie de la houille sert à la combustion directe et la majorité des installations consommatrices fonctionnent sans système de désulfuration des fumées ou autres dispositifs d'épuration. La combustion massive de charbon a gravement pollué l'environnement. Dans de nombreuses villes chinoises, la pollution de l'air et du sol par les cendres volantes et l'anhydride sulfureux est supérieure aux niveaux fixés par l'Etat.

C'est ainsi que, dans 19,4% des villes où les autorités surveillent la teneur de l'atmosphère en anhydride sulfureux, celle-ci dépasse les normes réglementaires et, dans certaines agglomérations, atteint des valeurs parmi les plus élevées du monde. Quelques villes de la Chine centrale, comme Chongqing, Changsha et Nanchang, ont été gravement atteintes par les pluies acides, très préjudiciables à la santé des habitants et au développement économique du pays. L'effet de serre et les

changements climatiques affecteront gravement les régions côtières de la Chine. C'est pourquoi il importe de réduire progressivement la consommation de combustibles fossiles et de restructurer la production en recourant à des ressources énergétiques non fossiles.

Le régime des prix de l'énergie en Chine

Le recours à une méthode d'analyse quantitative est nécessaire pour l'évaluation économique des centrales électriques. Pour comparer les coûts des centrales nucléaires et ceux des centrales thermiques au charbon, par exemple, on se base sur les différents prix des matériels et des matières. Or, en Chine, le système des prix est très complexe et unique en son genre. Cela rend difficiles les analyses macro-économiques et micro-économiques et nuit beaucoup à leur comparabilité avec les évaluations internationales.

Avant d'entreprendre sa politique de réformes en 1980, la Chine suivait un modèle économique caractérisé par une planification très centralisée. Le gouvernement allouait des crédits pour investissement et des quotas de production à chaque secteur. Il fixait les prix des principaux biens de production et de consommation, par souci de maintenir un équilibre social dans l'économie nationale. Les entreprises s'efforçaient de remplir leurs quotas de production, sans faire de profits.

Pendant les années 80, la réforme économique a amené de grands changements dans la gestion. Pour compléter le système de planification centralisée, on a fait appel à des mécanismes d'ajustement au marché. On a renforcé le pouvoir de décision économique des autorités locales et réduit l'autorité du gouvernement central. Un système financier à deux niveaux a été mis en place à l'intention respectivement du gouvernement central et des autorités locales, et la réforme économique a incité les entreprises à travailler pour leur propre profit.

Depuis 1984, un régime de doubles prix a été officiellement mis en œuvre. Pour un même produit, l'Etat fixe des prix faibles pour la production planifiée, et laisse les prix de la production non planifiée fluctuer librement en fonction du marché. Il arrive même que la production planifiée ait deux ou plusieurs prix qui varient en fonction des quotas de production et de consommation.

Pour le charbon des houillères de l'Etat, le Plan prévoit trois types de prix (prix au carreau). Le prix plancher s'applique à la production de base qui est équivalente à celle de 1982. Un prix de 50% plus élevé est fixé pour les quantités qui, produites pour remplir les quotas de l'année en cours, excèdent la production de base. Le troisième prix, qui est deux fois supérieur au prix plancher, s'applique aux quantités qui excèdent les quotas de l'année en cours. Le prix moyen à la consommation est calculé par pondération de ces quantités et est donc fonction de la production marginale.

Avec ce système, la plupart des houillères de l'Etat sont déficitaires et doivent être subventionnées. Qui plus est, dans le déficit, on ne compte que les dépenses courantes d'exploitation et on exclut les coûts de prospection et d'investissement. En d'autres termes, les prix sont inférieurs aux coûts de production courants, et bien plus encore aux coûts de production marginaux à long terme dans la majorité des mines de l'Etat.

Le prix du charbon produit par les exploitations locales de l'Etat (dans les provinces ou les circonscriptions) est fixé par les autorités locales. Ce prix diffère d'une région à l'autre et varie suivant les ressources énergétiques disponibles sur place et les subventions versées par les autorités locales.

En Chine, il existe un troisième type de mines de charbon: les mines communales exploitées par les agriculteurs, qui représentent environ un tiers de la production charbonnière chinoise. L'exploitation de ces mines obéit exclusivement au marché et les prix de leurs produits fluctuent en fonction de l'offre et de la demande.

Dans la région de la côte est, où le charbon doit être transporté sur de longues distances, et où sa production et son transport tombent sous le coup d'un système de prix multiples, les prix varient considérablement et subissent notamment de fortes hausses dès qu'il y a grave pénurie d'énergie. La production de pétrole et d'électricité connaît aussi un régime de prix multiples.

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, les prix actuels des produits énergétiques sont très bas et ne traduisent ni les coûts de production courants ni un profit raisonnable. Le marché non planifié n'est pas bien établi. Les prix des produits énergétiques diffèrent suivant le statut de ces produits dans le système de gestion économique mixte. Ils sont subordonnés à d'autres facteurs de caractère non économique: forme de propriété, sources de financement des investissements, liens avec le plan et circuits de distribution. Le système de prix multiples actuel pose des problèmes non seulement pour la gestion des prix de l'énergie, mais aussi pour l'évaluation des projets d'investissement.

En Chine, il faudrait réformer le régime des prix de l'énergie de même que le régime des prix tout court. Plusieurs concepts de prix énergétiques ont été proposés aux fins de l'analyse économique. La Commission nationale de planification a introduit le concept de «prix virtuel» pour l'évaluation des projets d'investissement. Le Centre de développement du Conseil d'Etat chinois et la Banque mondiale ont proposé lors d'une étude commune un prix du charbon «avantageux pour les mines». Le prix marginal est considéré comme fonction des quantités produites et consommées, et du facteur temps. Dans la région de la côte est, les prix du charbon produit hors quotas sont largement supérieurs aux cours internationaux. Ils reflètent la tendance de l'offre et de la demande sur le marché local.

Parc nucléo-électrique — Perspectives

Ces 30 dernières années, l'industrie nucléaire chinoise a considérablement progressé. Un cycle complet du combustible nucléaire, comprenant la prospection, le traitement du minerai d'uranium, la séparation isotopique, la fabrication du combustible et le retraitement du combustible irradié a été mis en place à l'échelle industrielle. Des équipes formées de spécialistes de la science et de la technologie nucléaires ont été constituées et ont acquis de l'expérience dans plusieurs domaines. La Chine est maintenant bien équipée pour développer son programme nucléo-électrique.

Le premier projet chinois, la construction de la centrale nucléaire de Qinshan, de 300 MWe, a été approuvé par le gouvernement au début des années 70. Malheureusement, il a été suspendu pendant plus de dix ans. Les responsables ont sous-estimé la demande d'énergie et la nécessité d'améliorer les structures du secteur énergétique. Ils n'ont pas accordé suffisamment d'attention à la place et au rôle du nucléaire dans le développement énergétique du pays. L'équipement nucléo-électrique n'a pas été planifié à long terme comme il faut. A la fin de 1989, le plan économique national n'avait pas encore défini les sources et modalités de financement de l'investissement dans les centrales nucléaires et dans l'industrie de fabrication de matériel nucléaire. La ventilation des fonds alloués aux différents ministères pour le développement du nucléaire n'avait pas été coordonnée. Faute de ressources suffisantes, la construction de la centrale de Qinshan a dû être différée et le second volet du projet, à savoir les deux tranches de 600 MWe, est encore en suspens bien qu'il ait été approuvé par le gouvernement en 1987. Pour assurer un financement national des centrales nucléaires, il faut que le nucléaire soit solidement intégré dans le plan énergétique national. Le retard est aussi dû aux longues discussions au sujet du type de réacteur et de la puissance à choisir.

Demande d'énergie et d'électricité. Les prévisions indiquent qu'en Chine la demande brute d'énergie primaire devrait dépasser $1{,}43 \times 10^9$ tonnes d'équivalent-charbon (tec) d'ici à l'an 2000. La production d'électricité devrait atteindre au moins 1200×10^9 kWh, avec une puissance installée de 240×10^6 kW. D'ici à 2015, on aura besoin d'une quantité d'énergie primaire égale à 2×10^9 tec. En tout état de cause, le charbon ne pourra à lui seul répondre à toute la demande.

Pour développer le réseau électrique, on prévoit d'accélérer la construction de centrales hydroélectriques, mais les ressources hydrauliques rentables sont limitées. Bon nombre des centrales hydroélectriques prévues seront construites dans les régions reculées du sud-ouest de la Chine. Pour évaluer la faisabilité de ces projets, il faut tenir compte de la technologie et de l'économie du transport de la force sur de longues distances. Certains projets hydroélectriques d'envergure, telle la centrale des Trois Gorges sur le Changjiang, sont controversés car ils posent des problèmes d'ordre financier et bio-écologique. Par ailleurs, la Chine ne compte plus construire de centrales au mazout.

Projections relatives au nucléaire. D'après le plan actuel de développement énergétique, le parc nucléaire devrait figurer parmi les trois principales sources d'énergie — thermique, hydraulique et nucléaire. L'objectif à court terme est de parvenir d'ici à la fin du siècle à une puissance installée nucléaire de l'ordre de 6 à 8 GWe, pour passer ensuite à 30 ou 40 GWe en 2015, soit 8 à 10% de la puissance installée électrique totale.

Comme les centrales nucléaires seront en priorité construites dans la zone côtière, la part du nucléaire dans ces régions atteindra des proportions importantes et l'on verra qu'il peut contribuer pour beaucoup à réduire le déficit énergétique, à décongestionner les transports et à atténuer la pollution atmosphérique. Dans les régions côtières de la Chine, la croissance économique est bien plus rapide que dans les provinces de l'intérieur. Ces régions connaissent de graves déficits énergétiques et attendent donc beaucoup du développement du nucléaire sur leur territoire; de plus, leurs autorités locales ont l'avantage de pouvoir élaborer leur propre stratégie économique.

L'évaluation de la faisabilité des projets nucléo-énergétiques destinés à la région côtière soulève deux problèmes essentiels.

Premièrement, elle requiert une analyse économique comparative fondée sur un système de prix rationnel et concurrentiel. Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, les prix actuels du charbon ne reflètent pas le coût réel de production (marginal à long terme). Pour comparer les coûts respectifs de l'énergie thermique au charbon et de l'énergie d'origine nucléaire, il convient de tenir compte des investissements et des coûts d'exploitation imputables au cycle du combustible dans son ensemble, c'est-à-dire du stade de la prospection jusqu'à celui du transport inclus. En outre, comme la plupart des centrales nucléaires chinoises seront mises en service après l'an 2000, le prix de référence du charbon choisi pour le calcul devrait être actualisé jusqu'à cette date ou au-delà, et ce pour tenir compte du facteur temps et de l'écart entre l'offre et la demande.

Deuxièmement, il faudrait évaluer les avantages socio-économiques que l'équipement nucléo-énergétique pourrait offrir à long terme. Dans les zones côtières fortement peuplées, dont l'essor est freiné par les pénuries d'énergie, le nucléaire serait un bon moyen de répondre à la demande d'énergie à long terme.

Questions importantes. Les points ci-après sont déterminants pour l'avenir de l'énergie d'origine nucléaire dans les régions côtières de la Chine:

- Il existe de graves pénuries d'électricité et d'énergie qui, les prévisions le montrent, persisteront;
- Il importe d'établir un régime des prix rationnel et concurrentiel qui permette de faire une analyse économique comparative valable des cycles des combustibles nucléaire et classique;
- Il faudrait procéder à une évaluation globale des technologies énergétiques, en étudiant notamment leurs incidences sur la société, sur la santé et sur l'environnement.
- Il conviendrait de faire une étude macro-économique de la région côtière qui est densement peuplée et se développe rapidement.

En conclusion, si l'on veut répondre à la demande énergétique à moyen et à long terme des régions côtières, il est indispensable de développer le nucléaire, car cette source d'énergie devrait suppléer dans une large mesure à l'insuffisance de l'offre d'électricité et devenir la pièce maîtresse d'une politique énergétique au service d'un développement économique à long terme.