Document generated on 10/06/2024 9:41 a.m.

Politique

Politique

Aléas des stratégies de diversification technologique des nouveaux pays industriels

Le programme électronucléaire au Brésil et en Corée du Sud

Michel Duquette and Yvan Lafrance

Number 18, Fall 1990

URI: https://id.erudit.org/iderudit/040668ar
DOI: https://doi.org/10.7202/040668ar

See table of contents

Publisher(s)

Société québécoise de science politique

ISSN

0711-608X (print)
1918-6584 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Duquette, M. & Lafrance, Y. (1990). Aléas des stratégies de diversification technologique des nouveaux pays industriels : le programme électronucléaire au Brésil et en Corée du Sud. *Politique*, (18), 33–62. https://doi.org/10.7202/040668ar

Article abstract

En règle générale, la théorie accueille favorablement les tentatives de diversifications technologiques auxquelles se sont livrées certains nouveaux pays industriels, à partir des années 70. L'expérience a cependant mis en lumière, dans le cas des ambitieux programmes électronucléaires du Brésil et de la Corée du Sud, les coûts et les difficultés particulières, voire quelquefois insurmontables, que pose la stratégie de diversification vis-à-vis des pays fournisseurs de technologie. Comme on le sait, celle-ci implique nécessairement une multiplication et une complexification des technologies elles-mêmes. Freeman propose, pour évaluer la prestation des NPI dans le processus d'acquisition, trois séries de facteurs explicatifs qui tiennent bien davantage à leur propre structure d'accueil — administrative, scientifique et industrielle — qu'à l'évolution de la conjoncture, donc des facteurs internationaux. Cet article se propose de révéler les zones de succès, mais aussi les lacunes du dispositif local d'encadrement du transfert technologique, qu'il s'agisse des agences gouvernementales ou des institutions responsables de la formation et de la maîtrise technologique.

Tous droits réservés © Société québécoise de science politique, 1990

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

érudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Aléas des stratégies de diversification technologique des nouveaux pays industriels

Le programme électronucléaire au Brésil et en Corée du Sud

Michel Duquette et Yvan Lafrance
Université de Montréal

Les nouveaux pays industriels (NPI) ont vu dans l'énergie atomique un symbole de progrès économique, une éventuelle source d'énergie à bon marché; certains y ont même vue l'acquisition d'une supériorité militaire sur le plan régional. Une littérature, que nous qualifierons de «classique», a cru retrouver dans les «conditions internationales» relevant de l'évolution de la conjoncture, c'est-à-dire exogènes à l'économie politique des pays où s'opérait le transfert technologique, le moteur de la diffusion de cette énergie. On examina d'abord une série de facteurs «défavorables», entravant la diffusion rapide. Par la suite, on se rendit compte que ces facteurs négatifs perdaient du terrain par rapport à divers facteurs «favorables» aidés par une conjoncture qui évoluait très rapidement. C'est ainsi que certains auteurs ont d'abord mis l'accent sur les stratégies de contrôle menées dans l'après-guerre par les premiers pays détenteurs de technologie nucléaire et ont insisté sur les entraves que les États-Unis, la Grande-Bretagne et le Canada

ont posées à la diffusion rapide de la connaissance (Burdeau et Chappez: 1979). Autre facteur défavorable, celui-là postérieur à 1976, la doctrine Carter contribua également à ralentir la diffusion. Or, celle-ci s'amorçant dès le début des années 50 — en URSS, en France, en Chine, etc.—, d'autres facteurs devaient manifestement être pris en compte. D'où l'intérêt pour les facteurs qui ont facilité la diffusion. Deux dimensions furent alors mises en lumière. La première, au plan géopolitique, fut la stratégie américaine *Atoms for Peace* lancée par Eisenhower en 1953 dans le contexte de la Guerre froide, et qui joua un rôle capital lors des premiers traités entre les États-Unis et certains de leurs «alliés», traités portant sur le transfert de cette technologie (Damian: 1979; Walker et Lonnroth: 1983). La seconde se manifesta au plan macro-économique et mit en évidence le climat de compétition montante sur le marché international entre les nations détentrices du secret nucléaire pour l'ouverture de nouveaux marchés — Argentine, Israël, Corée du Sud, Brésil, Pakistan, Iraq — (Ha: 1982). Dans la nouvelle conjoncture, les NPI eurent de plus en plus la possibilité de choisir entre diverses technologies, certaines comportant même une fraction significative, voire l'ensemble du cycle de traitement du combustible. C'est en fonction de ce nouvel environnement que certains de ces pays se diversifièrent en direction de la filière européenne, pourtant plus complexe (Mirow: 1979; Parrott: 1980). En effet, la diversification des fournisseurs impliquait nécessairement l'accès à des technologies distinctes, c'est-à-dire plus «évoluées» par rapport à la technologie-mère d'origine américaine, à eau légère et uranium enrichi. Elle impliquait aussi l'accès à une technologie parallèle, ne dérivant pas de la filière américaine, c'est-à-dire le CANDU canadien, à eau lourde et uranium naturel.

Mais les facteurs exogènes et les «conditions internationales» ne rendent que partiellement compte de la réalité du transfert technologique dans cette filière de haute sophistication. En effet, en nous penchant sur les exemples du Brésil et de la Corée du Sud, et en nous familiarisant avec les modalités par lesquelles ces NPI ont engagé leur programme nucléaire, nous nous sommes rendu compte que cette entreprise de diversification — des fournisseurs aussi bien que des technologies—, que la littérature classique

présente invariablement comme un avantage pour ces pays, fut ponctuée de nombreux aléas. On observa notamment des difficultés d'exécution des projets sur le terrain, de nombreux délais et reports de chronogramme et enfin une élévation incontrôlable des coûts, qui abolit souvent toute perspective de rentabilité pour ces projets. Enfin, on se rendit compte que les deux pays réagirent différemment aux divers obstacles. La Corée se replia vers la filière originale de son programme, dans le cadre d'une politique de «standardisation» plus modeste. Le Brésil dut pratiquement abandonner le programme vu la fragilité des organismes chargés de l'implantation et la faiblesse de l'industrie locale, qui engendrèrent des délais interminables et des coûts exorbitants. La capacité évidente des NPI d'interpréter les «conditions internationales» et de mobiliser avec plus ou moins de succès leurs ressources en vue d'atteindre les objectifs d'un programme nucléaire a signalé le besoin de recourir à une autre approche, où s'affirmaient cette fois les facteurs «endogènes» de l'acquisition technologique.

Pour rendre compte davantage de cette nouvelle dimension qui a influé sur le succès du transfert technologique, les travaux si marquants de Christopher Freeman nous ont servi de second point de départ. S'interrogeant sur le succès très variable des entreprises de transfert technologique dans les pays «receveurs», cet auteur a été le premier à faire ressortir l'importance, plus marquante qu'on ne le croyait, de facteurs endogènes se situant au-delà de l'analyse classique, laquelle affirmait le primat des «conditions internationales». Il a conseillé d'étudier la démarche des pays receveurs en regard de trois critères d'évaluation (Freeman: 1982). Il a d'abord proposé la cohérence des objectifs de leur stratégie industrielle — notamment de leur politique énergétique — et de leur politique scientifique et technologique, de façon à évaluer le degré de pragmatisme de leur démarche. Ensuite, il a attiré l'attention sur l'évolution des formes contractuelles de ces transferts technologiques, qui ont rendu la diversification attrayante, c'est-à-dire moins coûteuse pour ces pays, la question du financement par le pays donateur étant centrale à cet égard. Enfin, il a insisté sur les efforts de formation et l'endogénisation du savoir technologique, et notamment sur les liens essentiels entre recherche gouvernementale et

industrie, vecteurs de l'apprentissage technologique. Il faut inclure ici les modalités de collaboration entre participants étrangers et participants nationaux, tant du secteur public que du secteur privé — le degré de présence étrangère, donc de contrôle sur l'économie, est un sujet éminemment sensible dans les NPI. Ces trois critères ne font pas abstraction de l'évolution du marché mondial de cette technologie, un marché marqué par une compétition croissante entre innovateurs; ces critères ouvrent plutôt un champ d'investigation stimulant de l'économie politique des NPI et de la compréhension des mécanismes d'apprentissage technologique à l'échelle internationale.

Facteurs exogènes: la montée de la compétition internationale entre pays innovateurs

L'industrie nucléaire s'est développée juste après la Seconde Guerre mondiale aux États-Unis, au Canada et au Royaume-Uni, pays qui avaient mis sur pied un programme militaire nucléaire. À cette époque, un contrôle de l'accès à l'information parut aux protagonistes un moyen suffisant pour éviter la propagation de cette technologie. Ces trois pays décidèrent donc de mettre un embargo sur la technologie et le combustible nucléaires. Comme on le sait, cette stratégie s'avéra un échec: d'autres programmes du même type virent le jour dans d'autres pays industrialisés, sur lesquels les premiers détenteurs de la technologie n'eurent pas de contrôle[1].

L'Union soviétique acquit la technologie nucléaire par son propre effort de recherche, alors que l'explosion nucléaire soviétique de 1953 établit une sorte d'«équilibre» Est-Ouest. Suivirent, comme on le sait, la bombe française et la bombe chinoise qui

---

1. Burdeau, G. et Chappez, J., «Problèmes internationaux de l'énergie nucléaire: Les difficultés d'une stratégie» dans P. Kahn, *De l'énergie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie: vers un nouvel ordre énergétique international?*, Paris, Librairies techniques, 1979, pp. 283-285.

mirent un terme aux espoirs de monopole des pays anglo-saxons. Réagissant promptement, les États-Unis, par le biais de leur programme «Atoms for Peace», et l'Union soviétique, avec sa participation à l'établissement de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), cherchèrent dès lors à prévenir dans d'autres pays la réalisation d'un programme nucléaire sur une base autonome, en mettant à la disposition de leurs alliés privilégiés, de l'Ouest comme de l'Est, quelques volets de leur technologie respective, sur la base d'un contrôle étroit de son transfert et de son adaptation.

L'effort déployé par les puissances mondiales pour prévenir la prolifération nucléaire avait pour but de conserver la configuration internationale au sein de laquelle ils étaient dominants et d'éviter la formation d'un système où plusieurs pays disposeraient d'une puissance militaire dissuasive. Les États-Unis étaient en compétition avec l'Union soviétique au moins pour deux raisons. D'abord, pour conforter leur avance technologique, les États-Unis devaient développer un programme nucléaire d'application civile. Ensuite, politiquement, les États-Unis souhaitaient conserver leur zone d'influence en resserrant l'intégration militaire et stratégique du monde libre. Ainsi furent-ils amenés à conclure une quarantaine d'accords de coopération avec des pays «amis», dans le cadre de la politique de l'«Atome pour la paix». Les Européens de l'Ouest tirèrent vite partie de la nouvelle situation[2].

Dans le domaine de l'exportation des centrales à uranium enrichi, l'industrie allemande suivie de l'industrie française entrèrent rapidement dans la compétition mondiale, tandis que les États-Unis perdaient, à partir de 1971 et au profit de l'Union soviétique, leur monopole de fourniture d'uranium enrichi. En effet, l'URSS offrait à ses clients — Europe de l'Est, Cuba — des capacités d'enrichissement, tandis que les pays européens se lançaient dans des entreprises conjointes telles que URENCO — RFA, Pays-Bas et Royaume-Uni — dans la centrifugation, ou EURODIF — Belgique, Espagne, France, Iran et Italie — dans la diffusion

---

2. Walker, W. et Lonnroth, M., *Nuclear power struggles*, London, George Allen & Unwin, 1983, pp. 9-11.

gazeuse[3]. En 1985, ces firmes seront responsables de 35 % de la production de combustible nucléaire enrichi pour tout le bloc occidental.

Premier facteur endogène: la cohérence des objectifs

La pratique brésilienne en direction de la filière nucléaire repose sur une tradition ancienne, ponctuée de nombreuses péripéties. Dans le cadre de l'institutionnalisation du Conseil national de recherche (CNPq) en 1951, qui chapeaute un certain nombre de laboratoires gouvernementaux de type universitaire, on approuve une stratégie visant la mise en valeur des ressources locales de minéraux radioactifs[4]. À partir de 1955, l'évolution du régime le rapproche davantage des États-Unis. On crée en 1956 la Commission nationale de l'énergie nucléaire (CNEN) pour appuyer les initiatives de l'industrie nationale[5]. C'est un premier pas en direction d'une collaboration plus étroite État-industrie.

À partir de 1961, la désorganisation de l'économie et du régime populiste s'avère moins favorable à ce type de développement. Sous les premiers présidents-militaires, on met davantage l'accent sur la filière hydro-électrique, compte tenu de potentialités importantes et de risques technologiques moindres. Les recherches sur le nucléaire stagnent. Si bien qu'au moment de la mise en chantier de la première centrale nucléaire en 1972 les analystes reconnaissent qu'il n'existe au Brésil aucune expertise d'ingénierie dans leur construction. Le *know how* local est visible ailleurs,

---

3. Goldsmith, Bertrand, Directeur des relations internationales de la CÉA, Communication présentée le 10 mai 1977 à la Conférence internationale sur l'énergie nucléaire et son cycle de combustible (Salzbourg, 2-13 mai 1977). *Note d'information*, Paris, Commissariat à l'énergie atomique, n° 6, juin 1977.

4 Ferreira, Evaristo S., *Internacionalização da industria nuclear e capital em relação a-tomicas*, Thèse M.S., Rio de Janeiro, UFRJ, février 1986, p. 137.

5 Girotti, Carlos A., *Estado nuclear no Brasil*, São Paulo, Editora Brasiliense, 1984, pp. 39-40.

dans les accélérateurs de particules et les applications industrielles, essentiellement médicales. Par rapport à la Corée, le Brésil aura donc connu une période initiale plus confuse.

À partir de 1974, la politique énergétique du Brésil eut pour objectif de réduire les pressions énormes que créait sur son économie le premier choc pétrolier: l'incertitude des approvisionnements auxquels était sujet son appareil productif et les coûts croissants associés à des importations de pétrole qui constituaient alors les 2/3 de ses besoins énergétiques. Dans un contexte de financement facile, obtenu à partir de la manne des eurodollars, le Brésil des militaires jouit pendant quelques années d'une marge de flexibilité financière suffisamment grande pour entreprendre une ambitieuse politique énergétique, où l'on distingue trois volets. D'abord, on note dans les années 70 l'expansion du réseau national à partir d'une trentaine de grandes centrales hydro-électriques destinées à doubler la capacité du pays en énergie continue. Puis une politique de substitution du pétrole, greffée à un programme de conservation d'énergie, où l'on cherche à réduire l'usage des dérivés du pétrole. Enfin, la «dépendance» vis-à-vis des sources énergétiques importées justifie, auprès de l'opinion locale et, dans une moindre mesure, auprès de l'opinion internationale, un objectif aussi audacieux qu'inattendu pour un pays du tiers monde jouissant de vastes ressources hydrauliques: la mise sur pied d'un programme d'équipement électronucléaire.

En 1961, la politique énergétique de la Corée du Sud est principalement orientée vers l'importation de pétrole, ce pays étant, comme le Brésil, fortement déficitaire au chapitre des ressources énergétiques. La plupart des centrales thermiques produisant de l'électricité fonctionnent au pétrole, que la Corée doit importer en totalité. Les 3/5 de sa consommation d'énergie proviennent du pétrole importé. Avec la crise de l'énergie, la facture pétrolière de 1970 à 1978 est multipliée par huit. Autre facteur aggravant, contrairement au Brésil, le pays dispose de ressources hydro-électriques limitées. Cependant, grâce à sa politique de promotion de ses exportations, la Corée est faiblement atteinte par ce premier

choc pétrolier[6]. Le deuxième choc de 1979 lui est beaucoup plus dommageable, à cause des politiques déflationnistes adoptées par les pays industrialisés qui réduisent alors leurs achats de produits industriels et à cause de la saturation des marchés de construction industrielle du Moyen-Orient, où la Corée réalisait jusque là d'importants projets. Dans ces conditions, il lui est plus difficile de financer ses achats de pétrole avec la seule recette de ses exportations. La hantise de l'endettement fait surface.

Privée de ressources énergétiques significatives, la Corée fait l'énoncé d'une nouvelle politique fondée sur l'électricité d'origine nucléaire, pièce maîtresse de la nouvelle stratégie, ainsi que sur les économies d'énergie et les énergies nouvelles. Ainsi, dans les deux pays, le choix du nucléaire procède de deux dynamismes distincts. En Corée, il apparaît comme une réponse à la crise pétrolière, tandis qu'au Brésil, outre ce facteur, la politique nucléaire s'insère dans le cadre plus général d'objectifs de développement économique et d'applications militaires. En effet, alors que le programme nucléaire semble la seule véritable solution de rechange pour la Corée, le Brésil peut aisément se rabattre sur d'autres sources d'énergie locales, notamment sur son énorme potentiel hydroélectrique. Les usages militaires de la filière civile sont bien connus. Les centrales produisent des déchets radioactifs, tel le plutonium, qui servent de matière première à la bombe à fission; le tritium issu de la contamination de l'eau lourde — filière canadienne — est la composante principale de la bombe à hydrogène, tandis que les usines d'enrichissement de l'uranium et de retraitement du minerai utilisé sont les lieux tout désignés de mise au point de telles armes.

En Corée, les firmes de services et les industries appelées à participer à la construction des projets nucléaires étant de propriété publique, on peut penser qu'il sera plus facile de planifier et de synchroniser l'implantation du programme nucléaire. Du côté des services publics, la Corporation de l'énergie électrique (KEPCO),

---

6. Roberts, G., *South Korea to 1990*, London, The Economist Intelligence Unit, 1985.

établie en 1961 dans l'esprit de la première politique énergétique, est une société autonome, responsable de la production, du transport et de la distribution. Selon son mandat, elle demeure propriétaire et gestionnaire de toutes les centrales nucléaires. Dans le volet proprement industriel, la Corporation de l'industrie lourde (KHIC) remonte à la Hyundai International, achetée par l'État[7]. Elle se voit réserver l'ensemble du marché des biens d'équipement tels que générateurs, réacteurs et chaudières[8]. La maîtrise d'oeuvre, dans la construction et la gestion, est du ressort de la Compagnie d'ingénierie (KOPEC)[9], société de services d'ingénierie qui exerce un monopole des services d'ingénierie dans l'énergie. Les origines de cette firme remontent à la Compagnie de génie nucléaire (KNE), créée dans les années 60 à partir du bassin d'ingénieurs de KEPCO. À cette époque, rappelons que, dans les autres filières énergétiques, les compagnies privées disposaient de leur propre service d'ingénierie. Mais Séoul, désireux de consolider les connaissances déjà acquises tout en les regroupant au sein d'une structure plus centralisée, transforma KNE en KOPEC au début des années 70[10].

De grandes différences de situation distinguent donc le Brésil de la Corée du Sud. Si l'on admet les analyses de Freeman, qui montrent bien que la technologie n'est pas de l'information librement disponible et aisément transférable, il importe de bien comprendre la nature et les modalités plus ou moins complexes

---

7. Jeffs, E., «A Major Programme Under Way», *Nuclear Engineering International*, vol. 28, n° 338, mars 1983, p. 51.

8. CNUCED, *Technological Impact of the Public Procurement Policy. The Experience of Power Plan Sector in the Republic of Korea*, New York, 1985, p. 24-25.

9. Les noms abrégés sous lesquels ces firmes sont connues sont formés à partir des noms anglais qui sont *Korea Electric Power Corporation* pour KEPCO, *Korea Power Engineering* pour KOPEC et *Korea Heavy Industries Corporation* pour KHIC.

10. CNUCED, *Technology Issues in the Energy Sector of Developing Countries, Technological Impact of the Procurement Policy. The Experience of the Power Plant Sector of Developing Countries*, New York, 1985.

des politiques technologiques et scientifiques mises de l'avant dans les NPI. Celles-ci sont susceptibles de rendre compte des difficultés et des succès rencontrés par les destinataires lors du processus de transfert. C'est pourquoi Freeman souligne, comme premier critère de succès, la cohérence des objectifs. À ce titre, on voit que le Brésil, soumis pendant la période 1950-1985 à divers régimes politiques, ne parvient pas à énoncer des objectifs de développement technologique cohérents, lesquels mettraient en valeur un savoir-faire déjà acquis. Le souhait de conserver le contrôle sur l'utilisation du minerai, au début des années 50, est vite abandonné au profit d'une politique de porte ouverte. L'intérêt pour les grands laboratoires gouvernementaux ne se maintient pas; la CNEN est éloignée du théâtre des opérations. Les recherches menées par le Groupe du thorium à Belo Horizonte (FINEP) ne sont pas non plus encouragées à long terme, tandis que le développement d'une filière nationale passe au second plan des préoccupations des militaires, au profit des projets hydro-électriques, puis de l'adoption d'une technologie américaine importée[11]. Qui plus est, celle-ci est aussitôt abandonnée, avant même d'avoir été pleinement dominée, au profit d'une autre technologie, d'origine allemande[12]. Ces virages incessants dans les objectifs empêchent la communauté scientifique brésilienne de participer pleinement à leur réalisation et entravent la maturation de collaborations significatives entre la recherche et le développement (R-D) mis au point dans les laboratoires gouvernementaux et l'industrie nationale. En Corée, par contraste, les objectifs sont plus cohérents: unité du régime politique, unité de la stratégie d'équipement électrique au service du complexe industriel en rapide émergence, création précoce d'agences publiques étroitement intégrées, centralisées et reliées à la grande

---

11. La technologie de la centrale Westinghouse de 600 mégawatts fonctionnant à l'eau légère et à l'uranium enrichi *(light water reactor* ou *LWR)*.

12. La technologie LWR évoluée, comportant des éléments de plus grande dimension, pour une centrale de 1300 mégawatts, et capable d'utiliser du combustible recyclé.

industrie nationale comme l'indique l'exemple de Hyundai et, enfin, mise en place d'un modèle d'industrialisation plus audacieux, basé sur la promotion des exportations. La démarche coréenne, par conséquent, est plus pragmatiste que celle du Brésil dont les efforts d'acquisition ont été considérables, mais moins cohérents et surtout très sectoriels. Comme on le voit, la cohérence doit associer les objectifs particuliers du programme nucléaire aux objectifs plus larges de la politique énergétique, de la stratégie industrielle, de la stratégie scientifique et technologique.

Deuxième facteur endogène: l'évolution des formes contractuelles à partir des conditions internationales

Dans l'hémisphère occidental, les relations privilégiées entre le Brésil et les États-Unis datent de la Seconde Guerre mondiale. C'est dans un climat de guerre froide qu'un premier accord militaire et stratégique est conclu en 1952 entre les deux pays. En Corée, le programme nucléaire s'amorce dans le cadre de la politique «Atoms for Peace» (L'Atome pour la paix). En 1956, les États-Unis signent avec ce pays une entente sur l'utilisation civile de l'énergie atomique; ils font de même avec le Brésil en 1965.

Au Brésil, la visite des représentants de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), en 1968, permet d'aller de l'avant dans l'implantation d'un premier réacteur de type LWR Westinghouse à Angra dos Reis, dans l'État de Rio de Janeiro (1969). Les termes du transfert technologique étant définis en 1972[13], la construction de la centrale Angra I commence, mais le Brésil souhaitait détenir le contrôle du cycle du combustible, c'est-à-dire qu'il voulait usiner lui-même son uranium local et recycler à des fins d'économie le combustible irradié, cela pour épargner ses

---

13. Accord de coopération pour les usages non militaires de l'énergie atomique, signé par le Brésil et les États-Unis. Les Américains imposent une série de contrôles sur l'usage du combustible irradié qui sera fourni en échange de minerai brésilien.

réserves. Or, cette maîtrise aurait également permis au Brésil de se doter à court terme d'armements nucléaires, et les Américains s'y refusèrent. Les relations entre les deux pays se refroidirent, et le Brésil travailla dès lors à un accord d'un type nouveau avec l'Allemagne fédérale, disposée à accepter le transfert de l'ensemble du cycle du combustible[14]. L'Allemagne était d'autant plus intéressée à un tel accord qu'en face de la montée du lobby écologiste et antinucléaire chez elle elle pensait résoudre plusieurs de ses problèmes. En transportant au Brésil sa capacité de traitement et de recyclage, elle y développerait, à l'écart de toute réglementation, sa technologie considérée comme très dangereuse à l'étape du recyclage et pourrait s'approvisionner en combustible chez son client sud-américain, tout en échappant aux critiques.

Quant au Brésil, il tourne ainsi le dos à une solution à la fois plus simple et moins coûteuse: le développement sur une base locale, à partir des connaissances acquises par la communauté scientifique nationale (Groupe du thorium à Belo Horizonte, FINEP), d'un programme nucléaire adapté aux ressources financières du pays et à ses besoins en énergie électrique[15]. Ces besoins anticipés et fortement surestimés, — on parle de projections de croissance de 14 % par an jusqu'en 1990 (Rapports annuels d'Eletrobias, 1972-1973-1974) —, servent de justification à l'installation d'une technologie importée, coûteuse et sophistiquée, mais comprenant, suprême avantage, le cycle complet du traitement du combustible.

L'accord germano-brésilien, conclu à la suite d'un rapprochement — perceptible depuis 1969 — entre Brasilia, la firme

---

14. Mirow, Kurt R., *Loucura nuclear. Os enganos do acordo nuclear Brasil-Alemanha*, Rio de Janeiro, Editora Civilização Brasileira, 1979, pp. 40-41.

15. «N'eût été la décision du gouvernement en 1967 d'orienter les recherches sur la filière basée sur l'eau légère et l'uranium enrichi, il est clair que nous aurions aujourd'hui (en 1980) construit un premier réacteur de 30 mégawatts fonctionnant à l'eau lourde avec de l'uranium naturel» Témoignage de José Goldemberg, dans *Jornal do Brasil*, 10 mai 1979. Consulter, du même : *Energia nuclear no Brasil: as origens das decisões*, São Paulo, Editora Hucitec, 1978.

Siemens, très présente au Brésil, et sa filiale Kraftwerkes Union (KWU), représente une première mondiale. Jusqu'à ce jour, les transferts technologiques ne portaient que sur certains éléments du cycle du combustible. Cette fois, un traité comprend l'éventail complet des services nucléaires, depuis la fourniture de réacteurs jusqu'au traitement et à l'enrichissement du combustible. L'accord arrive à point nommé pour la RFA: il est de nature à assurer pour au moins quinze ans, de pair avec les autres contrats signés en Asie du Sud-Est et en Argentine, la survie de son dispositif nucléaire, tant scientifique qu'industriel[16]. Au Brésil, les critiques de l'opposition chercheront la raison d'être du programme électronucléaire du côté d'inavouables ambitions stratégiques. On dit que les militaires auraient dès cette époque rêvé de mettre au point une bombe atomique «nationale» (Mirow, 1979; Pinguelli *et al.*, 1984; Ferreira, 1986)[17]. En témoigne le type d'entente contractuelle signée entre les deux pays, qui associe étroitement et dès le départ les industries allemande et brésilienne à l'étape de l'implantation, sans le passage par les étapes des contrats «clé en main» et des contrats dits «décomposés», qui permettent au donateur de se réserver certaines tâches de réalisation du projet, tandis que d'autres sont confiées à la responsabilité du pays acquéreur. Les contrats du premier type permettent la réalisation rapide d'un projet, mais comportent peu de retombées sur l'industrie. En outre, ils interdisent toute recherche de nature «parallèle» à partir du savoir faire acquis. Les Brésiliens voulaient faire vite et, surtout, ils désiraient travailler pour leur propre compte. Les contrats de type «clé en main» ou «décomposés» auraient imposé une présence étrangère trop active pour les objectifs qu'ils recherchaient.

---

16. Thomas, S. D., *The Realities of Nuclear Power*, Chapitre 6: The Federal Republic of Germany, Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1988, p. 151 et *sq.*

17. Le refus du Brésil de signer l'accord de non-prolifération nucléaire, au nom de la théorie de la sécurité nationale, vient conforter cette hypothèse. On aurait alors une situation se rapprochant du cas indien.

L'accord germano-brésilien fut aussitôt suivi par des négociations entre la France et deux autres NPI, la Corée du Sud et le Pakistan, autour de l'implantation d'usines pilotes de recyclage du combustible usé. En 1975, la Corée, la France et l'AIEA signent un accord limitant l'utilisation de la technologie et du matériel nucléaire à des fins non militaires. La France est d'autant mieux disposée à aider la Corée dans la construction des installations de recyclage du combustible qu'elle n'est pas signataire du Traité de non-prolifération nucléaire (TNP) de 1968, jugé trop conforme aux visées hégémoniques des grandes puissances.

La première explosion atomique souterraine provoquée par l'Inde en 1974 ravive les craintes des États-Unis contre les dangers d'une prolifération incontrôlée[18]. En 1975, la signature du pacte germano-brésilien ne fait rien pour calmer ces craintes surtout que le Brésil, encore que signataire du Traité de Tlatelolco sur l'interdiction des armes nucléaires en Amérique latine (1967), s'est toujours refusé à parapher le TNP. Un tel contexte incite les États-Unis et le Canada à faire des pressions bilatérales tant sur les pays fournisseurs que sur les pays acquéreurs. En face des pays fournisseurs, Washington entreprend les négociations dites de Londres, pour les contraindre à des «règles de conduite» internationales en matière de transfert technologique nucléaire. Vis-à-vis du Brésil, pays acquéreur, le président Jimmy Carter, s'appuyant sur le Rapport Linowitz, qui soupçonne ce pays de rechercher des applications autres que civiles pour cette filière, affirme en 1976 qu'il recourra «à tous les moyens diplomatiques possibles pour obtenir une révision de l'accord germano-brésilien»[19]. La RFA se porte au secours de Brasilia, en rappelant avec force les garanties exigées

---

18. Finch, Ronald, *Exporting Danger. A History of the Canadian Nuclear Export Programme*, Montréal, Black Rose Books, 1986. Dans le chapitre 3, «Canadian Contribution to the Nuclear Proliferation», l'auteur met notamment l'accent sur la participation involontaire du Canada au développement de la bombe atomique indienne.

19. Durandin, Catherine, «L'administration Carter et l'exportation d'installations nucléaires sensibles», *Problèmes d'Amérique latine*, Paris, n° XLIV, p. 25.

lors de la signature de l'accord, approuvées à l'unanimité par le Conseil des gouverneurs de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) qui incluait le représentant américain. Mais Carter poursuit sa campagne avec opiniâtreté. Une crise politique se dessine alors entre les deux pays. Brasilia dénonce l'accord militaire américano-brésilien de 1952 et réaffirme avec force son programme nucléaire. Le pacte germano-brésilien peut aller de l'avant.

Les États-Unis obtiennent plus de succès auprès de la Corée. Le Sénat américain bloque d'abord les fonds d'aide bilatérale jusqu'à ce que la Corée se soumette au traité de non-prolifération, ce qu'elle fait en mars 1975. Les crédits sont de nouveau bloqués par les États-Unis à cause de l'entente franco-coréenne sur l'implantation d'une usine de recyclage. À l'occasion de la vente de son réacteur Candu (KNU 3), le Canada, autre pays fournisseur, n'accepte de financer ce projet qu'après que le client eut renoncé à son entente avec la France[20]. La Corée renonce à l'entente en janvier 1976. Elle commande ensuite quatre nouvelles centrales américaines, ce qui ne l'empêchera pas peu après de s'adresser à la France pour les 8e et 9e centrales de son programme. Pour ces unités, il est entendu que le carburant sera nécessairement recyclé en France. C'est dans un contexte de forte compétition entre les vendeurs et l'intérêt certain du marché coréen (alors que se confirme un net déclin de la demande pour les centrales nucléaires) que la France garantit à la Corée un approvisionnement illimité en carburant.

La nature des contrats signés avec les pays fournisseurs de technologie témoigne des contraintes que dut accepter la Corée: d'abord trois contrats «clé en main», dont un avec le Canada, pour s'assurer du succès des projets sur le terrain; puis des contrats «décomposés» permettant de hausser la participation des ingénieurs et des industries locales et d'accélérer l'apprentissage technologique, mais dans des conditions qui interdisaient toute application militaire du programme nucléaire. C'est seulement plus tard,

---

20 Ha, Y.-S., «Republic of Korea», dans J. Everett Katz et O.S. Marwah, *Nuclear Power in Developing Countries*, Lexington, Lexington Books, 1982, pp. 227-229.

à la fin des années 80, que seraient envisagés des projets dont la Corée serait le «maître d'oeuvre».

Aux prises avec la doctrine Carter, la Corée et le Brésil se tournent vers des fournisseurs européens plus libéraux en matière de transfert de technologie et en approvisionnement de carburant enrichi. Celui-ci est produit *in situ* au Brésil et en France, pays fournisseur en ce qui concerne la Corée. Cette tentative de diversifier les fournisseurs rejoint l'intérêt de pays européens qui, dans un contexte de vive compétition internationale entre exportateurs de technologie nucléaire, souhaitent conquérir des marchés lucratifs dans les NPI. Nos deux exemples confirment que la doctrine Carter fut davantage une entrave à l'exportation de la technologie américaine qu'un frein à la prolifération nucléaire comme telle. Ils nous montrent également la capacité qu'ont les NPI d'interpréter, à partir de leur situation particulière et de leurs objectifs stratégiques propres, les conditions internationales qui favorisent le transfert technologique.

Troisième facteur endogène: l'effort de formation et l'endogénisation du savoir technologique

L'adoption d'une technologie aussi complexe que celle de la production d'énergie atomique exige un niveau technique et économique très élevé, que certains NPI, à tort ou à raison, croient détenir. La capacité de R-D est certes importante et doit être prise en compte. Mais l'existence d'une structure économique suffisamment dense et d'une complexité industrielle adaptée est tout aussi essentielle. Il importe donc de bien distinguer les deux dimensions de la structure scientifique et économique d'accueil: d'une part, le dispositif d'acquisition scientifique; de l'autre, le réseau des collaborations entre firmes étrangères et locales ou entre firmes locales.

La maîtrise de la technologie électronucléaire présuppose une amélioration de tout l'appareil industriel, appelé à fournir aux

installations un pourcentage, croissant selon l'échéancier de construction des centrales[21], des composantes entrant dans leur fabrication. Pour les usines Angra II et III, 30 % des composantes seraient fournies par l'industrie nationale; pour l'usine IV, 47 %; pour l'usine V, 60 %; pour les usines VI et VII, 67 %, et enfin pour les deux dernières usines, 70 %. Cependant, alors que la Kraftwerkes Union (KWU) pouvait compter sur un dispositif industriel de plus de 500 firmes allemandes pour ses équipements, le Brésil ne parvenait à aligner qu'un maigre bataillon de 39 firmes d'équipement lourd. Pire encore, ces firmes, contrairement à leurs associées européennes, étaient rarement dotées d'une division de R-D. Elles demeuraient dépendantes de la R-D *intra muros*, amorcée dans les laboratoires fédéraux comme le CNPq, le Centre de technologie aérospatiale (CTA) de São José dos Campos et la Fondation de l'Institut national d'études et recherches (FINEP)[22]. Or, une grande distance scientifique séparait ces recherches brésiliennes du projet de conception allemande. De plus, le réseau reliant ces centres n'était pas évident. Ainsi le CTA relevait des militaires et menait ses recherches sur une base autonome, voire secrète, ce qui donne du poids aux soupçons qu'on peut nourrir sur les applications militaires du programme civil brésilien.

Devant ces lacunes, le gouvernement Geisel n'eut d'autre choix que de mettre sur pied la Société d'État NUCLEBRAS *(Empresas nucleares brasileiras)*, firme d'économie mixte, chargée de s'associer à la KWU allemande pour constituer diverses filiales, telles que, pour les équipements lourds, la *Nuclebras Engenharia* (NUCLEN) dans la proportion de 75 % / 25 %, la *Fabrica de componentes pesados* (NUCLEP), ainsi que diverses entités chargées de la construction du gros oeuvre (NUCLON), de la prospection du minerai (NUCLAM), de l'enrichissement et du recyclage du combustible (NUCLEI et NUSTEP). Chacune de ces entités

---

21. Pinguelli Rosa, Luis, Cecchi, José Césario et Nether, Regina L., *Transferência de tecnologia nuclear: mitos e realidade*, Rio de Janeiro, Area Interdisciplinaria de Energia (AIE), COPPE, décembre 1984, p. 69.

22. *Ibid.*, p. 63 *et sq.*

sera couplée, dans des proportions variables, à une firme allemande, pour recevoir la technologie, encadrer la formation des techniciens brésiliens et réaliser l'échéancier du programme. On peut donc parler, dans le cas du Brésil, d'une structure d'accueil fortement bureaucratisée, dont les liens avec les laboratoires gouvernementaux sont plus accentués qu'avec l'industrie nationale. Ce réseau intégré reste encore à l'état de projet.

En effet, les relations entre laboratoires gouvernementaux et industries nationales étaient distantes. N'ayant pas encore été appelées à construire une centrale nucléaire — Angra I levait à peine de terre —, les firmes brésiliennes étaient davantage tournées vers la commercialisation de produits réalisés sous licence qu'elles n'étaient directement intéressées à la recherche fondamentale ou exploratoire. Le transfert technologique de la filière allemande n'était donc pas relié structurellement à la R-D menée au Brésil. Les militaires étant omniprésents au sein des laboratoires, comme dans le groupe NUCLEBRAS, le bureaucratisme encadrait l'effort de formation, comme en témoigne la lente et difficile genèse de NUCLON. Ces difficultés persuadèrent la KWU de la nécessité de contrôler de plus près toutes les étapes du transfert technologique, ce qui explique pourquoi la plupart des postes-clés dans NUCLEBRAS et NUCLEP furent confiés à des Allemands. Ce «contrôle» se resserra de plus en plus, alors que les États-Unis exigèrent et obtinrent des contrôles accrus de la part du «donateur», afin d'éviter le passage de la filière civile à l'application militaire. Raison plus fondamentale encore, la KWU étant responsable de la première étape du programme, elle voyait fondre sa marge de profit dans la mesure où l'implantation subissait des retards.

Parce que le transfert technologique se situait à l'écart de la tradition brésilienne de R-D nucléaire, déjà modeste, le nombre des techniciens qualifiés ne s'accroissait pas, si bien que l'ensemble du processus «learning on the job» s'en trouva ralenti. Consciente du problème, NUCLEBRAS chargea sa filiale NUCLEN de compenser cette faille. Ce qu'elle fit en embauchant ses directeurs techniques en Allemagne et en les chargeant d'organiser au Brésil des programmes de formation. Cette modalité fut longue à réaliser, coûteuse à financer et ouverte aux critiques de la communauté

scientifique brésilienne, par ailleurs peu sollicitée. Ce que les scientifiques brésiliens dénonçaient, c'était que les directeurs allemands de NUCLEN choisissaient seuls le contenu, les méthodes, les exigences de qualification et la durée de ces programmes, alors qu'à l'origine le degré de participation des industries locales devait être plus important.

Il faut aussi comprendre le point de vue adverse. La garantie des quatre premières centrales revenant à la KWU, cette firme devait s'assurer qu'un minimum d'adaptations et de modifications de ses réacteurs aurait lieu, de façon à écourter les travaux, à réduire les frais de formation, à éviter le stockage des composantes sensibles à l'action du temps; tout cela afin de préserver l'intégrité de sa technologie et de réaliser des profits. NUCLEBRAS nourrissait d'autres ambitions. De plus en plus consciente de l'écart important entre le *know how* national et celui des Allemands, la firme brésilienne préférait étaler l'effort de formation de façon à s'assurer dans l'avenir plus de flexibilité et d'indépendance.

La crise de l'endettement devenant particulièrement vive au Brésil à la fin des années 70, NUCLEBRAS se résolut à réduire les contrôles de qualité, à diminuer le volume et la complexité des matériaux, à simplifier les processus technologiques et, en règle générale, à étaler l'échéancier de façon à maximiser des ressources humaines et financières réduites[23]. À titre d'exemple, les réacteurs allemands requéraient l'utilisation de 16 aciers spéciaux; NUCLEBRAS ne pouvait disposer que de quatre alliages d'acier dans le pays. L'adaptation se fit dans le sens d'une détérioration de la qualité. Les mêmes calculs prévalurent dans la décision d'amincir la coque protectrice des réacteurs, en l'absence de toute réglementation locale sur la sécurité des centrales en cas d'explosion du coeur nucléaire. On peut conclure que NUCLEBRAS, en simplifiant la technologie offerte par l'Allemagne, souhaitait abattre à court terme les coûts reliés à une audacieuse tentative de «diversification» de la filière électronucléaire. Il est clair que les critères de

---

23. Borges, José L., *Le rôle de l'énergie nucléaire dans la planification énergétique du Brésil*, Thèse de doctorat de 3e cycle, Paris, EHESS, juin 1982, annexe XII.

qualité auxquels répondaient les composantes allemandes étaient inapplicables au Brésil, faute d'infrastructures d'appui à la R-D, voire d'encadrement administratif adéquat[24].

La voie suivie par la Corée nous apparaît tout autre. En 1968, KEPCO lance des appels d'offre pour l'achat de sa première centrale nucléaire dont la construction commence en 1971. Les trois premières unités KNU 1 (Korea Nuclear Unit 1), KNU 2 et KNU 3 sont des contrats «clés en main». Les unités KNU 1 et 2 sont commandées à Westinghouse en 1970. Il semblerait que le choix de Westinghouse, à l'époque, se justifie par son origine américaine (les États-Unis sont le principal pays donateur d'aide économique) et par son bas prix. La firme américaine Gilbert Comonwealth fournit l'ingénierie. Par la suite, en 1976, la Corée commande pour KNU 3 un Candu 600 à Énergie atomique du Canada Limitée (EACL). Cette diversification s'expliquerait par un souci d'économie, le Candu utilisant de l'uranium naturel, ce qui ne nécessite pas de procédé d'enrichissement. De plus, le pays donateur consent des conditions financières particulièrement alléchantes. Les ingénieurs de KEPCO reçoivent alors leur formation chez Westinghouse et chez EACL, de sorte que la Corée, au moment où s'amorce un virage dans la stratégie d'acquisition, détient déjà un savoir-faire dans la construction des centrales, de même qu'une structure de formation technique centralisée, comme nous avons vu plus haut.

Au plan de la gestion, on observe que les Coréens s'impliquèrent plus directement dans l'administration de leur programme nucléaire que les Brésiliens qui confièrent les postes-clés à des Allemands, ce qui contraria l'opinion et les scientifiques locaux. Au plan de l'intervention, on observe que, dès la réalisation de KNU 3, qui était pourtant un contrat «clé en main», le personnel coréen de KEPCO collabora quotidiennement avec l'EACL à l'échéancier des travaux et à la solution des problèmes rencontrés sur le terrain. Au fur et à mesure que le programme avançait, les Coréens comprirent que, si la fabrication locale des composantes

---

24. Pinguelli Rosa, L., et al., *op. cit*, p. 143.

devait se développer, elle reposerait nécessairement sur une hausse de la qualité. Tel fut le mandat du département de Contrôle de la qualité de KEPCO. À l'opposé, le Brésil accepta le principe d'une détérioration de la qualité, afin de réduire les coûts. Les difficultés rencontrées sur le terrain, lors des projets Angra I et II, en témoignent. À cet égard, les Brésiliens ne suivirent pas le «modèle japonais» de «contrôle de la qualité» adopté par les Coréens.

La collaboration était pourtant essentielle si l'on voulait faire passer la connaissance des scientifiques et des ingénieurs du secteur public aux sous-traitants privés. Or, la Corée était soucieuse au premier chef de promouvoir le développement de l'industrie locale. Elle renonça aux projets «clés en main» pour hausser la participation des firmes locales dans la réalisation des nouveaux projets, qu'il s'agisse d'acquisition des équipements ou de substitution des services d'ingénierie importés. Comme au Brésil, on établit — mais plus tard — un pourcentage de contenu local; politique connue sous le nom de «indigenization policy», à laquelle correspond notre concept d'endogénisation. Il n'est donc pas étonnant que l'implantation de cette politique ait été confiée au département de Contrôle de la qualité de KEPCO; les Coréens étant conscients qu'une sélection rigoureuse des sous-traitants nationaux et la supervision de leurs activités par les ingénieurs les plus chevronnés du secteur public étaient, toutes deux, les étapes critiques de l'endogénisation de cette technologie[25]. De manière progressive, on commanda pour KNU 5, 6, 7 et 8 des réacteurs Westinghouse, sur le mode des contrats «décomposés», où les activités des partenaires locaux et étrangers s'emboîtaient étroitement. KOPEC demeurait sous-traitant de l'américaine Bechtel qui assurait l'ingénierie. On cherchait de cette façon à minimiser les risques.

De 1977 à 1983, 24 employés de KOPEC reçurent une formation pratique chez Bechtel pour KNU 5 et 6, et 45 dans le cas de KNU 7 et 8[26]. Ainsi, de 1979 à 1981, la part de l'industrie

---

25. CNUCED, *op. cit.*, p. 21.
26. *Ibid.*, p. 43.

locale progressa de 5 % à 36 %. KHIC obtint, à titre de sous-contractant de Westinghouse, des contrats pour KNU 7 et 8. Les ingénieurs de KHIC reçurent une formation technique plus poussée chez Westinghouse de sorte que, pour ces deux unités, 15 % des réacteurs, 25 % des générateurs et la majorité des pièces sous pression purent être de fabrication locale[27].

Au Brésil, l'usine Angra II, de conception allemande, fut mise en chantier en 1977. Ce n'est pas avant juin 1981 que NUCLON, après d'énormes difficultés d'organisation, reçut la maîtrise d'oeuvre du chantier, déjà préparé par FURNAS. Les fondations d'Angra II, entreprises par NUCLEN et KWU, mais jugées peu sécuritaires par la CNEN, furent démolies, ce qui occasionna des frais de 325 millions de dollars. Le travail initial avait manifestement été réalisé sans supervision. En janvier 1985, Angra I, de conception américaine, fut finalement inaugurée avec cinq ans de retard et de multiples réparations. Ces délais obligèrent les autorités du régime civil de José Sarney, qui succédait en décembre 1984 au dernier président militaire João Figueiredo, à réévaluer en profondeur l'ensemble du programme[28]. Au milieu de 1985, la réalisation de l'usine Angra III, dont on avait entrepris les excavations en 1984, fut retardée *sine die* faute de ressources financières. Quant à Angra II, la moitié seulement du gros oeuvre était alors achevée, tandis que 90 % des équipements importés de RFA avaient été acquis et entreposés au Brésil. L'inévitable décision fut prise par le président Sarney en août 1986. Il fut convenu qu'Angra II et III seraient terminées à un rythme plus prudent, la première en 1992 et la seconde, si possible, en 1995[29]. Aucune autre

---

27. Park, J.-K., «Time lost in manufacture», *Nuclear Engineering International*, vol. 31, n° 380, mars 1986, p. 40.

28. Angra I, conçue pour être construite à un coût de 300 millions $ US, finit par coûter 1,8 milliard $ US et ne connut pas moins de 23 interruptions entre 1982 et 1987 à cause de défectuosités dans les équipements.

29. Dès la fin de 1986, les travaux sur le site d'Angra II sont sporadiquement interrompus; les firmes sous-traitantes congédient massivement les ouvriers. Pour le seul mois de septembre 1986, la firme Norberto Odebrecht licencie plus de mille ouvriers. Le mouve-

usine ne serait construite. Toutefois la participation de l'industrie nationale dans le «montage» des composantes serait accrue.

La décroissance du programme «civil» eut le mérite de mettre en évidence le «programme parallèle» auquel se livraient les militaires brésiliens depuis 1981. Une vigoureuse campagne de presse menée au début de la Nouvelle République permit de saisir à São Paulo deux comptes bancaires par lesquels le financement en provenance de la CNEN transitait vers les Forces armées. On finit par savoir que celles-ci se livraient à des expériences sur le cycle du combustible, que ces recherches pouvaient mener au développement de la bombe atomique, mais que, pour le moment, les travaux étaient encore peu avancés, faute de financement.

Pour avoir obtenu plus de succès, la tentative de diversification technologique de la Corée s'avéra néanmoins coûteuse. On se rappelle que KNU 9 et 10 s'inscrivent dans le cadre du contrat avec la société française Framatome. L'ingénierie est alors sous la responsabilité de Framatome et d'Alsthom, en association avec KOPEC. Quant à KHIC, elle signa avec les firmes françaises une entente portant sur la formation technique. Bien que KHIC ait tiré beaucoup de son expérience avec les firmes françaises, les coûts furent également très élevés et les délais s'allongèrent. En effet, l'expérience et la tradition de savoir-faire de KHIC étant calquées sur les procédures de Westinghouse, les normes de qualité françaises plus sévères, principalement au niveau des soudures, exigaient la préparation de nouvelles procédures de soudage, la requalification des soudeurs et l'application d'un programme plus sévère de contrôle de la qualité[30]. Les leçons de cette tentative de diversification technologique ne vont pas tarder à faire évoluer la Corée du Sud vers une rationalisation de ses choix technologiques. Ce fut la politique de «standardisation» de la technologie nucléaire.

---

ment de liquidation de NUCLEBRAS se confirme; un grand nombre de professionnels de la firme publique passent au secteur privé. Dans «Não ha recursos para programa nuclear, diz Aureliano», FOLHA DE SÃO PAULO, 21 octobre 1986.

30. Park, J.-K., *op. cit.*, p. 40.

En 1987, la Corée choisit d'acheter, selon le nouveau principe, deux centrales nucléaires. Puisque les transferts de technologie dans le secteur nucléaire sont longs et demandent une expérience prolongée à tous les niveaux, il sera plus facile et plus rapide pour le personnel d'approfondir ses connaissances en travaillant uniquement avec le même type de technologie. C'est pourquoi le gouvernement coréen décida, pour la phase finale de transfert de la technologie nucléaire, d'établir un plan de standardisation à partir des unités KNU 11 et 12, dont la construction débute en 1989. Le choix d'un tel système doit alors être compatible avec la capacité industrielle, les expériences de construction et les pratiques d'ingénierie locales. Le gouvernement coréen souhaite faire appel, pour ces deux centrales, à des firmes étrangères qui agiront à titre de sous-traitants des compagnies coréennes KOPEC et KHIC, responsables des contrats d'ingénierie et de construction. Le pourcentage de travail local prévu pour les unités KNU 11 et 12 est de 70 %. Les firmes Combustion Engineering et General Electric seront les sous-traitants de KHIC, alors que Sargent and Lundy agira comme sous-traitant de KOPEC. Pour les unités KNU 13 et 14, dont le début de la construction est prévu pour la fin des années 1990, on s'attend à ce que la proportion de fabrication locale soit supérieure à 95 %.

Comme on peut le voir, le système de sous-traitance ne se fait pas nécessairement à sens unique. À une certaine étape, le pays acquéreur devient le maître d'oeuvre et, sans qu'il s'agisse encore d'innovation à proprement parler, la technologie en cause finit par être appliquée avec succès.

Grâce aux conditions internationales créées par la Guerre froide des années 1950, la Corée et le Brésil ont accédé assez facilement à la technologie nucléaire. Par la suite, la politique Carter favorisa la diversification des fournisseurs. Elle poussa, par exemple, la Corée à acquérir deux centrales en France. Cette contrainte, issue de la situation internationale, entraîna la Corée dans une tentative de diversification technologique qui se traduisit par une élévation des coûts et un allongement du processus d'acquisition.

De son côté, le Brésil fit des choix encore plus ambitieux, qui ont sans nul doute compliqué son apprentissage technologique.

À peine avait-il acquis une centrale américaine de type LWR qu'il se tourna, alors qu'Angra I n'était pas encore opérationnelle, vers un fournisseur allemand qui, malgré une technologie plus complexe, offrait le transfert de l'ensemble du cycle du combustible. Dans un premier temps, des facteurs stratégiques internationaux ont donc influencé, voire permis, de réorienter les programmes nucléaires des deux pays. Ces facteurs rendirent concevable la diversification des fournisseurs.

Ces fournisseurs rencontrent par ailleurs des conditions internes plus ou moins favorables à leurs activités. Ces conditions influent sur le rythme et le coût des implantations. Trois conclusions s'imposent à cet égard. D'abord, la cohérence des objectifs de la politique scientifique et technologique doit s'inscrire dans la logique de la stratégie industrielle globale, et ceci à plusieurs titres. Les objectifs généraux doivent être constants, et les modalités d'intervention gouvernementales doivent s'exprimer dans le temps et avec une stabilité qui, l'expérience coréenne en fait foi, resserrent les zones de collaboration entre État et industrie. Dans le cas coréen, c'est d'ailleurs à partir des grandes firmes locales que se crée un premier noyau d'expertise. L'État veille d'ailleurs à l'accroître, par le biais de ses contrats avec l'étranger. Le personnel ainsi formé est transférable d'un secteur à l'autre à travers la sous-traitance. Ensuite, la défense des investissements coûteux de transferts technologiques d'une telle ampleur ne peut se justifier que dans le cadre d'une stratégie industrielle ambitieuse et cohérente, elle aussi définie à long terme. La Corée avait un besoin vital de ses centrales nucléaires, pas le Brésil. Les enjeux macro-économiques justifient certains coûts élevés, alors que ceux-ci peuvent rapidement mettre un terme à un simple projet de prestige. Enfin les objectifs doivent être bien modulés, tant il est vrai que l'on ne peut précipiter, encore moins improviser, l'apprentissage technologique. Les réalisations antérieures sont garantes des tentatives de diversification ultérieures, de même que les contrats «clé en main», puis les contrats dits «décomposés» jouent un rôle incontournable dans l'élargissement des possibilités d'endogénisation du savoir. L'expérience coréenne dans la construction de centrales nucléaires peut sembler encore aujourd'hui limitée, et le recours

aux services de firmes étrangères pour certaines activités sera encore nécessaire dans l'avenir. Toutefois, par rapport au Brésil dont la participation à la construction est encore réduite, la part de l'industrie coréenne dans le programme atteint tout de même 70 %, et les centrales construites sont bien plus nombreuses.

Ces observations éclairent d'un jour nouveau l'importance des formes contractuelles des transferts technologiques liant fournisseur et client. Il est vrai qu'une compétition agressive entre fournisseurs qui offrent un financement avantageux peut rendre attrayante la tentative d'accéder à des technologies plus sophistiquées, dont les retombées potentielles sur une économie en développement sont indéniables, mais à long terme seulement. Le transfert du cycle complet de traitement du combustible nucléaire peut sembler spectaculaire, mais il n'acquiert tout son sens que si les autres aspects de la technologie, tel que le montage des centrales, sont également et simultanément maîtrisés. D'où la nécessité de prévoir, dans le cadre même des contrats, des modalités plus précises de collaboration où s'emboîtent les contributions respectives des participants. Ainsi pourrait-on éviter, comme ce fut le cas au Brésil, que les partenaires aient la tentation de faire cavaliers seuls, au détriment de l'échéancier de réalisation ou au détriment de la qualité — *a fortiori* de la sécurité — des équipements. Telle est notre deuxième conclusion.

Enfin, on doit aussi conclure que les impératifs militaires, plus ou moins avoués, des régimes autoritaires et le développement de la science et de la technologie, sur la base de l'établissement de larges réseaux de participants: administrateurs, ingénieurs et scientifiques, ne font pas bon ménage. Les coûts financiers et, dans ce pays en voie de développement, les coûts sociaux de telles stratégies de «montée en puissance» ont fait mentir ceux qui, au Brésil, avaient choisi de développer sur une base expérimentale une filière complexe et coûteuse, comportant l'ensemble du cycle du combustible, plutôt que de se résoudre à signer le TNP et à se contenter d'une filière simple mais éprouvée. Pour toutes ces raisons, la diversification technologique demeure encore au-delà de la portée d'économies en voie d'industrialisation et aux ressources financières limitées

Bibliographie

ASSOULINE, Gérald, «Les enjeux de la politique énergétique brésilienne», *Amérique latine*, Paris, CETRAL, n° 12, octobre-décembre 1982, pp. 22 à 28.

BANQUE MONDIALE, *Korean Industrial Competence: Where It Came From*, Washington, 1981, World Bank staff working paper n° 469.

BORGES, José L., *Le rôle de l'énergie nucléaire dans la planification énergétique du Brésil*, Thèse de doctorat de 3e cycle, Paris, EHESS, juin 1982.

BREDAHL, Dennis W. et PHILLIPS, G. H. J., «Korean Candu commissioned in record time», *Nuclear Engineering International*, vol. 28, n° 346, septembre 1983, pp. 25-28.

BREWER, Shelby T., «C-E's advanced PWR for the 1990s», *Nuclear Engineering International*, vol. 32, n° 398, septembre 1987, pp. 59-60.

BURDEAU, Geneviève et CHAPPEZ, Jean, «Problèmes internationaux de l'énergie nucléaire: Les difficultés d'une stratégie», dans Philippe KAHN, *De l'énergie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie: vers un nouvel ordre énergétique international?*, Paris, Librairies Techniques, 1979, pp. 279-327.

COLLIER, David (ed.) et al., *The New Authoritarianism in Latin America*, Princeton, Princeton University Press, 1979.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (CPFL), *Anais do seminario "Alternativas para una politica energética"*, São Paulo, 1986.

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR LE COMMERCE ET LE DÉVELOPPEMENT (CNUCED), *L'approvisionnement en énergie des pays en développement. Problèmes de transfert et de développement de la technologie*, New York, 1980 (document TD/B/C.6/ 31/Rev.1).

Technology Issues in the Energy Sector of Developing Countries. Technological Impact of the Public Procure-

ment Policy. The Experience of Power Plan Sector in the Republic of Korea, New York, 1985, (document ID/B/C, 6/105).

DAMIAN, Michel, «L'origine du choix nucléaire», dans Philippe KAHN, *De l'énergie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie: vers un nouvel ordre énergétique international?*, Paris, Librairies Techniques, 1979, pp. 19-36.

DE ARAUJO, João Lizardo et GHIRARDI, André, «Substituição de derivados de petroleo no Brasil: questões urgentes», *Pesquisa e planejamento economico*, Rio de Janeiro, Instituto de planejamento economico e social, vol. 16, n° 3, décembre 1986, pp. 745-771.

DURANDIN, Catherine, «L'administration Carter et l'exportation d'installations nucléaires sensibles», *Problèmes d'Amérique latine*, Paris, vol. XLIV, pp. 17-25.

FERREIRA, Evaristo S., *Internacionalização da industria nuclear e capital em relação a-tomicas*, Thèse M.S., Rio de Janeiro, UFRJ, février 1986.

FINCH, Ronald, *Exporting Danger. A History of the Canadian Nuclear Export Programme*, Montréal, Black Rose Books, 1986.

FREEMAN, Christopher, *The Economics of Industrial Innovation*, London, F. Pinter, 2e éd., 1982.

GIROTTI, Carlos A., *Estado nuclear no Brasil*, São Paulo, Editora Brasiliense, 1984.

GOLDEMBERG, José, *Energia nuclear no Brasil: as origens das decisões*, São Paulo, Editora Hucitec, 1978.

GOLDSMITH, Bertrand, Communication présentée le 10 mai 1977 à la Conférence internationale sur l'énergie nucléaire et son cycle de combustible (Salzbourg, 2-13 mai 1977). *Note d'information*, Paris, Commissariat à l'énergie atomique, n° 6, juin 1977.

HA, Young-Sun, «Republic of Korea», dans James Everett KATZ et O.S. MARWAH, *Nuclear Power in Developing Countries*, Lexington, Lexington Books, 1982, pp. 221-244.

JEFFS, Eric, «A Major Programme Under Way», *Nuclear Engineering International*, vol. 28, n° 338, mars 1983, pp. 49-52.

LEBRE LA ROVERE, E., PINGUELLI ROSA, L. et PIRES RODRIGUES, A., *Economia e tecnologia da energia*, Brasilia, Editora Marco Zero/FINEP, 1985.

LEIBOVICH, H., COLL, J. et BACKHAUS, K., «Good experience of technology transfer», *Nuclear Engineering International*, vol. 27, n° 332, septembre 1982, pp. 39-40.

MASTERS, Richard, «Korea: Moving Nearer to Self-reliance», *Nuclear Engineering International*, vol. 32, n° 398, septembre 1987, pp. 43-45.

MIROW, Kurth R., *Loucura nuclear. Os enganos do acordo nuclear Brasil-Alemanha*, Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1979.

NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL, «Korea Delays Bids for KNU 11 and 12», *World News Review*, vol. 30, n° 366, mars 1985, p. 6.

«Korea Orders AECL Reactors», vol. 33, n° 404, mars 1988, pp. 6-7.

«Korea Reschedules KNU 11 and 12», vol. 23, n° 350, janvier 1984, p. 9.

OMINAMI, Carlos, «L'ajustement contre l'industrie: étude des tendances récentes de l'industrie latino-américaine», Paris, *Tiers monde*, PUF, t. XXVII, n° 107, juillet-septembre 1986.

PARK, J.K., «Korea Heads for Total Self-sufficiency», *Nuclear Engineering International*, vol. 31, n° 380, mars 1986, pp. 38-41.

PARROTT, Michael, «Korea: an expanding economy trying to gain energy independence», *Nuclear Engineering International*, vol. 25, n° 295, février 1980, pp. 13-14.

PINGUELLI ROSA, Luis, CECCHI, José Césario et NETHER, Regina L., *Transferência de tecnologia nuclear: mitos e realidade*, Rio de Janeiro, Area Interdisciplinaria de Energia (AIE), COPPE, décembre 1984

PINGUELLI ROSA, Luis et FERREIRA PIRES, Regina L. Nether, «O Acordo nuclear com a Alemanha no contexto do 'modelo' e da crise», dans *Energia e Crise*, L. PINGUELLI ROSA, org. Petropolis, Ed. Vozes, 1984.

ROBERTS, G, *South Korea to 1990*, London, The Economist Intelligence Unit, 1985.

SALAFF, Stephen, «Korea gets set to standardize», *Nuclear Engineering International*, vol. 31, n° 389, décembre 1986, pp. 24-25.

SPECTOR, Leonard S., *The New Nuclear Nations*, New York, Vintage Books, 1985.

WALKER, William et Mans LONNROTH, *Nuclear Power Struggles*, London, George Allen & Unwin, 1983.